



## DUGAAN GEJALA DEPRESI SILANG-DALAM DAN TINGKAT HOMOZIGOSITAS POPULASI KELAPA SAWIT HASIL PENYERBUKAN SENDIRI GENERASI KE-4 SP540T DAN GENERASI KE-5 DURA DELI

### *THE SUSPECT SYMPTOMS OF INBREEDING DEPRESSION AND THE HOMOZYGOSITY LEVEL OF FOURTH GENERATION OF SP450T AND FIFTH GENERATION OF DURA DELI OIL PALM SELFING POPULATION*

Rokhana Faizah, Sri Wening, Hernawan Y. Rahmadi, dan A. Razak Purba

**Abstrak** Silang-dalam merupakan salah satu metode yang dilakukan untuk memperbanyak tetua terpilih sebagai calon pohon induk pada program Reciprocal Recurrent Selection (RRS). Akibat dari silang-dalam pada tanaman kelapa sawit adalah terjadinya homozigositas yang tinggi pada generasi pohon yang akan dipilih. Tujuan penelitian adalah mengetahui tingkat homozigositas pada silang diri generasi ke-4 SP540T dan generasi ke-5 populasi Dura Deli Dolok Sinumbah yang masing-masing terdiri dari 3 persilangan dan korelasinya terhadap gejala depresi silang-dalam. Data genotipe diperoleh dengan pendekatan *Polymerase Chain Reaction-Simple Sequence Repeat* (PCR-SSR) menggunakan 16 marka SSR yang telah dikembangkan di kelapa sawit pada 327 pohon contoh. Hasil penelitian menunjukkan homozigositas pada 3 persilangan dari generasi ke-4 populasi SP540T berkisar antara 0,44-0,84 dengan rerata 0,61, sedangkan dari generasi Dura Deli berkisar antara 0,60-0,93 dengan rerata 0,78. Homozigositas pada populasi Dura Deli lebih tinggi 1,27% dibandingkan populasi SP540T. Analisis korelasi menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat homozigositas maka semakin tinggi gejala depresi silang-dalamnya ( $R^2=0,95$ ).

**Kata kunci:** homozigositas, silang-dalam, SP540T, Dura Deli, kelapa sawit, SSR

*Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit*

Rokhana Faizah (✉)  
Pusat Penelitian Kelapa Sawit  
Jl. Brigjen Katamsno No. 51 Medan, Indonesia  
Email: nana\_rfz@yahoo.com

**Abstract** *Inbreeding is a common method used to reproduce candidate mother plant from selected parental lines for commercial seeds in Reciprocal Recurrent Selection (RRS) oil palm breeding program. However this practice may increased homozygosity level of selected population. This study concerned the level of homozygosity of SP540T fourth generations and Dura Deli Dolok Sinumbah fifth generations (3 crosses respectively) and their correlation with inbreeding depression symptoms. Polymerase Chain Reaction-Simple Sequence Repeat (PCR-SSR) with 16 markers developed for oil palm was used to analyze 327 samples. The result shows that the levels of homozygosity of SP540T fourth selfing generation were ranged between 0.44-0.84 or 0.61 in average. While the levels of homozygosity of Dura Deli fifth selfing generations were ranged between 0.60-0.93 or 0.78 in average. The homozygosity level in Dura Deli was 1.27% higher than SP540T populations. Correlation analysis showed that the higher the level of homozygosity, the higher of the inbreeding symptoms observed ( $R^2=0.95$ ).*

**Keywords:** *homozygosity, inbreeding, SP540T, Dura Deli, oil palm, SSR*

## PENDAHULUAN

Program pemuliaan melalui metode seleksi *Reciprocal Recurrent Selection* (RRS) yang pertama kali diperkenalkan Comstock *et al.* (1949) dengan tujuan mendapatkan bahan tanaman unggul, tidak terlepas dari kegiatan silang-dalam tetua terpilih. Persilangan 2

individu yang relatif dekat atau persilangan pada satu individu disebut *inbreeding* (silang-dalam) (Jingade *et al.*, 2011; Charlesworth dan Willis, 2009; Barnes *et al.*, 2004). Persilangan ini merupakan strategi persilangan yang efektif untuk mendapatkan galur murni (*pure line*) (Dhillon *et al.*, 1994). Namun di sisi lain, kegiatan silang-dalam dari generasi ke generasi dapat menyebabkan kerugian pada tanaman menyerbuk silang seperti pada tanaman kelapa sawit. Akibat silang-dalam dan seleksi yang terus-menerus pada suatu populasi dapat menyebabkan keragaman genetik yang semakin sempit (Thiele *et al.*, 2010), penurunan sifat yang menguntungkan (Lubis *et al.*, 2013), kehilangan gen yang bermanfaat, dan *genetic erosion* pada suatu organisme melalui proses yang disebut depresi silang-dalam (*inbreeding depression*) (Jingade *et al.*, 2011; Lubis *et al.*, 2013). Faktor-faktor yang dapat menyebabkan depresi silang-dalam tersebut antara lain adanya gen resesif atau dominan yang menyebabkan peran gen tersebut tidak berfungsi dan bersifat merugikan (Jingade *et al.*, 2011; Fox, 2005).

