

ANALISIS KROMOSOM UNTUK PENENTUAN JENIS KELAMIN TANAMAN PALA

Chromosome Analysis for Sex Determination of Nutmeg

La Muhuria¹, Nasrullah², S. Moeljopawiro³

*Program Studi Agronomi
Pascasarjana Universitas Gadjah Mada*

ABSTRACT

The aim of the present study is to examine chromosome variation of female, male, and monoecious nutmeg plants.

The study was started in August 1995 and lasted to September 1996. Microscopic preparation for observation were done in the Central Laboratory of Biological Sciences and photographs were taken in the IUC-Biotechnology Laboratory of Gadjah Mada University.

New lateral roots of known sex type female, male, and monoecious of nutmeg plants (*Myristica succedanea*) of PTP XVIII central of Java were induced by putting compost within their rhizosphere. Root tips were collected, fixed in a 1:3 mixture of propionic acid and 95% ethanol, macerated in enzymatic mixture of 0,5% cellulase and 0,5% macerozyme, and finally stained with 45% lacto-propionic-orcein.

The records that collected included number, absolute length, relative length, and shape of the chromosomes. Absolute and relative length of individual chromosome was compared using analysis of variance followed by a LSD test.

The results revealed that the three plant sex groups had similar chromosome number ($2n = 34$), but did differ either in length (absolute or relative) for some number of chromosomes. Three chromosome formula i.e. $2m + 2sm + 30t$, $3m + 1sm + 30t$, $2m + 1sm + 31t$ for female, male, and monoecious plant respectively was proposed. Chromosome no. 1 and 5 might be used to distinguish the female plant from the others as they were submetacentric and telocentric in female plants while the reversal was true in the other two groups. The monoecious plant would be identified from chromosome no. 2 and 3 as they were metacentric and submetacentric compared to the reversal for the other groups. The absolute and relative length of chromosome no. 30 and 31 of the three sex groups were different to each other. For practical purposes, as identifying female plant is of considerable importance and larger chromosome size is of practical convenience, chromosome no.1 may be used as the sole key for sex determination.

Keywords: *nutmeg -- sex determination -- karyotipe*

PENGANTAR

Berdasarkan jenis kelaminnya, tanaman pala (*Myristica succedanea*) dibedakan menjadi dua golongan yaitu berumah dua dan berumah satu.

1. Fakultas Pertanian Universitas Darussalam, Ambon
2. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
3. Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Pada jenis berumah dua, bunga jantan (*staminate*) dan bunga betina (*pistilate*) terdapat pada pohon yang berbeda, sedangkan pada berumah satu, *staminate* dan *pistilate* terdapat pada pohon yang sama. Pohon yang hanya memiliki *staminate* disebut tanaman jantan sedangkan tanaman yang hanya memiliki *pistilate* disebut tanaman betina.

Hasil panen berupa buah, biji, dan fuli hanya diperoleh dari tanaman betina dan dalam jumlah sedikit dari tanaman berumah satu. Namun demikian, tanaman jantan tetap diperlukan dalam pertanaman pala sebagai penghasil serbuk sari guna keperluan penyerbukan.

Dalam pertanaman pala, idealnya 10 pohon betina hanya membutuhkan satu tanaman jantan (Ochse *et al.*, 1961 *cit.* Chaniago *et al.*, 1976). Bahkan menurut Maclaron dan Miller (1924) *cit.* Chaniago *et al.*, (1976) untuk keperluan penyerbukan hanya dibutuhkan satu pohon jantan untuk setiap 30 pohon betina.

Untuk mendapatkan komposisi pertanaman pala yang ideal seperti di atas, maka jenis kelamin tanaman pala harus dapat ditentukan sejak dini (*stadia* bibit atau benih). Akan tetapi sampai sekarang belum dapat diketahui apakah suatu biji dapat berkembang menjadi tanaman jantan, betina, atau berumah satu (Hadad, 1992). Bahkan, tanaman pala jantan, betina, dan berumah satu tidak dapat dibedakan satu sama lainnya sebelum berbunga, yaitu setelah berumur 5 - 8 tahun (Purseglove *et al.*, 1981).

