

Studi Sitotaksonomi pada Genus *Zingiber*

A Cytotaxonomic Study in the Genus *Zingiber*

NITA ETIKAWATI, AHMAD DWI SETYAWAN
Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Diterima: 23 Desember 1999. Disetujui: 22 Januari 2000

ABSTRACT

The objective of the study was to know the taxonomic structure of the genus of *Zingiber* based on cytological characters such as ratio of number, shape and size of chromosome. *Zingiber* specimens were mainly from Bogor botanical garden. There were seven species studied, *Z. amaranthifolius* Nor., *Z. aromaticum* Val., *Z. cassumunar* Roxb., *Z. gramineum* Bl., *Z. officinale* Roxb., *Z. ottensii* Val. and *Z. zerumbet* (L.) J.E. Smith. *Z. officinale* (local name: *Jahe*) consisting of 4 varieties, big ginger (*jahe gajah*), red ginger (*jahe merah*), small ginger (*jahe emprit*) and blue-dark brown ginger (*jahe wulung*). Species identification was based on the literature such as of Backer and Bakhuizen van den Brink (1968), Holttum (1950), and Burkill (1935). Semi permanent squash method using acetoorcein dye was used to prepare the sample (Darnaedi, 1991; Okada, 1981; Robert and Short, 1979). The results of the study indicate that the number of chromosomes of all species studied were the same, $2n=32$. The length size of the first chromosome pair was about $2\mu\text{m}$. The shape of the chromosomes was mostly metacentric. Length and shape of each pair of chromosomes were hard to be determined accurately using this method, so that the chromosomal karyotype map unable to be constructed in this study. *Giemsa C-banding* method might be used to solve the problems.

© 2000 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: cytology, taxonomy, *Zingiber*, chromosome.

PENDAHULUAN

Genus *Zingiber* telah dimanfaatkan sejak lama sebagai bumbu dapur, rempah-rempah, tanaman obat dan tanaman hias. Salah satu spesies yang terkenal adalah *Zingiber officinale* Roxb. (*jahe*) (Purseglove, 1972). Taksonomi genus ini, mencatat sejarah panjang perdebatan para author (Holttum, 1950). Hal ini terjadi karena umumnya pengamatan hanya dilakukan terhadap morfologi bunga dan sebagian kecil anatomi rimpang, sehingga data yang terkumpul relatif terbatas. Jumlah, bentuk dan ukuran kromosom merupakan salah satu sifat yang prospektif sebagai sumber data baru.

Sitotaksonomi adalah penggunaan data sitologi untuk memecahkan permasalahan taksonomi. Data-data ini juga berguna untuk mendukung usaha pemuliaan tanaman

(Chikmawati dkk., 1998), karena semua penampakan fenotip diatur secara genetis oleh gen-gen di dalam kromosom (Suryo, 1995). Data sitologi yang meliputi bentuk, ukuran, jumlah dan karyotipe merupakan syarat utama pemuliaan, sehingga studi ini masih terbuka luas karena sebagian besar sifat-sifat tersebut belum diketahui (Chinnappa dan Basappa, 1986; Cai dan Chinnappa, 1987).

Genus *Zingiber* termasuk dalam divisi Spermatophyta, subdivisi Angiospermae, kelas Monocotyledoneae, ordo Zingiberales (Scitamineae), familia Zingiberaceae, sub familia Zingiberoideae, tribus Zingibereae (Backer dan Bakhuizen van den Brink, 1968; Burt dan Smith, 1972; Lawrence, 1951). Familia Zingiberaceae memiliki sekitar 47 genus dan 1400 spesies, dimana genus *Zingiber* beranggotakan sekitar 80 spesies.

Penyebaran *Zingiber* kebanyakan terbatas di belahan timur bumi, khususnya di Indo-Malaya, yang merupakan tempat asal sebagian besar anggotanya (Lawrence, 1951; Purseglove, 1972).

Genus *Zingiber* yang tumbuh di Indonesia antara lain *Z. acuminatum* Val. (lempuyang wangi), *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 pait), *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) (Anonim, 1986; Backer dan Bakhuizen v.d. Brink, 1968).