Selain menyebabkan keragaman yang sempit, metode silang-dalam yang terus-menerus juga dapat menyebabkan peningkatan homozigositas dari generasi ke generasi (Charlesworth dan Willis, 2009; Wu *et al.*, 2007) dan tingkat homozigositas diketahui memiliki korelasi positif dengan gejala depresi silang-dalam pada karakter vegetatif maupun generatif (Pandin, 2009). Depresi silang-dalam mempengaruhi pertumbuhan meninggi, berat daun, luas area daun, komponen hasil, dan generatif pada kelapa sawit (Luyindula *et al.*, 2005), kelapa (Pandin, 2009), spesies *Silene nutants* (Thiele *et al.*, 2010), dan jagung (Lubis *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2003). Depresi silang-dalam juga menurunkan konsentrasi klorofil pada genus *Picea* (Major *et al.*, 2007) dan gejala penurunan aktivitas fotosintesis (Fracheboud *et al.*, 1999). Peningkatan homozigositas pada gen resesif dapat menyebabkan penurunan vigor kelapa sawit (Corley dan Tinker, 2003) dan variasi endosperm pada tanaman kelapa (Liyanage *et al.*, 1988).

Peningkatan homozigositas tersebut tidak selamanya menghasilkan gejala depresi silang-dalam yang bersifat merugikan. Individu yang menunjukkan homozigositas yang tinggi sangat bermanfaat sebagai tetua persilangan. Semakin tinggi tingkat homozigositas, hasil persilangan antar individu tersebut dapat menghasilkan keturunan atau projeni yang lebih baik dari tetuanya karena adanya heterosis

(Rodrigues *et al.*, 2001; Major *et al.*, 2006; Charlesworth dan Willis, 2009; Jingade *et al.*, 2011). Heterosis merupakan peningkatan penampilan tanaman yang lebih baik dari tetua atau kedua tetuanya. Keterlibatan banyak gen pada persilangan tersebut, akan meningkatkan heterosis (Wijaya *et al.*, 2013). Heterosis inilah yang banyak dimanfaatkan pada program perakitan bahan unggul, terutama tereksresi pada projeni generasi pertama ( $F_1$ ).

Untuk mengetahui tingkat homozigositas pada suatu individu dan mengamati kemunculan kedua alel, diperlukan teknik molekuler yang bersifat kodominan. Marka molekuler SSR merupakan salah satu marka yang kodominan (Palliyarakkal *et al.*, 2011; Singh *et al.*, 2007) dan dapat digunakan untuk membedakan genotipe yang homozigot pada tiap individu (Jingade *et al.*, 2011). Teknik ini efektif untuk mengetahui *maternal effect* dan depresi silang-dalam pada *Fargaria vesca* subsp. *bracteata* (Dalton *et al.*, 2013), mendapatkan informasi koefisien silang-dalam, serta keragaman genetik pada jagung (Liu *et al.*, 2003).

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) sebagai lembaga yang menghasilkan bahan tanaman unggul kelapa sawit telah memanfaatkan silang-dalam untuk memperbanyak tetua terpilih melalui program RRS. Namun, kegiatan seleksi yang terus-menerus dapat menyebabkan terjadinya fiksasi alel yang memunculkan dugaan gejala depresi silang dalam. Pada beberapa persilangan silang-dalam menunjukkan gejala tersebut, antara lain gejala menyerupai defisiensi boron, pelepah memutar, pucuk mati, dan gejala lain yang bersifat acak. Pendekatan yang dapat dilakukan untuk mendukung dugaan depresi silang dalam adalah mendapatkan data genotipe, yaitu tingkat homozigositas pada populasi silang-dalam. Oleh karena itu, perlu kajian untuk mengetahui tingkat homozigositas pada penyerbukan sendiri generasi ke-4 SP540T dan generasi ke-5 populasi Dura Deli serta korelasinya terhadap gejala depresi silang-dalam pada kelapa sawit.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

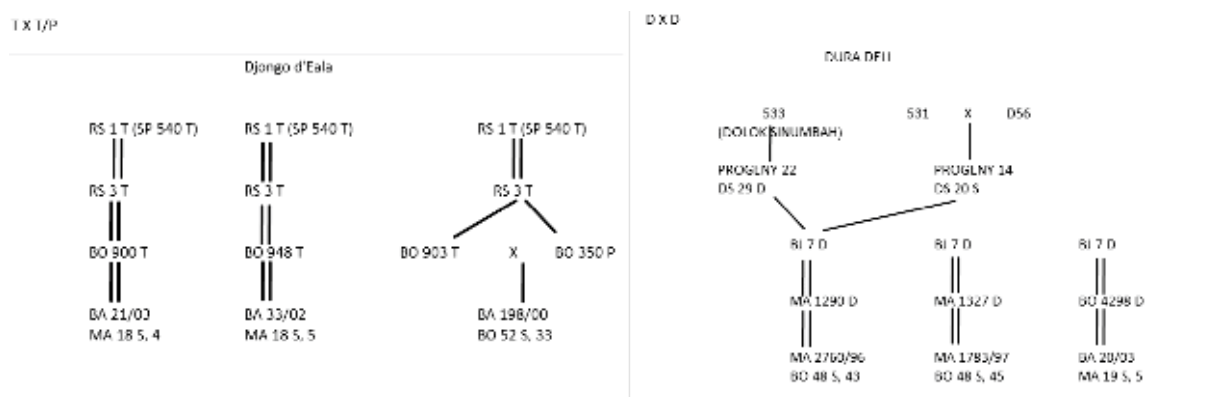
Bahan tanaman yang digunakan adalah 6 persilangan tanaman silang-dalam generasi ke-4 SP540T dan ke-5 Dura Deli lini Dolok Sinumbah dengan total 327 tanaman (Tabel 1). Dua persilangan hasil silang-



Tabel 1. Daftar persilangan yang digunakan untuk menduga hubungan homozigositas dengan gejala depresi silang-dalam pada kelapa sawit.