Masalah di atas merupakan salah satu faktor pembatas dalam budidaya tanaman pala karena menurut Deinum (1949) *cit.* Chaniago *et al.* (1978) serta Hadad (1992) dari 100 biji yang ditanam, biasanya yang menjadi pohon betina hanya 55%, sedangkan yang lainnya adalah pohon jantan (40%) dan berumah satu (5%). Kondisi nisbah kelamin demikian sangat merugikan karena hasil kebun menjadi lebih rendah dari yang seharusnya dapat diperoleh akibat banyaknya tanaman jantan yang tidak dikehendaki sejak awal.

Berbagai usaha telah dilakukan untuk memecahkan masalah nisbah kelamin pada tanaman pala antara lain memperbanyak tanaman secara vegetatif, dan mencoba menentukan jenis kelamin berdasarkan karakter morfologi. Akan tetapi sampai saat ini belum ada yang berhasil. Oleh karena itu, diperlukan upaya lain untuk mendeteksi jenis kelamin tanaman pala, misalnya dengan mempelajari variasi kromosom.

Pada tanaman lain seperti *Cannabis sativa*, *Humulus sp*, *Rumex sp*, *Bryonia sp*, *Silene dioica*, dan *Cucurbitaceae* (Galun, 1973), *Psodocarpus macrophyllus* (Hizume *et al.*, 1988), *Mercurialis annua* (Durand dan Durand, 1991), dan *Melandrium album* (Veuskens *et al.*, 1992; Ciupercescu *et al.*, 1990), jenis kelaminnya telah berhasil diidentifikasi berdasarkan variasi kromosom.

Variasi kromosom antar jenis kelamin dapat berupa variasi jumlah

(Hizume et al., 1988), ukuran kromosom (Hizume et al., 1988; Veuskens et al., 1992; Ciupercescu et al., 1990), dan bentuk kromosom (Hizume et al., 1988; Veuskens et al., 1992; Ciupercescu et al., 1990).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kromosom antara tanaman pala betina, jantan, dan berumah satu.

CARA PENELITIAN

Penelitian dilakukan sejak bulan Agustus 1995 sampai September 1996 menggunakan tanaman pala milik PTP XVIII Jawa Tengah yang sudah diketahui jenis kelaminnya. Penyiapan dan pembuatan preparat dilakukan di Laboratorium Hayati, sedangkan pengamatan dan pengambilan gambar dilakukan di Laboratorium Biokimia PAU-Bioteknologi Universitas Gadjah Mada dengan menggunakan Microphot-FXA merek Nikon pada perbesaran 2500 kali.

Tanaman pala dirangsang untuk menghasilkan akar-akar baru dengan jalan menggali lubang di daerah perakaran dan menutupnya kembali dengan kompos. Setelah 3 bulan, ujung akar yang keluar dipotong pada jam 08.30 - 10.00 kemudian difiksasi dalam larutan asam propionat dan ethanol 95% (1 : 3 v/v). Setelah 12 jam, larutan fiksasi diganti dengan larutan enzim (campuran selulase dan macerozyme, masing-masing dengan konsentrasi 0,5%) dan dibiarkan selama 36 jam dalam suhu kamar. Larutan enzim kemudian diganti dengan yang baru, dan diinkubasi pada suhu 35° C selama 90 menit.

Setelah sel-sel tampak lepas-lepas, tabung digojok menggunakan vortex sampai terbentuk suspensi sel. Bagian supernatan diambil lalu dimasukkan ke dalam tabung eppendorf yang lain. Tabung dibiarkan sampai suspensi sel mengendap atau dipusing selama 5 menit dengan kecepatan 1500 rpm. Larutan enzim dikeluarkan, diganti dengan larutan fiksasi. Selanjutnya bahan ini disimpan selama 16 jam di dalam kulkas sebelum diamati. Sediaan disiapkan dengan meneteskan 2 atau 3 tetes ke atas gelas obyek, kemudian ditetesi 2 atau 3 tetes larutan pewarna (lacto-propionic-orcein 45 %). Campuran diaduk sampai merata menggunakan salah satu sisi gelas penutup, kemudian dibiarkan sampai kering udara. Sediaan kemudian ditutup dengan gelas penutup, dipanaskan di atas lampu alkohol atau lampu spiritus (dijaga jangan sampai mendidih). Selanjutnya dipres atau ditekan menggunakan batang pengaduk yang ujungnya telah dibalut dengan kapas selama beberapa saat. Sediaan disegel dengan pengkilap kuku sebagai preparat semi permanen. Untuk preparat awetan, setelah pengepresan, gelas obyek direndam dalam xylol, kemudian gelas obyek dilepas. Selanjutnya sediaan ditetesi 1 tetes canada balsam, kemudian ditutup kembali dengan gelas obyek. Preparat ini diinkubasi pada suhu 35 °C sampai kering.