Kandungan kimia utama *Zingiber* adalah minyak atsiri, suatu metabolit/senyawa sekunder (Marsusi dkk., 1999). Ciri-ciri metabolit sekunder adalah: bersifat khas untuk setiap spesies, proses biosintesisnya dipengaruhi faktor-faktor lingkungan, struktur kimia mirip antara satu dengan yang lain, dan secara fisiologis seolah-olah tidak penting (Tarigan, 1987). Senyawa ini tersimpan dalam sel-sel parenkim yang termodifikasi, di semua jaringan terutama rimpang (Setyawan, 1996). Minyak ini memiliki aroma khas, indeks bias tinggi, optis aktif, sudut putar tertentu, tidak larut dalam air, bening, rasa pedas, pahit dan hangat karena adanya resin. Kadar resin di dalamnya sekitar 30% (Burkill, 1935; Claus dkk., 1970). Komponen utama minyak atsiri adalah terpenoid dan senyawa aromatis turunan asam sikimat (Claus dkk., 1970).

Bentuk, ukuran dan jumlah kromosom dalam satu spesies pada dasarnya selalu tetap. Berdasarkan sifat ini dapat dibuat peta karyotipe atau karyogram serta idiogram (Anggarwulan dkk., 1999). Berdasarkan kontriaksi primernya, dikenal kromosom berbentuk metasentris, submetasentris, akrosentris dan telosentris (Darnaedi, 1991; Suryo, 1995).

Studi pembelahan sel mitosis dapat menggunakan ujung akar, ujung batang, primordia daun, petala muda, ovulum muda dan kalus. Namun biasanya digunakan ujung akar karena mudah tumbuh dan seragam, sedang untuk studi meiosis sering digunakan anthera dan jaringan sporogen (Darnaedi, 1991; Radford dkk., 1974). Pembelahan meiosis biasanya digunakan untuk menghitung jumlah kromosom, sedang pembelahan mitosis

digunakan untuk membuat peta karyotipe (Riesenberg dkk., 1987). Sifat kromosom sel mitosis lebih stabil (Min dkk., 1984).

Pembelahan sel dapat dihambat senyawa mutagen seperti alkaloid. Senyawa mutagen dapat berikatan dengan mikrotubuli, sehingga tahap metafase terhenti dan kromosom tidak tertarik ke bidang ekuator maupun kutub. Di samping itu, senyawa ini dapat menyebabkan kromosom mengkerut, memendek, terpengar dan tidak tumpang tindih. Senyawa mutagen yang sering digunakan adalah kolkisin, namun dapat diganti 8-hidroksi-quinolin (oksin), kloralhidrat, indolasetat, asenapten dan p-diklorobenzen (Eigsti dan Dustin, 1957; Okada, 1981).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah, bentuk dan ukuran kromosom anggota genus *Zingiber*. Hasil penelitian diharapkan dapat memperkaya klasifikasi *Zingiber* dengan menambahkan sifat sitologi, serta bermanfaat pula dalam pemuliaan tanaman.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan secara eksploratif di laboratorium, melalui beberapa tahap, yaitu: penanaman sediaan (Radford dkk., 1974), studi pendahuluan dan pembuatan preparat (Darnaedi, 1991; Okada, 1981; Roberts dan Short, 1979).

Bahan dan Alat

Spesies *Zingiber* yang diteliti adalah:

1. *Zingiber amaricans* Nor. (lempuyang emprit), asal Kebun Raya Bogor, Jawa Barat.
2. *Zingiber aromaticum* Val., (lempuyang wangi), asal Kebun Raya Bogor, Jawa Barat.
3. *Zingiber cassumunar* Roxb. (bengle), asal Kebun Raya Bogor, Jawa Barat.
4. *Zingiber gramineum* Bl., asal Kebun Raya Bogor, Jawa Barat.
5. *Zingiber officinale* Roxb. Cultv. *emprit* (kecil), asal Wonosobo, Jawa Tengah.
6. *Zingiber officinale* Roxb. Cultv. *gajah*, asal Batu, Wonogiri, Jawa Tengah.
7. *Zingiber officinale* Roxb. Cultv. *merah*, asal Karangpandan, Karanganyar, Jawa Tengah.
8. *Zingiber officinale* Roxb. Cultv. *wulung*, asal Singasari, Malang, Jawa Timur.
9. *Zingiber ottensii* Val. (panglai hideng), asal Kebun Raya Bogor, Jawa Barat.
10. *Zingiber zerumbet* (L.) J.E. Smith (lempuyang gajah), asal Kebun Raya Bogor, Jawa Barat.

Identifikasi spesies merujuk pada: Backer dan Bakhuizen van den Brink (1968), Holttum (1950) dan Burkill (1935). Dalam penelitian ini diperlukan kemikalia berupa etanol pekat, 8-hidroksiquinolin 0.002M, asam asetat glasial 45%, asam klorida 1N, asetoorsein 2%, gliserin, cat kuku, akuades dan minyak imersi.

Alat yang digunakan meliputi: kotak penanaman, botol flakon, gelas benda, gelas penutup, kotak preparat, kertas alumunium, kertas label, kertas tisu, kapas, pinset, silet/skalpel, kuas, jarum preparat, pipet dan penggaris, oven, lemari pendingin, mikrometer, mikroskop cahaya, kamera lusida, kamera mikrofotografi dan film.

Cara Kerja

Penanaman Sediaan

Rimpang disinari matahari selama sekitar lima hari untuk mematahkan waktu dormansi, lalu diletakkan ditempat yang teduh, lembab, agak gelap serta disiram air pagi dan sore selama kurang lebih lima hari hingga akarnya tumbuh. Untuk menaikkan kelembaban, rimpang dapat diletakkan di atas kapas basah, tetapi setiap hari harus disiram air untuk mencegah tumbuhnya bakteri, jamur dan menjamin aerasi oksigen. Akar akan tumbuh setelah 4-7 hari, tergantung jenis dan usia panen. Biasanya rimpang yang besar dan muda memiliki masa dormansi lebih lama.

Studi Pendahuluan

Tumbuhan memiliki waktu optimum pembelahan mitosis yang khas tergantung jenisnya (Johansen, 1940). Untuk itu dilakukan studi pendahuluan agar diperoleh jumlah sel mitosis tahap metafase (prometafase) yang memadai. Studi pendahuluan dilakukan terhadap beberapa spesies yang diambil secara acak selama 24 jam. Akar dipotong setiap 30 menit dan dibuat preparat dengan metode squash semi permanen. Hasilnya digunakan sebagai pedoman untuk mengetahui waktu optimum pembelahan mitosis.

Pembuatan Preparat

Preparat dibuat dengan metode squash semi permanen sebagai berikut:

- **Pra-perlakuan.** Ujung akar dipotong 3-5 mm, dimasukkan dalam botol flakon berisi 2-3 ml 8-hidroksiquinolin 0,002 M, lalu disimpan dalam lemari es bersuhu 5°C selama 2-48 jam.

- **Pencucian.** Senyawa 8-hidroksiquinolin 0,002 M dibuang dan dicuci dengan akuades tiga kali.
- **Fiksasi.** Akuades dibuang, diganti asam asetat glasial 45% dan disimpan dalam lemari es bersuhu 5°C selama 15 menit.
- **Pencucian.** Asam asetat glasial 45% dibuang dan dicuci dengan akuades tiga kali.
- **Hidrolisis.** Akuades dibuang, diganti HCl 1 N dan disimpan dalam oven bersuhu 60°C selama sekitar 2 menit, tergantung besar akar.
- **Pencucian.** HCl 1 N dibuang dan dicuci dengan akuades tiga kali.
- **Pewarnaan.** Akuades dibuang, diganti asetoorsein 2% selama 1-24 jam, tergantung ukuran bahan dan kesegaran pewarna. Proses ini dilakukan pada suhu kamar.
- **Squashing.** Diambil 1-2 buah ujung akar dengan kuas, diletakkan di atas gelas benda dan dipotong hingga tersisa 1-2 mm dari ujung. Lalu ditetesi gliserin, ditutup gelas penutup dan diketuk-ketuk dengan ujung pensil berkaret, hingga hancur merata.
- **Penyegelan.** Gelas benda ditutup dengan gelas penutup, disegel dengan cat kuku.