Table 1. List of crosses analyzed to estimate the correlation among homozigosity with inbreeding symptoms in oil palm.

No.	Tipe persilangan	Nomor serbuk	Kebun percobaan	Tahun tanam	Jumlah sampel (pohon)
1.	T X T	BA21/03	MA18S	2007	27
2.	T X T	BA33/02	MA18S	2007	70
3.	T X T	BA198/00	BO52S	2000	34
4.	D X D	BA20/03	MA19S	2005	141
5.	D X D	MA2760/96	BO48S	2000	28
6.	D X D	MA1783/97	BO48S	2000	37
Jumlah					327



Gambar 1. Silsilah tetua generasi ke-4 SP540T dan ke-5 Dura Deli lini Dolok Sinumbah.

Figure 1. Pedigree of the fourth generations of SP540T and the fifth generations Dura Deli Dolok Sinumbah.

dalam (BA21/03 dan BA33/02) serta 1 populasi dari dua individu yang kekerabatannya relatif dekat (BA198/00) berasal dari generasi SP540T, sedangkan dari generasi Dura Deli lini Dolok Sinumbah, dianalisis 3 persilangan silang-dalam generasi BJ7D, yaitu nomor serbuk MA2760/96, MA1783/97, dan BA20/03 (Gambar 1).

Pohon SP540T merupakan cikal bakal pada pisifera AVROS (*Algemeene Vegeniging van Rubber planters ter Oostkust van Sumatra*) yang memiliki karakter jumlah tandan banyak dan produksi minyak yang tinggi (Corley dan Tinker, 2003). Untuk Dura Deli lini Dolok Sinumbah, tetua berasal dari 4 pohon kelapa sawit yang ditanam di Kebun Raya Bogor (Hartley,

1988). Populasi Dura Deli diketahui memiliki keunggulan tandan besar (Ooi *et al.*, 1973; Purba *et al.*, 2001) dan lini Dolok Sinumbah (BJ7D) banyak dimanfaatkan sebagai tetua induk pada bahan tanaman unggul PPKS.

### Metode

Kegiatan dilakukan melalui 2 macam pengamatan, yaitu fenotipe dan genotipe. Pengamatan fenotipe dilakukan secara visual dengan sensus individu tanaman pada umur 7-14 tahun setelah tanam. Kondisi tanaman saat pengamatan dicatat dan dideskripsikan, seperti tanaman normal dan indikasi kemunculan gejala depresi silang-dalam. Macam

gejala tersebut antara lain tanaman kerdil, pelepah berputar, daun bintik kuning, pucuk mati, defisiensi Cu, Mg, N, boron, karat daun, dan pelepah panjang. Tanaman sisipan, terinfeksi *Ganoderma* sp. dan mati tidak diikuti dalam pengamatan.

Data genotipe diperoleh dari beberapa tahapan kegiatan, yaitu tahap perolehan DNA genomik, PCR-SSR, dan analisis fragmen DNA. Perolehan DNA genomik diadaptasi dari prosedur produk *Qiagen DNeasy Plant Mini Kit* Cat. No. 69104. Amplifikasi PCR-SSR dilakukan sesuai prosedur Wening dan Yenni (2013) dengan mengikutsertakan sekuen primer universal M13 (6-FAM, HEX, NED) yang telah berlabel fluorosen (Glen 2006). Sebanyak 16 marka SSR yang merupakan perwakilan dari masing-masing kromosom kelapa sawit (Billotte *et al.* 2005) digunakan untuk mendapatkan data genotipe. Selanjutnya, fragmen DNA hasil amplifikasi PCR-SSR dipisahkan dengan *capillary sequencer* yang disediakan 1stBASE Malaysia.

#### Analisis data

Data pengamatan fenotipe gejala depresi silang-dalam dianalisis secara deskriptif, sedangkan data genotipe hasil analisis fragmen dikuantitatifkan berupa alel-alel SSR menggunakan program Gene Marker® 2.4.0 Soft Genetics® LLC. Alel-alel SSR pada tiap lokus selanjutnya dihitung persentase homozigositasnya. Analisis regresi linear sederhana antara tingkat homozigositas dengan gejala silang-dalam dilakukan dengan menggunakan bantuan *Microsoft Office Excel 2010*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gejala depresi silang-dalam

Terdapat 16 gejala yang diduga merupakan gejala depresi silang-dalam yang muncul pada generasi silang-dalam (Tabel 2). Gejala menyerupai defisiensi boron merupakan gejala yang paling dominan, dengan tingkatan berat, sedang, dan ringan yang masing-masing sebanyak 34,31; 7,30; dan 29,20%. Pelepah berputar, gejala menyerupai defisiensi Cu dan defisiensi Mg menjadi gejala yang banyak ditemui masing-masing sebesar 9,4; 3,65; dan 3,65%. Gejala defisiensi boron memiliki tanda yang beragam pada famili *Araceae*. Gejala depresi silang-dalam

menyerupai defisiensi boron ditandai dengan adanya daun mengkerut menyerupai gejala pada *Syagrus romanzoffiana*, pelepah melengkung menyerupai gejala pada *Roystonea regia* (*Coban royal palm*), dan susunan pelepah menyerupai bentuk V pada tiap anak daun menyerupai gejala pada *Cocos nucifera* (Broscat, 2011). Gejala ini disebabkan karena ketidakmampuan tanaman untuk membuka daun secara normal. Kegagalan tersebut menyebabkan daun memendek, berkerut, anak daun rapat, atau daun abnormal (Gambar 3).