Pengamatan meliputi jumlah, panjang absolut dan relatif, serta bentuk kromosom. Panjang absolut dan relatif dianalisis dengan menggunakan analisis varian dan dilanjutkan dengan uji LSD pada taraf $\alpha = 0,05$.

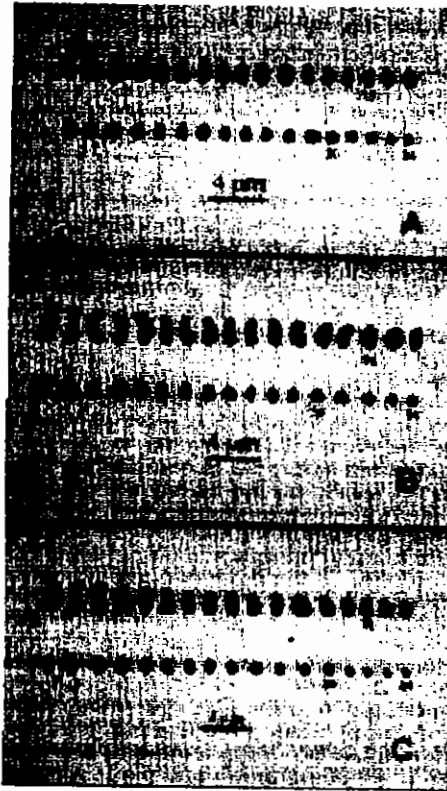
HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Kromosom

Pengamatan jumlah kromosom menunjukkan bahwa tanaman betina, jantan, maupun berumah satu mempunyai jumlah kromosom yang sama, yakni $2n = 34$ (Gambar 1 dan 2). Dengan demikian jenis kelamin pada tanaman tersebut tidak dapat dibedakan berdasarkan jumlah kromosomnya. Kondisi seperti ini, juga telah dilaporkan pada beberapa tanaman berumah dua yang lain seperti pada *M. annua* (Durand dan Durand, 1991) dan *M. album* (Ciupercescu *et al.*, 1990; Veuskens *et al.*, 1992), meskipun pada *P. macrophyllus*, jenis betina dan jantan dapat dibedakan berdasarkan jumlah kromosomnya. Jenis betina mempunyai $2n = 38$, sedangkan jenis jantan mempunyai $2n = 37$ (Hizume *et al.*, 1988).



Gambar 1. Kromosom metafase sel somatik tanaman pala (*Myristica succedanea*), $2n = 34$. A. betina, B. jantan, C. berumah satu. Anak panah menunjukkan kromosom dengan sentromer



Gambar 2. Kromosom metafase sel somatik tanaman pala (*Myristica succedanea*), $2n = 34$ yang disusun berdasarkan urutan panjangnya. A. betina, B. jantan, dan C. berumah satu.

Panjang Absolut Kromosom

Hasil analisis ragam, menunjukkan bahwa panjang absolut kromosom nomor 1, 8, 15, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, dan 34 tidak sama untuk jenis kelamin yang berbeda (Tabel 1), namun untuk kromosom nomor 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 22, dan 23 panjangnya serupa apapun jenis kelaminnya. Karyotipe untuk ketiga jenis disajikan pada Gambar 2.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa tanaman pala berumah satu dan jantan mempunyai kromosom nomor satu yang sama panjang, tetapi keduanya lebih panjang dibanding kromosom tanaman betina. Sebaliknya pada kromosom yang lain seperti kromosom nomor 32, kromosom tanaman betina dan berumah satu sama panjang, tetapi keduanya lebih panjang dibanding kromosom tanaman jantan. Ada juga nomor kromosom yang saling berbeda antar jenis kelamin, misalnya kromosom nomor 31.