Pengamatan

Pengamatan dilakukan dengan mikroskop cahaya, terhadap sekurang-kurangnya 10 sel yang sedang mengalami pembelahan tahap prometafase. Untuk memperbaiki daya pisah digunakan minyak imersi dan filter hijau atau biru. Panjang kromosom diukur dengan mikrometer. Jumlah dan bentuk kromosom dihitung dan diamati. Preparat yang baik digambar dengan bantuan kamera lusida dan dipotret.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi pendahuluan

Penelitian ini diawali dengan studi pendahuluan untuk mengetahui waktu optimum pembelahan mitosis pada genus *Zingiber*. Hasilnya diketahui bahwa waktu pembelahan sel mitosis paling optimum terjadi pada pagi hari, dengan puncaknya antara jam

08.00-10.00, dimana rata-rata jumlah sel yang sedang membelah berkisar antara 10-20% dari populasi sel, bahkan kadang-kadang dapat mencapai 25% dari keseluruhan populasi sel.

Kromosom Genus Zingiber

Dalam penelitian ini seluruh tumbuhan yang diuji yaitu *Z. amaricans* Nor., *Z. aromaticum* Val., *Z. cassumunar* Roxb., *Z. gramineum* Bl., *Z. officinale* Roxb. Cultv. *empurit* (kecil), *Z. officinale* Roxb. Cultv. *gajah*, *Z. officinale* Roxb. Cultv. *merah*, *Z. officinale* Roxb. Cultv. *wulung*, *Z. ottensii* Val. dan *Z. zerumbet* (L.) J.E. Smith. memiliki jumlah kromosom sama, yakni $2n=32$. Perbedaan kromosom masing-masing spesies dan kultivar hanya ditunjukkan oleh bentuk dan panjangnya. Panjang pasangan kromosom pertama umumnya sekitar $2\ \mu\text{m}$ dan kebanyakan berbentuk metasentris (Gambar 1.).

Z. amaricans Nor. memiliki jumlah kromosom $2n=32$, panjang pasangan kromosom yang pertama sekitar $2\ \mu\text{m}$, kromosom berbentuk tipis memanjang hampir seluruhnya bertipe metasentris.

Z. aromaticum Val. memiliki jumlah kromosom $2n=32$, panjang pasangan kromosom yang pertama sekitar $2\ \mu\text{m}$, namun separuh jumlah kromosom panjangnya hanya sekitar $1\ \mu\text{m}$. Kromosom berbentuk tebal memanjang dan kebanyakan bertipe metasentris, sebagian kromosom berbentuk oval pendek.

Z. cassumunar Roxb. memiliki jumlah kromosom $2n=32$, hampir seluruh kromosom memiliki panjang $2\ \mu\text{m}$ atau lebih. Kromosom berbentuk tipis memanjang dan hampir semuanya bertipe metasentris.

Z. gramineum Bl., memiliki jumlah kromosom $2n=32$, panjang kromosom $2\ \mu\text{m}$ atau kurang, kromosom berbentuk agak tebal pendek, hampir seluruhnya bertipe metasentris.

Seluruh kultivar *Z. officinale* Roxb. memiliki jumlah kromosom $2n=32$, panjang pasangan kromosom yang pertama sekitar $2\ \mu\text{m}$, bentuk pipih memanjang hingga hampir bulat, umumnya bertipe metasentris. Bentuk kromosom keempat kultivar ini relatif sama, hanya saja pada kultivar jahe merah agak lebih pendek dan lebih bulat.