Gejala lain yang diamati antara lain daun pucuk mati mengering, bercak kuning pada pucuk daun, daun bercak kuning, pucuk mati, defisiensi N, pelepah dan daun kecil, dan karat daun antara 0,73 hingga 2,92%. Beberapa individu sulit dikenali macam gejalanya karena gejala yang muncul bersamaan dengan gejala lainnya, namun demikian pengamatan dilakukan terhadap gejala dominan pada individu tersebut (Gambar 1). Gejala khusus seperti pucuk daun berbercak kuning hanya muncul pada BA20/03; pelepah panjang pada BA198/00; pucuk mati, defisiensi N, pelepah dan daun kecil, dan karat daun terdapat di BA21/03; pelepah memendek pada MA2760/96; dan defisiensi K di MA1783/97. Dengan beragamnya macam gejala dan ketidakkonsistennya terhadap gejala yang muncul menimbulkan dugaan bahwa macam gejala depresi silang-dalam bersifat acak.

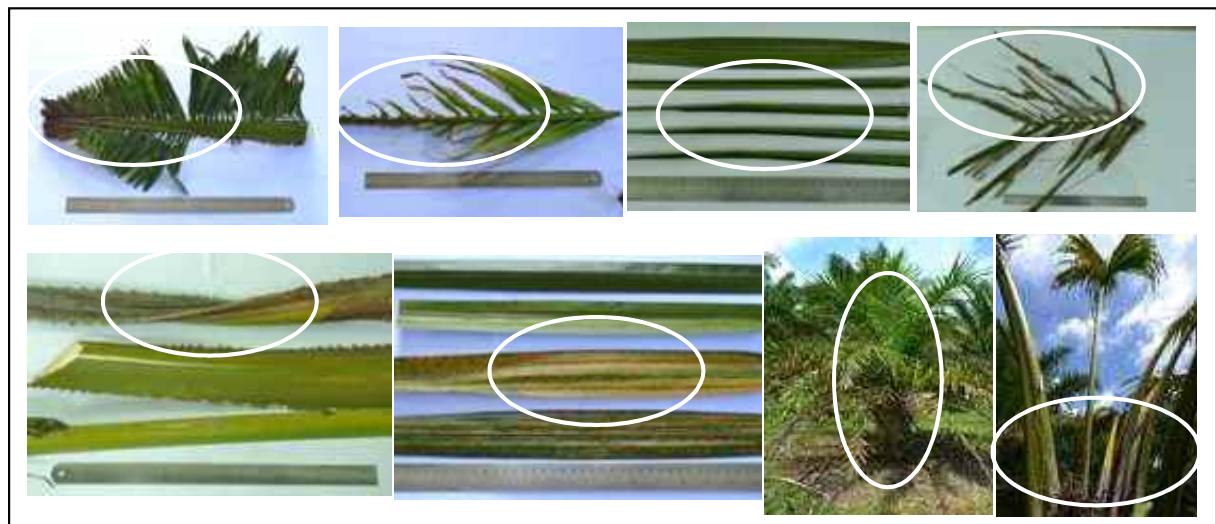
Pelepah berputar merupakan gejala yang sering muncul pada populasi TxT/P *selfing* SP540T BA21/03 dan BA33/02 dengan 7 dan 5 individu atau 55 dan 38,4% dari jumlah individu yang menunjukkan dugaan gejala depresi silang-dalam. Namun, persilangan saudara sekandung (*fullsib*) BA198/00 tidak menunjukkan gejala tersebut. Berdasarkan pengamatan lanjutan, pelepah berputar pada pelepah tua ternyata tidak bersifat baku, karena pada pelepah muda tidak menunjukkan gejala yang sama (Gambar 4).

Faktor yang mempengaruhi gejala depresi silang-dalam pada kelapa sawit belum dapat disimpulkan hanya dengan hasil pengamatan visual karakter vegetatif, walaupun terdapat penurunan karakter pada ukuran pelepah dan anak daun. Hasil penelitian ini diperkuat dengan hasil yang dilaporkan Lubis *et al.* (2013) bahwa gejala depresi silang-dalam menyebabkan penurunan karakter tertentu dan Jingade *et al.* (2011) melaporkan bahwa gejala ini

Tabel 2. Persentase jumlah individu dan macam gejala depresi silang-dalam pada 6 persilangan kelapa sawit berdasarkan jumlah individu.

Table 2. Percentages of individual number and inbreeding depression symptoms in 6 of oil palm selfing population based on number of individu.