Tabel 1. Panjang absolut (μm) nomor-nomor kromosom tanaman pala (*M. succedanea*) betina (A), jantan (B), dan berumah satu (C) yang menunjukkan perbedaan

Ke- la- min	Nomor Kromosom																
	1	8	15	19	20	21	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
A	3,36b	2,71a	2,18a	2,02a	1,98a	1,98a	1,78a	1,78a	1,78a	1,78a	1,76a	1,76a	1,65a	1,60a	1,38a	1,35a	1,07ab
C	3,87a	2,49b	2,02b	1,93ab	1,89ab	1,82b	1,69ab	1,65b	1,65b	1,60b	1,51b	1,51b	1,42b	1,40b	1,40b	1,31a	1,22a
B	3,87a	2,67ab	2,04ab	1,82b	1,79b	1,79b	1,65b	1,54c	1,54c	1,49c	1,42b	1,31b	1,31c	1,26c	1,15b	1,09b	1,00b

Angka-angka pada suatu kolom yang mempunyai huruf sama tidak berbeda nyata dengan uji LSD 0,05.

Fenomena di atas memperlihatkan bahwa panjang absolut kromosom dapat digunakan untuk membedakan kelamin tanaman pala. Perbedaan panjang kromosom antar jenis kelamin seperti di atas telah pula ditemukan pada beberapa tanaman berumah dua yang lain, misalnya *P. macrophyllus* (Hizume *et al.*, 1988), dan *M. album* (Ciupercescu *et al.*, 1990; Veuskens *et al.*, 1992).

Berdasarkan morfologi, jenis kelamin tanaman pala dapat dibedakan setelah tanaman tersebut memasuki fase generatif. Daun tanaman betina dan berumah satu lebih besar dibanding tanaman jantan, cabang primer tanaman betina dan berumah satu membentuk sudut yang mendatar sedangkan tanaman jantan lebih lancip. Dengan demikian, adanya keragaman dalam panjang absolut kromosom tanaman pala seperti di atas merupakan suatu bukti bahwa bentuk morfologi eksternal merupakan ekspresi dari morfologi kromosom yang berbeda. Dalam hal ini, Stebbins (1971), Mok dan Mok (1976), Siemonsma (1982), Okamoto *et al.* (1993) menegaskan bahwa variasi kromosom baik jumlah maupun morfologinya berkorelasi positif dengan bentuk daun, pembungaan, maupun buah atau biji.

Tabel 1 juga memperlihatkan, bahwa 3 nomor kromosom (no. 8, 15, dan 34) adalah kromosom-kromosom yang panjangnya sama antara tanaman jantan dan betina, 6 nomor (no. 19, 20, 24, 32, 33, dan 34) adalah kromosom-kromosom yang panjangnya sama antara tanaman betina dan berumah satu, dan 9 nomor (no. 1, 8, 15, 19, 20, 21, 24, 28, dan 29) adalah kromosom-kromosom yang panjangnya sama antara tanaman jantan dan berumah satu. Dengan demikian dari 34 kromosom yang dimiliki, antara tanaman betina dan jantan memiliki 20 kromosom yang sama panjang, antara tanaman betina dan berumah satu memiliki 23 kromosom yang sama panjang, dan antara tanaman jantan dan berumah satu memiliki 26 kromosom yang sama panjang. Kenyataan memperlihatkan bahwa tanaman berumah satu merupakan tanaman "antara" karena memiliki 23 kromosom yang sama panjang dengan tanaman betina dan 26 kromosom yang sama panjang dengan tanaman jantan. Hal ini menegaskan kembali konsep bahwa adanya variasi

kromosom akan menghasilkan fenotipe yang berbeda, sebaliknya kromosom yang serupa juga akan menghasilkan fenotipe yang serupa. Pada kenyataannya antara tanaman betina dan berumah satu sulit dibedakan walaupun telah memasuki fase generatif. Satu-satunya perbedaan yang mudah dikenal adalah jika kedua tanaman tersebut sedang dalam kondisi berbunga, di mana pada tanaman berumah satu terdapat *staminate* dan *pistilate* sedangkan pada tanaman betina hanya ada *pistilate*. Adanya *staminate* pada tanaman berumah satu mungkin juga merupakan akibat dari kecenderungan tanaman ini memiliki lebih banyak kromosom yang panjangnya sama dengan kromosom tanaman jantan.