Z. ottensii Val. memiliki jumlah kromosom $2n=32$, panjang kromosom umumnya kurang dari $2\ \mu\text{m}$, kromosom berbentuk oval dan pendek, kebanyakan bertipe metasentris.

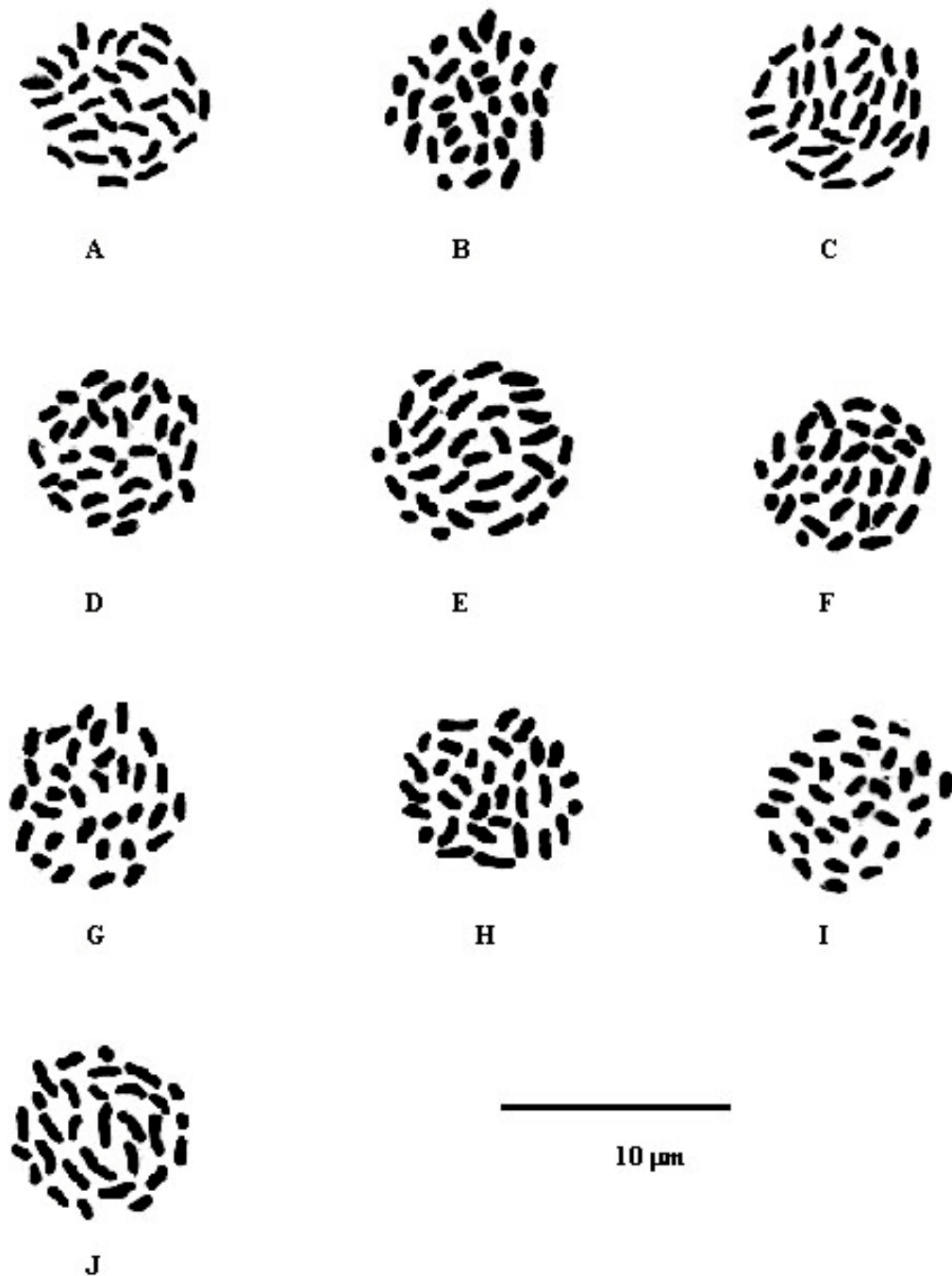
Z. zerumbet (L.) J.E. memiliki jumlah kromosom $2n=32$, panjang pasangan kromosom sangat bervariasi, dimana beberapa kromosom memiliki panjang hampir $3\ \mu\text{m}$, namun beberapa sisanya memiliki panjang hanya sekitar $1\ \mu\text{m}$, kromosom umumnya berbentuk tipis memanjang hampir seluruhnya bertipe metasentris.