No.	Macam gejala	T x T/P				D x D		Jumlah pohon	Rerata (%)
		BA21/03	BA33/02	BA198/00	BA20/03	MA2760/96	MA1783/97		
1.	Defisiensi boron berat	-	1	2	35	3	6	47	34,31
2.	Defisiensi boron sedang	-	-	-	9	1	-	10	7,30
3.	Defisiensi boron ringan	-	4	-	36	-	-	40	29,20
4.	Daun pucuk mati mengering	-	1	-	1	-	-	2	1,46
5.	Pucuk daun bercak kuning	-	-	-	2	-	-	2	1,46
6.	Daun bercak kuning	-	1	1	2	-	-	4	2,92
7.	Pelepah panjang	-	-	1	-	-	-	1	0,73
8.	Pucuk mati	1	-	-	-	-	-	1	0,73
9.	Pelepah berputar pada pelepah bawah	7	5	-	1	-	-	13	9,49
10.	Defisiensi N ringan	1	-	-	-	-	-	1	0,73
11.	Pelepah dan daun kecil	1	-	-	-	-	-	1	0,73
12.	Karat daun	1	-	-	-	-	-	1	0,73
13.	Defisiensi Cu	-	1	-	-	1	3	5	3,65
14.	Defisiensi Mg	-	-	-	-	2	3	5	3,65
15.	Pelepah memendek	-	-	-	-	1	-	1	0,73
16.	Defisiensi K	-	-	-	-	-	3	3	2,19
Total pohon		11	13	4	86	8	15	137	100,00



Gambar 2. Karakteristik dugaan gejala depresi silang-dalam. Dari kiri atas ke kanan dan bawah: defisiensi boron berat, defisiensi Cu, anak daun menggulung, defisiensi kalium, pelepah berputar, defisiensi Mg, tanaman kerdil, dan pucuk mati.

Figure 2. Characteristics of suspected on inbreeding depression symptoms. From left to right and below: boron deficiency, Cu deficiency, roll up leaf, calium deficiency, frond spinning, Mg deficiency, dwarf, and death crown.



dipengaruhi adanya gen yang bersifat merugikan. Selain itu, beragamnya gejala silang-dalam pada kelapa sawit menunjukkan bahwa gejala bersifat individu dan acak seperti yang diungkapkan Barnes *et al.* (2004) dan diduga dipengaruhi oleh gen yang mengendalikan proses biosintesis pada kelapa sawit. Menurut Rahmadi *et al.* (*belum dipublikasikan*) analisis

daun pada tanaman bergejala depresi silang dalam berada di atas ambang batas nilai defisiensi. Artinya, walaupun secara fenotipe menunjukkan gejala defisiensi, namun unsur hara di dalam tanaman tercukupi. Hal ini diduga terdapat mekanisme biosintesis yang menyebabkan unsur hara di dalam tanaman tidak merata.



Gambar 3. Beberapa gejala silang-dalam yang menunjukkan defisiensi boron.

*Figure 3. Boron deficiency shown in several inbreeding depression symptoms*





Gambar 4. Dugaan gejala depresi silang-dalam pelepah berputar yang bersifat tidak konsisten karena pelepah baru tidak menunjukkan gejala yang sama.

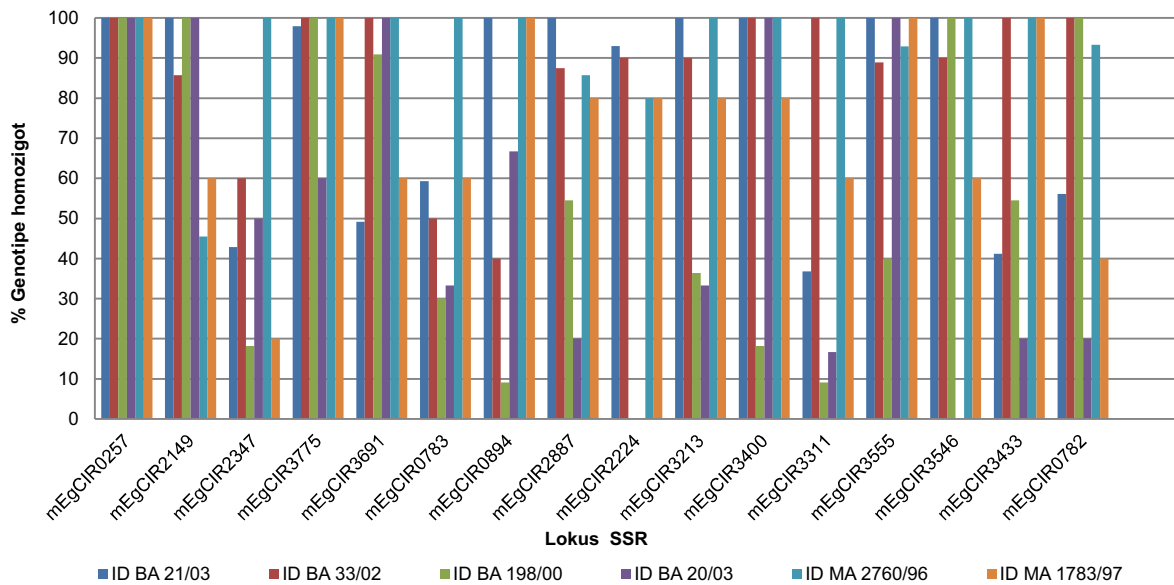
Figure 4. Inconsistency in frond spinning as a suspected inbreeding depression symptom since not shown in the new frond.