Perbedaan panjang absolut dari kromosom tanaman betina dengan jantan dapat dilihat pada kromosom no. 1, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, dan 33; antara tanaman betina dan berumah satu dapat dilihat pada kromosom no. 1, 8, 15, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, dan 31; antara tanaman jantan dan berumah satu dapat dilihat pada kromosom no. 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, dan 34. Dari sekian jumlah nomor kromosom yang berbeda tersebut, tanaman betina paling mudah dibedakan dari tanaman jantan dan berumah satu melalui kromosom no. 1. Tanaman jantan dan berumah satu memiliki kromosom yang sama panjang (3,87 μm) sedangkan tanaman betina lebih pendek (3,36 μm).

Ketiga jenis kelamin tanaman pala saling berbeda panjang absolutnya pada kromosom nomor 25, 26, 27, 30, dan 31. Dengan demikian tampak bahwa antar jenis kelamin pada tanaman pala dapat dibedakan satu sama lainnya melalui panjang absolut kromosomnya.

Panjang Relatif Kromosom

Pengukuran terhadap panjang relatif kromosom dimaksudkan untuk lebih mempertegas hasil pengukuran panjang absolut suatu kromosom. Hal ini biasa dilakukan dan merupakan salah satu variabel yang selalu diikutsertakan dalam analisis morfologi kromosom. Panjang relatif biasanya lebih proporsional dalam menggambarkan panjang suatu kromosom karena walaupun panjang absolut kromosom dari sel-sel sampel tampak sangat beragam, tetapi bila dilihat dari nilai relatifnya, panjangnya akan lebih stabil.

Hasil analisis ragam, menunjukkan bahwa panjang relatif kromosom nomor 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, dan 34 berlainan tergantung jenis kelaminnya (Tabel 2) tetapi tidak demikian untuk kromosom nomor 4, 5, 6, 16, 18, 19, 20, 22, 23, dan 24.

Pada Tabel 2, tampak bahwa dari 24 nomor kromosom yang panjang relatifnya tergantung jenis kelamin, 7 nomor (no. 7, 8, 12, 14, 15, 21, dan 34) mempunyai panjang relatif yang sama antara tanaman betina dan jantan, 12 nomor (no. 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 25, 26, 27, 32,

dan 33) sama panjang relatifnya antara tanaman betina dan berumah satu, dan 10 nomor (no. 1, 2, 3, 13, 17, 21, 25, 26, 27, dan 28) yang panjang relatifnya sama antara tanaman jantan dan berumah satu.

Tabel 2. Panjang relatif nomor-nomor kromosom tanaman pala (*Myristica succedanea*) betina (A), jantan (B), dan berumah satu (C) yang menunjukkan perbedaan

Kelamin	Nomor Kromosom												
	1	2	3	7	8	9	11	12	13	14	15	17	
B	5,66a	4,60a	4,24a	3,89a	3,78a	3,72a	3,39a	3,29a	3,20a	3,07a	3,00a	2,91a	
C	5,53a	4,54a	4,21ab	3,57b	3,45b	3,44b	3,26a	3,23a	3,10a	2,94b	2,88b	2,81ab	
A	4,66b	4,16b	4,04b	3,88a	3,85a	3,49b	3,12b	3,03b	3,03b	3,00ab	3,00ab	2,79b	

Kelamin	Nomor Kromosom										
	21	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
B	2,62ab	2,42b	2,26b	2,19b	2,09a	1,92c	1,92c	1,86c	1,69b	1,60b	1,47b
C	2,57b	2,35ab	2,35ab	2,29ab	2,16b	2,16b	2,03b	2,00b	2,00a	1,87a	1,73a
A	2,73a	2,42a	2,42a	2,42a	2,39a	2,30a	2,27a	2,21a	1,90a	1,87a	1,47a

Angka-angka pada suatu kolom yang mempunyai huruf sama tidak berbeda nyata dengan uji LSD 0,05.

Dengan demikian, antara tanaman betina dan jantan memiliki 17 nomor kromosom yang panjang relatifnya sama (no. 4, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, dan 34), antara tanaman betina dan monocious memiliki 21 nomor kromosom yang panjang relatifnya sama (no. 4, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 32, dan 33), dan antara tanaman jantan dan berumah satu memiliki 19 nomor kromosom yang panjang relatifnya sama (no. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, dan 28).