Teknik preparasi

Secara teknis metode *squash* dengan pewarna asetoorsein memungkinkan untuk digunakan mengamati kromosom *Zingiber*, namun karena ukuran sel dan kromosom anggota genus ini sangat kecil, maka pengamatan sulit dilakukan apabila tanpa bantuan mikroskop dengan resolusi tinggi. Terlebih dengan teknik ini, kromosom tidak melekat erat pada dinding gelas benda dan tidak tertekan keras, sehingga bentuk tiga dimensi sel relatif masih tetap seperti aslinya dan akibatnya titik fokus mikroskop relatif panjang.

Panjang pasangan kromosom pertama *Zingiber* umumnya sekitar $2\ \mu\text{m}$, sedang lebar sel hanya sekitar $10\ \mu\text{m}$ dengan panjang sekitar $12-15\ \mu\text{m}$. Oleh karenanya sekalipun pada saat mitosis dinding inti sel (membran nukleus) telah hilang, posisi kromosom tidak dapat betul-betul terpecah, akan tetapi tetap saling tumpang tindih. Hal ini menyulitkan pengamatan untuk mendapatkan data bentuk dan ukuran kromosom secara lengkap, sehingga peta karyotipe tidak dapat disusun dan pada akhirnya dendrogram hubungan kekerabatan kekurangan data untuk membuat.

Genus *Zingiber* merupakan sebuah taksa yang menghasilkan minyak atsiri dan mempunyai rimpang. Pembentukan minyak atsiri merupakan hal yang tidak terhindarkan dalam proses metabolisme genus ini. Minyak atsiri telah dibentuk, bahkan oleh sel-sel ujung akar yang masih bersifat meristematis. Sel minyak atsiri membentuk bercak-bercak kuning dan membelokkan indeks bias, sehingga mengganggu pengamatan. Pada dasarnya minyak atsiri, sebagaimana umumnya lipida, dapat dilarutkan oleh pelarut organik, seperti benzen, petroleum eter, kloroform dan lain-lain, namun manual tentang hal ini sangat jarang. Apabila preparat dibuat dari ujung akar yang belum cukup panjang kadang-kadang jaringan amilum rimpang ikut tersayat, sehingga mengganggu penampakan preparat.



Gambar 1. Kromosom metafase. A. *Z. amaricans* Nor., B. *Z. aromaticum* Val., C. *Z. cassumunar* Roxb., D. *Z. gramineum* Bl., E. *Z. officinale* Roxb. Cultv. *empit* (kecil), F. *Z. officinale* Roxb. Cultv. *gajah*, G. *Z. officinale* Roxb. Cultv. *merah*, H. *Z. officinale* Roxb. Cultv. *wulung*, I. *Z. ottensii* Val. dan J. *Z. zerumbet* (L.) J.E. Smith.

Kesulitan-kesulitan yang dijumpai dengan penggunaan teknik ini boleh jadi dapat diatasi dengan menggunakan metode *giemsa C-banding*, dimana kromosom melekat erat pada

dinding gelas benda dan pewarnanya terserap sangat kuat oleh DNA yang menyusun kromosom, sehingga hasilnya diharapkan lebih jelas dan mudah diamati.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diketahui bahwa jumlah kromosom semua spesies dan kultivar *Zingiber* yang diteliti sama, yaitu $2n=32$. Ukuran panjang pasangan kromosom pertama sekitar 2 μm . Bentuk kromosom kebanyakan metasentris.