### Homozigositas

Untuk mendukung hasil pengamatan visual di lapangan, data genotipe diperlukan pada populasi yang menunjukkan gejala depresi silang-dalam. Berdasarkan 16 marka SSR yang diamplifikasi menunjukkan bahwa persentase genotipe yang homozigot memiliki nilai yang beragam pada 6 populasi silang-dalam. Marka mEgCIR0257 100% homozigot pada individu yang menunjukkan gejala depresi silang-dalam (Gambar 2). Namun demikian, pada tanaman normal marka ini homozigot pada 3 dari 6 populasi. Hal berbeda disebutkan Wening *et al.*, (2013) bahwa marka mEgCIR3775 memiliki tingkat homozigositas tertinggi pada koleksi plasma nutfah PPKS. Marka tersebut dapat digunakan untuk menapis bahan tanaman yang heterozigot pada

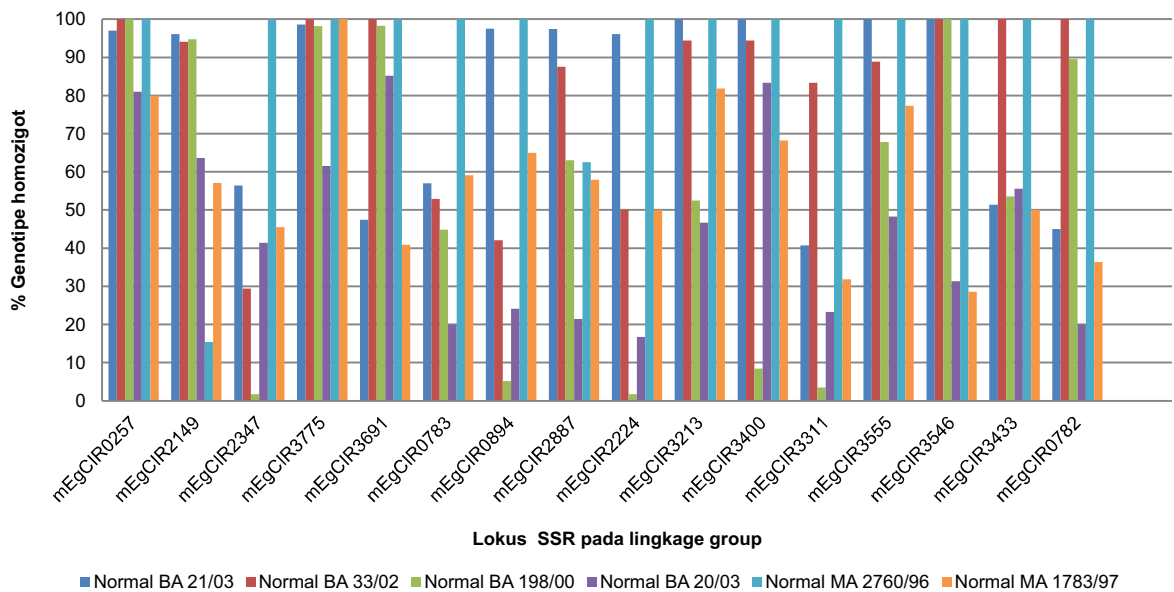
populasi yang memiliki tingkat homozigositas tinggi (Wening *et al.*, 2013).

Nomor serbuk MA2760/96 diketahui memiliki tingkat homozigositas tinggi (68.75%) dengan 11 marka SSR yang dianalisis pada tanaman yang memiliki dugaan gejala depresi silang dalam (Gambar 5) dan pada tanaman normal menunjukkan bahwa 14 marka SSR yang digunakan memiliki genotipe homozigot (Gambar 6). Pengujian DxP pada program RRS menghasilkan tetua terpilih yang diteruskan pada program RRS selanjutnya. Perbanyak tetua terpilih dengan metode penyerbukan sendiri menyebabkan tingkat homozigositas yang tinggi. Dengan demikian, berdasarkan hasil tersebut 16 marka SSR cukup efisien untuk menduga tingkat homozigositas.



Gambar 5. Persentase genotipe homozigot pada individu yang mengindikasikan gejala depresi silang-dalam pada 6 populasi hasil silang-dalam kelapa sawit.

Figure 5. Homozygote genotype percentages of individu that indicated inbreeding depression symptoms on 6 selfing populations of oil palm.



Gambar 6. Persentase genotipe homozigot pada individu tanaman normal pada 6 populasi hasil silang-dalam kelapa sawit.

Figure 6. Percentages of homozygote genotype of normal individual on 6 self-cross populations of oil palm.





Dari 16 marka SSR yang digunakan menunjukkan bahwa marka tersebut tidak dapat digunakan sebagai marka baku untuk mengetahui individu yang menunjukkan depresi silang-dalam. Marka-marka tersebut tidak mampu untuk memastikan bahwa alel-alel yang teramplifikasi adalah alel-alel yang menyebabkan gejala depresi silang-dalam. Hal ini karena gejala yang muncul antar individu berbeda-beda.

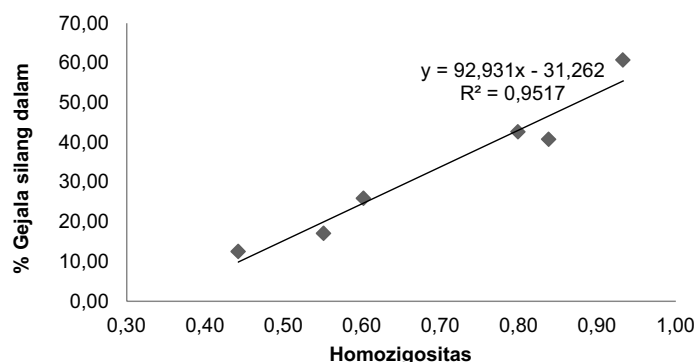
### Korelasi homozigositas dengan dugaan depresi silang-dalam

Tingkat homozigositas pada generasi ke-4 SP540T berkisar antara 0,44-0,84, sedangkan generasi ke-5 Dura Deli lini Dolok Sinumbah memiliki kisaran yang lebih tinggi 0,60-0,93 (Gambar 3). Walaupun jumlah generasi silang-dalamnya lebih sedikit, namun homozigositas Dura Deli lebih tinggi 1,21% dan juga gejala depresi silang-dalam yang mencapai 1,83% lebih tinggi dibandingkan generasi SP540T. Akuba (2012) menyebutkan bahwa silang-dalam dapat diukur dengan adanya tingkat homozigositas yang tinggi. Pada penelitian ini, generasi ke-4 kelapa sawit telah menunjukkan dugaan gejala depresi silang-dalam, generasi yang sama seperti yang dilaporkan Pandin (2009) pada kelapa Dalam Mapanget dan jagung (Lubis *et al.* 2013).