Sama halnya dengan panjang absolut, panjang relatif kromosom tanaman pala seperti telah diungkapkan di atas, menggambarkan bahwa tanaman berumah satu dapat disebut sebagai tanaman yang memiliki sifat "antara" tanaman betina dan berumah satu. Hal ini dapat dilihat dari sejumlah kromosom yang panjang relatifnya cenderung sama dengan tanaman betina di satu pihak dan tanaman jantan di pihak lain. Fenomena tersebut sesuai dengan kondisi tanaman berumah satu itu sendiri, di mana fenotipenya mirip tanaman betina tetapi memiliki *staminate* seperti yang dimiliki tanaman jantan.

Berdasarkan Tabel 2, tampak pula bahwa antara ketiga jenis kelamin mempunyai sejumlah perbedaan panjang relatif kromosomnya. Dari sekian kromosom pembeda tersebut, tanaman betina dapat dibedakan dengan mudah dari tanaman jantan dan berumah satu dengan menggunakan kromosom no. 1 dan 2. Tanaman jantan dan berumah satu memiliki kromosom no.1 dan 2 yang panjang relatifnya

lebih panjang dibanding tanaman betina. Di samping itu, ketiganya mempunyai 3 nomor (no. 29, 30, dan 31) kromosom yang panjang relatifnya saling berbeda antara satu dengan yang lainnya.

Bentuk Kromosom

Pengamatan bentuk kromosom tanaman pala berdasarkan ratio lengan ($r = q/p$) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Bentuk kromosom tanaman pala (*Myristica succedanea*) betina, jantan dan berumah satu berdasarkan nisbah lengan

Kromosom	Betina				Jantan				Berumah satu			
	p	q	r	Bentuk	p	q	r	Bentuk	p	q	r	Bentuk
1	1,06	2,27	2,14	sm	-	3,87	-	t	-	3,87	-	t
2	1,11	1,89	1,71	sm	1,11	2,09	1,83	sm	1,41	1,80	1,28	m
3	1,27	1,65	1,30	m	1,24	1,65	1,33	m	1,02	2,06	2,02	sm
4	1,24	1,56	1,26	m	1,17	1,53	1,31	m	1,27	1,39	1,25	m
5	-	2,74	-	t	1,18	1,45	1,23	m	-	2,75	-	m
6	-	2,71	-	t	-	2,67	-	t	-	2,69	-	t
7	-	2,71	-	t	-	2,67	-	t	-	2,61	-	t
8	-	2,71	-	t	-	2,67	-	t	-	2,49	-	t
9	-	2,53	-	t	-	2,58	-	t	-	2,42	-	t
10	-	2,35	-	t	-	2,40	-	t	-	2,35	-	t
11	-	2,29	-	t	-	2,31	-	t	-	2,29	-	t
12	-	2,20	-	t	-	2,24	-	t	-	2,24	-	t
13	-	2,20	-	t	-	2,18	-	t	-	2,18	-	t
14	-	2,18	-	t	-	2,09	-	t	-	2,07	-	t
15	-	2,18	-	t	-	2,04	-	t	-	2,02	-	t
16	-	2,09	-	t	-	2,00	-	t	-	2,02	-	t
17	-	2,02	-	t	-	1,98	-	t	-	1,98	-	t
18	-	2,02	-	t	-	1,91	-	t	-	1,93	-	t
19	-	2,02	-	t	-	1,82	-	t	-	1,93	-	t
20	-	1,98	-	t	-	1,79	-	t	-	1,89	-	t
21	-	1,98	-	t	-	1,79	-	t	-	1,82	-	t
22	-	1,82	-	t	-	1,74	-	t	-	1,73	-	t
23	-	1,80	-	t	-	1,71	-	t	-	1,69	-	t
24	-	1,78	-	t	-	1,65	-	t	-	1,69	-	t
25	-	1,78	-	t	-	1,54	-	t	-	1,65	-	t
26	-	1,78	-	t	-	1,54	-	t	-	1,65	-	t
27	-	1,78	-	t	-	1,49	-	t	-	1,60	-	t
28	-	1,76	-	t	-	1,42	-	t	-	1,51	-	t
29	-	1,76	-	t	-	1,31	-	t	-	1,51	-	t
30	-	1,65	-	t	-	1,31	-	t	-	1,42	-	t
31	-	1,60	-	t	-	1,26	-	t	-	1,40	-	t
32	-	1,38	-	t	-	1,15	-	t	-	1,40	-	t
33	-	1,35	-	t	-	1,09	-	t	-	1,31	-	t
34	-	1,06	-	t	-	1,00	-	t	-	1,22	-	t