Dengan metode squash semi permanen pewarna asetoorsein panjang dan bentuk masing-masing pasangan kromosom sulit ditentukan secara pasti, sehingga susunan karyotipe kromosom tidak dapat dibuat. Penggunaan metode *Giemsa C-banding* kemungkinan dapat mengatasi kesulitan ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI selaku penyandang dana. Ucapan terimakasih disampaikan pula kepada para mahasiswa yang membantu penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarwulan, E., N. Etikawati dan A.D. Setyawan. 1999. Karyotipe kromosom pada tanaman bawang budidaya. *BioSMART* 1 (2): 13-19.
- Anonim. 1986. *Medical Herb Index in Indonesia (Indek Tumbuh-tumbuhan Obat di Indonesia)*. Jakarta: P.T. Eisai Indonesia.
- Backer, C.A. dan R.C. Bakhuizen van den Brink. 1968. *Flora of Java*. Vol. 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 and genera of Zingiberaceae. *Notes from The Botanic Garden Edinburgh* 31 (2): 171-176.
- Cai, Q. dan C.C. Chinnappa. 1987. Giemsa C-banded karyotypes of seven north American species of *Allium*. *American Journal of Botany* 74 (7): 1087-1092.
- Claus, E.P., V.E. Tyler dan L.R. Brady. 1970. *Pharmacognosy*. 6th edition. Philadelphia: Lea and Febinger.
- Chikmawati, T., R. Megia, U. Widyastuti dan I.N. Farikhati. 1998. Karyotipe *Musa acuminata* 'Mas Jambe' dan *M. balbisiana* 'Klutuk Wulung'. *Hayati*. Juni 1998: 54-57.
- Chinnappa, C.C. dan G.P. Basappa. 1986. Cytological studies on some Western Canadian *Allium* species. *American Journal of Botany* 73: 529-534.
- Darnaedi, D. 1991. *Kromosom dalam Taksonomi*, Bogor: Herbarium Bogoriense, Puslitbang Biologi - LIPI.
- Eigsti, O.J. dan P. Dustin. 1957. *Colchicine in Agriculture, Medicine, Biology and Chemistry*. Ames-Iowa: The Iowa State College Press.
- Holtum, R.E. 1950. The Zingiberaceae of the Malay Peninsula. *The Gardens Singapore* 8 (1): 1-249.
- Johansen, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Company.
- Lawrence, G.H.M. 1951. *Taxonomy of Vascular Plant*. New York: John Wiley and Sons.
- Marsusi, A.D. Setyawan dan S. Listyawati. 1999. *Studi Kemotaksonomi pada Genus Zingiber. Laporan Penelitian*. Surakarta: FMIPA UNS.
- Min, H.G., H.T. Ma dan G.H. Liang. 1984. Karyotype analysis of seven species in the genus *Sorghum*. *Journal of Heredity* 75: 196-202.
- Okada, H. 1981. *Report on Trainings and Investigations in LBN-LIPI*. Osaka: Dep. of Biology Osaka Univ.
- Purseglove, J. W. 1972. *Tropical Crops Monocotyledons*. London: Longman.
- Radford, A.E., W.C. Dickinson, J.R. Massey dan C.R. Bell. 1974. *Vascular Plant Systematics*. New York: Harper and Row Publishers.
- Riesenberg, L.H., P.M. Petersen, D.E. Soltis dan C.R. Annable. 1987. *American Journal of Botany* 74 (11): 1614-1624.
- Roberts, A.V. dan K.C. Short. 1979. An experimental study of mitosis. *Journal of Biological Education* 13 (3): 195-198.
- Setyawan, A.D. 1996. *Kekerabatan Berdasarkan Sifat-sifat Morfologi, Anatomi dan Kandungan Kimia Minyak Atsiri pada Anggota Familia Zingiberaceae*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Biologi UGM.
- Suryo. 1995. *Sitogenetika*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tarigan, P. 1987. *Pengaturan Biosistesis Sekunder dalam Fermentasi, Risalah Seminar Nasional Metabolit Sekunder 1987*. Yogyakarta: PAU Bioteknologi UGM.