Dari 327 tanaman yang diamati pada 6 persilangan, tanaman kelapa sawit normal menghasilkan genotipe yang heterozigot lebih tinggi dari tanaman bergejala depresi silang-dalam (Gambar

3). Berdasarkan analisis regresi linear sederhana, terdapat korelasi yang tinggi ( $R^2=0.95$ ) antara tingkat homozigositas dengan persentase gejala silang-dalam (Gambar 7). Korelasi yang kuat ini membuktikan bahwa semakin tinggi homozigositas pada suatu individu kelapa sawit, maka gejala depresi silang-dalam semakin besar. Tingginya homozigositas pada tanaman yang bergejala menguatkan pendapat Charlesworth dan Willis (2007); Jalal *et al.* 2006; dan Fox (2005) yang menyebutkan bahwa depresi silang-dalam disebabkan karena meningkatnya homozigositas pada individu dan meningkatkan frekuensi ekspresi alel resesif yang merugikan.

Depresi silang-dalam terjadi karena adanya penurunan heterozigositas akibat terjadinya silang-dalam (Bos dan Caligari, 2008). Penurunan tersebut terjadi karena beberapa sebab, yaitu adanya tipe interaksi alel dominan atau overdominan, epistatis, serta jumlah lokus yang terlibat. Persilangan yang terus-menerus pada generasi hasil penyerbukan sendiri mengakibatkan terjadinya peningkatan alel-alel resesif yang membawa sifat tidak baik (*deleterious allele*) yang menyebabkan sifat tersebut terekspresi ketika membentuk alel resesif homozigot. Namun, depresi silang-dalam tidak terjadi pada lokus heterozigot karena ekspresi dari alel resesif terhalangi oleh adanya alel dominan yang normal. Interaksi alel dominan dan overdominan tersebut diduga menjadi penyebab yang tinggi terjadinya dugaan gejala depresi silang-dalam. Pada penelitian ini, nilai korelasi sangat kuat antara homozigositas dengan depresi silang-dalam.



Gambar 7. Regresi linear sederhana antara tingkat homozigositas dengan persentase gejala silang-dalam pada generasi ke-4 SP540T dan ke-5 Dura Deli lini Dolok Sinumbah pada kelapa sawit.

Figure 7. Simple linear regression between homozygosity level and percentages of suspected inbreeding depression symptoms of 4<sup>th</sup> generation of SP540T and 5<sup>th</sup> generation of Dura Deli line Dolok Sinumbah self cross.



## KESIMPULAN

Homozigositas pada populasi Dura Deli lebih tinggi 1,27% dibandingkan populasi SP540T. Dugaan gejala depresi silang-dalam pada generasi ke-4 SP540T yang paling banyak ditemui adalah 55,0 dan 38,4% pelepah berputar bagian bawah, sedangkan pada generasi ke-5 Dura Deli lini Dolok Sinumbah adalah 35,85 dan 32,68% gejala yang menyerupai defisiensi unsur hara boron ringan dan berat. Tidak terdapat hubungan antara persentase gejala dengan macam gejala depresi silang-dalam per persilangan pada karakter vegetatif kelapa sawit. Namun, terdapat korelasi yang tinggi ( $R^2=0,95$ ) antara tingkat homozigositas dengan persentase gejala depresi silang-dalam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akuba, R.H. 2012. Breeding and population genetics studies on coconut (*Cocos nucifera* L.) composite variety using morphological and microsatellite markers. Dissertation. Philippines University of Los Banos. 225p.
- Barnes, C., L.J. Szabo, G. May, and J.V. Groth. 2004. Inbreeding levels of two *Ustilago maydis* populations. *Mycologia* 96 (6): 1236-1244.
- Billotte, N., N. Marseillac, A.M. Risterucci, B. Adon, P. Brottier, F. C. Baurens, R. Singh, A. Herran, H. Asmady, C. Billot, P. Amblard, T. Durand-Gasselin, B. Courtois, D. Asmono, S. C. Cheah, W. Rohde, E. Ritter, A. Charrier. 2005. Microsatellite-based high density linkage map in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Theoretical and Applied Genetics* 110: 754-765.
- Broschat, T. 2011. Environmental Horticulture: Boron deficiency in palms. ENH1012. University of Florida.
- Comstock, R.E, H.F. Robinson, dan P.H. Harvey. 1949. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. *Agronomy Journal* 41: 360-367.
- Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. *The Oil Palm*, 4<sup>th</sup> edition. Blackwell Science Ltd.
- Dalton, R.M., M.H. Kosko, and T-L. Ashman. 2013. Maternal sex effects and inbreeding depression under varied environmental conditions in gynodioecious *Fragaria vesca* subsp. *bracteata*. *Annals of Botany* 112: 613-621.
- Charlesworth, D. and J.H. Willis. 2009. The genetics of inbreeding depression. *Nature Reviews Genetics* 10: 783-796.
- Dhillon, B.S, S.K. Vasal, G. Srivinasan, and J. Crossa. 1994. Improving the sampling and identification of foundation plants for inbred line development by integrating selfing with half-sib family evaluation. *Cereal Res. Communications* 22 (24): 321-325.
- Fox, C.W. 2005. Problems in measuring among-family variation in inbreeding depression. *American Journal of Botany*. 92 (11): 1929-1932.
- Fracheboud, Y, P. Haldimann, Leipner, and P. Stamp. 1999. Chlorophyll fluorescence as a selection tool for cold tolerance of photosynthesis in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany* 50 (338): 1533-1540.
- Hartley, C.W.S. 1988. *The oil palm*, 3<sup>rd</sup> Edn. Longman. London.
- Jalal, A, Hidayat-ur-Rahman, M.S. Khan, K. Maqbool, and S. Khan. 2006. Inbreeding depression for reproductive and yield related traits in  $S_1$  lines of maize (*Zea mays* L.). *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 28 (6): 1169-1173.
- Jingade, A.H, K. Vijayan, P. Somasundaram, K. Srinivasababu, C.K. Kamble. 2011. A review of the implications of heterozigosity and inbreeding on germplasm biodiversity and its conservation in the silkworm, *Bombyx mori*. *Journal of Insect Science* 11 (8): 1-16.
- Lacy, R.C. 1993. Impacts of inbreeding in natural and captive populations of vertebrates: implications for conservation. Conference on Genetics and Wildlife Conservation at the Instituto Nazionale di Biologia della Selvaggina. Bologna, Italy, September 1990. 480-496 pages.
- Liu, K, M. Goodman, S. Muse, J.S. Smith, E. Buckler, J. Doebley. 2003. Genetic structure and diversity among maize inbred lines as inferred from DNA microsatellites. *Genetics* 165: 2117-2128.