Keterangan:

p = Panjang lengan pendek, q = Panjang lengan panjang, m = Metasentris), sm = Submetasentris, t = Telosentris, r = q/p

Mengikuti rekomendasi Olinici (1983) *cit.* Ciupercescu *et al.* (1990) dan Levan *et al.* (1964) *cit.* Singh (1993), formula masing-masing jenis kelamin tanaman pala adalah sebagai berikut: (1) tanaman betina = $2m + 2sm + 30t$ (Gambar 1A), (2) tanaman jantan = $3m + 1sm + 30t$ (Gambar 1B), dan (3) tanaman berumah satu = $2m + 1sm + 31t$ (Gambar 1C).

Formula di atas memperlihatkan bahwa jenis kelamin tanaman pala mempunyai bentuk kromosom yang berbeda. Tanaman betina mempunyai 2 kromosom metasentris (no. 3 dan 4), 2 kromosom submetasentris (no. 1 dan 2), dan 30 kromosom telosentris. Tanaman jantan mempunyai 3 kromosom metasentris (no. 3, 4, dan 5), 1 kromosom submetasentris (no. 2), dan 30 kromosom telosentris. Tanaman berumah satu mempunyai 2 kromosom metasentris (no 2 dan 4), 1 kromosom submetasentris (no. 3), dan 31 kromosom telosentris.

Perbedaan formula tersebut menggambarkan bahwa jenis kelamin tanaman pala dapat dibedakan satu sama lainnya berdasarkan posisi sentromer seperti disebutkan oleh Singh dan Tsuchiya (1975), Schlarbaum dan Tsuchiya (1976) dan Badr (1995). Tanaman berumah dua lainnya yang telah berhasil diidentifikasi berdasarkan posisi sentromernya antara lain adalah *P. macrophyllus* (Hizume *et al.*, 1988), *M. album* (Ciupercescu *et al.*, 1990), dan *M. diclinis* (Ye *et al.*, 1991).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tanaman pala (*M. succedanea*) betina, jantan, maupun berumah satu tidak dapat dibedakan satu dengan yang lain berdasarkan jumlah kromosomnya karena ketiganya mempunyai jumlah kromosom yang sama banyak, yakni $2n = 34$.
2. Panjang absolut dan panjang relatif kromosom dapat digunakan untuk mengetahui jenis kelamin tanaman pala. Perbedaan panjang absolut kromosom antara tanaman betina dan jantan terletak pada kromosom no. 1, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, dan 33, sedangkan panjang relatifnya berbeda pada kromosom no. 1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, dan 33. Antara tanaman betina dan berumah satu, panjang absolut kromosomnya berbeda pada no. 1, 8, 15, 21, 25, 26, 27, 29, 30, dan 31, sedangkan panjang relatifnya berbeda pada kromosom no. 1, 2, 3, 8, 11, 12, 14, 21, 28, 29, 30, 31, 32, dan 34. Tanaman jantan dan berumah satu berbeda panjang absolut kromosomnya pada no. 25, 26, 27, 31, 32, 33, dan 34, sedangkan panjang relatifnya berbeda pada kromosom no. 7, 8, 9, 10, 15, 29, 30, 31, 32, 33, dan 34.

3. Berdasarkan bentuk kromosom, tanaman betina mempunyai formula = $2m + 2sm + 30t$, tanaman jantan = $3m + 1sm + 30t$, dan tanaman berumah satu = $2m + 1sm + 31t$.
4. Kromosom no. 1, 2, 3, dan 5 dapat digunakan sebagai kromosom kunci untuk membedakan jenis kelamin pala. Kromosom no. 1 pada tanaman jantan dan berumah satu lebih panjang (3,87 m) dan berbentuk telosentris, sedangkan pada tanaman betina lebih pendek (3,36 m) dan berbentuk submetasentris. Kromosom no. 2 pada tanaman betina dan jantan berbentuk submetasentris, sedangkan pada tanaman berumah dua berbentuk metasentris. Sebaliknya, pada kromosom no. 3, tanaman betina dan jantan berbentuk metasentris, sedangkan pada tanaman berumah satu berbentuk submetasentris. Kromosom no. 5 pada tanaman jantan dan berumah satu berbentuk metasentris, sedangkan pada tanaman betina berbentuk telosentris.
5. Kromosom no. 30 dan 31 dapat digunakan sebagai tambahan kromosom pembeda antara tanaman pala betina, jantan, dan berumah satu karena panjangnya berlainan.
6. Untuk tujuan praktis, kromosom no. 1 dan 5 dapat digunakan untuk membedakan tanaman betina dari jenis kelamin lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badr, A. 1995. Electrophoretic studies of seed protein in relation to chromosomal criteria and relationship of some taxa of *Trifolium*. *Taxon* 44: 183 - 191.
- Chaniago, D., M.T. Muhammad, dan Sukartaatmadja. 1976. Survei pohon induk pala di Daerah Istimewa Aceh. *Pemberitaan Lembaga Penelitian Tanaman Industri*. Bogor 22: 15 - 29.
- Ciupercescu, D.D., J. Veuskens, A. Mouras, D. Ye, M. Briquet, and I. Negrutiu. 1990. Karyotyping *Melandrium album*, a dioecious plant with heteromorphic sex chromosomes. *Genom* 33: 556 - 562.
- Durand, B. and R. Durand. 1991. Sex determination and reproductive organ differentiation in *Mercurialis*. *Plant Science* 80: 49 - 65.
- Galun, E. 1973. The use of genetic sex types for hybrid seed production in cucumis. in: Rom Moav (Ed.), *Agricultural Genetics ; Selected Topics*, 23 - 26. John Willey & Sons, New York.
- Hadad, M.E.A. 1992. Pala. *Balai Tanaman Rempah dan Obat*. Bogor 8(2): 26 - 38.
- Hizume, M., H. Shiraishi, N.A. Tanaka. 1988. A cytological study of *Psodocarpus macro-phyllus* with special reference to sex chromosomes. *Jpn. J. Genet.* 63: 413 - 423.
- Mok, D.W.S. and M.C. Mok. 1976. A modified giemsa technique for identifying bean chromosomes. *Heredity* 67: 187 - 188.

- Okamoto, M., H. Okada, and K. Veda. 1993. Morphology and chromosome numbers of *Viola pilosa* and its systematic position. *Taxon* 42: 781 - 787.
- Purseglove, J.W., E.G. Brown, C.L. Green, and S.R.J. Robbins. 1981. Spices. Volume I. Longman. London, and New York. 439 p.
- Schlarbaum, S.E. and T. Tsuchiya. 1976. Chromosome study of Japanese Umbrella pine. *Heredity* 67: 65 - 67.
- Siemonsma, J.S. 1982. West African okra-morphological and cytogenetical indication for the existence of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench and *A. manihot* (L.) Medikus. *Euphytica* 31: 241 -254.
- Singh, R.J. and T. Tsuchiya. 1975. Pachytene chromosome of barley. *Heredity* 66 : 165 - 167.
- Singh, R.J. 1993. Plant Cytogenetics. CRC Press, Inc. Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo. 391 p.
- Stebbins, G.L. 1971. *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. Addison-Wisley Publishing Company. California. 215 p.
- Veuskens, J., D. Ye, M. Oliveira, D.D. Ciupercescu, P. Installe, H.A. Verhoeven, and I. Negrutiu. 1992. Sex determination in the dioecious *Melandrium album*: androgenic embryogenesis requires the presence of the X chromosome. *Genom* 35: 8 - 18.
- Ye, D., M. Oliveira, J. Veuskens, Y. Wu, P. Installe, S. Hinnisdaels, A.T. Truong, S. Brown, A. Mouras, and I. Nerutiu. 1991. Sex determination in the dioecious *Melandrium*. The X/Y chromosome system allows complementary cloning strategies. *Plant Science* 80: 93 - 106.