- Liyanage, D.V., M.R.T. Wickramaratne, and Jayasekara. 1988. Coconut breeding in Sri Lanka: A Review. *Cocos* 6:01-26.
- Lubis, Y.A, L.A.P. Putri, and Rosmayati. 2013. Pengaruh *selfing* terhadap karakter tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada generasi F<sub>4</sub>*selfing*. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 1 (2): 304-317.
- Luyindula, N., N. Mantantu, F. Dumortier, and R.H.V. Corley. 2005. Effect of inbreeding on growth and yield of oil palm: inbreeding of oil palm. *Euphytica* 143: 9-17.
- Major, J.E., D.C. Barsi, A. Mosseler, M. Campbell. 2007. Genetic variation and control of chloroplast pigment concentrations *Picea rubens*, *Picea mariana* and their hybrids. I. Ambient and elevated [CO<sub>2</sub>] environments. *Tree Physiology* 27: 353-364.
- Ooi, S.C., J.J. Hardon, and S. Phang. 1973. Variability in the Deli dura breeding populations of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. component of bunch yield. *Malaysian Agriculture Journal* 49 (2): 112-121.
- Palliyarakkal, M.K., M. Ramaswamy, A. Vadivel. 2011. Microsatellites in palm (*Arecaceae*) sequences. *Bioinformatics* 7 (7): 347-351.
- Pandin, D.S. 2009. Inbreeding depression analysis based on morphological characters in four generations of selfed mapanget tall coconut no. 32 (*Cocos nucifera* L.). *Indonesian Journal of Agriculture* 2 (2): 110-114.
- Purba, A.R, A. Flori, L. Baudouin, and S. Hamon. 2001. Prediction of oil palm (*Elaeis guineensis*, Jacq.) agronomic performances using the best linear unbiased predictor (BLUP). *Theor. Appl. Genet.* 102: 787-792.
- Rodrigues, M.C., F.D. Valva, E.M. Brasil, and L.J. Chaves. 2001. Comparison among inbreeding systems in maize. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 1 (2): 105-114.
- Singh, R., J. Nagappan, S.G. Tan, J.M. Panandam, S-C. Cheah. 2007. Development of simple sequence repeat (SSR) markers for oil palm and their application in genetic mapping and fingerprinting of tissue culture clones. *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology* 15 (3): 121-131.
- Thiele, J., T. Hansen, H.R. Siegismund, T.P. Hauser. 2010. Genetic variation of inbreeding depression among floral and fitness traits in *Silene nutans*. *Heredity* 104: 52-60.
- Wening, S. dan Y. Yenni. 2013. Optimasi analisis sidik jari DNA kelapa sawit. *Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*. Jakarta, 6-8 April 2013.
- Wening, S. R. Faizah, H.Y. Rahmadi, Y. Yenni, dan A.R. Purba. 2013. Identifikasi kandidat individu kelapa sawit dengan tingkat homozigositas tinggi melalui analisis sidik jari DNA. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* 21 (2): 56-63.
- Wijaya, A., Susantidiana, M.U. Harun, dan M. Surahman. 2013. Evaluasi penampilan dan efek heterosis hasil persilangan beberapa aksesori jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) *J. Agron. Indonesia* 41 (1): 83-87.
- Whitlock, M.C. 2002. Selection, load, and inbreeding depression in large metapopulation. *The Genetics Society of America* 160: 1191-1202.
- Wu, R., C-X. Ma, and G. Casella. 2007. *Statistical Genetics of Quantitative Traits: Linkage, Maps, and QTL*. Springer. 365p.
- Bos, I. dan P. Caligari. 2008. *Selection methods in plant breeding 2<sup>nd</sup> edition*. Springer. Netherland.



