

## Analisis Stabilitas Dayahasil Beberapa Hibrida Unggul Harapan Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Lokasi Tumbuh Berbeda

### *Analysis for Yield Stability of The Promising Cocoa Hybrids at Diverse Agro-climatic Conditions*

Agung Wahyu Susilo<sup>1\*)</sup>

#### Ringkasan

Analisis stabilitas dayahasil hibrida unggul harapan kakao bertujuan mendapatkan hibrida unggul yang keragaannya stabil antarlokasi tumbuh. Perakitan hibrida dilakukan melalui persilangan antarklon terpilih TSH 858, KEE 2, KW 162, KW 163, KW 165, ICS 13, dan NIC 7. Terdapat 14 hibrida diuji bersama kontrol dalam percobaan multilokasi di 4 lokasi tumbuh yaitu KP Kaliwining (dataran rendah-kering), Kebun Kalitelepak (rendah-basah), Kebun Jatirono (menengah-basah), dan KP Sumber Asin (menengah-kering). Percobaan disusun dalam rancangan kelompok lengkap dengan 4 blok sebagai ulangan dan setiap plot ditanami 16-24 tanaman. Pengamatan produksi tanaman dilakukan selama 4 tahun masa tanaman berbuah berdasarkan peubah jumlah buah serta komponen dayahasil dan mutu biji. Analisis stabilitas dayahasil berdasarkan pendekatan linier terhadap data produksi tersebut. Hasil analisis ragam gabungan terdapat pengaruh nyata interaksi genotipe dan lingkungan terhadap produksi hibrida. Hibrida TSH 858 x KEE 2, TSH 858 x KW 162, dan KW 162 x KEE 2 beserta resiproknya memiliki rerata produksi lebih tinggi dibandingkan kontrol dengan simpangan regresi ( $S^2_{di}$ ) tidak berbeda dengan nol dan koefisien regresi ( $b_1$ ) tidak berbeda dengan satu kecuali KEE 2 x KW 162 yang memiliki koefisien regresi  $> 1$ . Hasil ini menunjukkan bahwa keragaan dayahasil hibrida-hibrida tersebut stabil antarlokasi tumbuh dan adaptif di semua lokasi kecuali KEE 2 x KW 162 yang lebih adaptif pada lingkungan tumbuh optimum. Berdasarkan pertimbangan tingkat produktivitas hasil, mutu hasil serta informasi ketahanan terhadap penyakit pembuluh kayu maka hibrida TSH 858 x KW 162 dilepas sebagai hibrida unggul dengan nama ICCRI 06H. Hibrida tersebut memiliki dayahasil 1,99 kg/ phn, berat per biji kering 1,07 g, dan kadar lemak biji 54,3%.

#### Summary

*Analysis for yield stability on cocoa hybrids has objective to select high yielding hybrid with stable performance throughout the different agro-climatic conditions. These hybrids were crossed between selected clones of TSH 858, KEE 2, KW 162, KW 163 2, KW 165, ICS 13 and NIC 7. Fourteen hybrids were tested with control in a series of multilocation trial at the locations which were classified by altitude and climate differences such as lowland of dry climate in KP Kaliwining, lowland of wet climate in Kalitelepak Plantation, medium highland of wet climate in Jatirono Plantation and medium highland of dry climate in KP Sumber Asin. Trials were established at the randomized-complete block design with 4 blocks where in a plot planted 16-24 trees. Yield assessment was evaluated during 4 consecutive years of harvest by counting the*

---

Naskah diterima (received) 4 Februari 2011, disetujui (accepted) 25 Maret 2011.

1) Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman No. 90, Jember, Indonesia.

\*) Alamat penulis (Corresponding Author) : soesiloicri@yahoo.com

number of pods per tree then converted using yield components and bean quality. Stability analysis was performed in linier basis for the yield. The combined analysis of variance performed a significant effect of interaction between hybrid and location within year that means an effect of genotype by environment interaction. Of the tested hybrids, TSH 858 x KEE 2, TSH 858 x KW 162, KW 162 x KEE 2 and the reciprocal performed higher value of the yield than control with deviation to regression ( $S^2_{dt}$ ) equal to zero and coefficient of regression ( $b_i$ ) equal to one except for KEE 2 x KW 162 with  $b_i > 1$ . It could be interpreted that those hybrids were stable to perform the yield and well adapted through the locations except for KEE 2 x KW 162 which specifically adapted to the more suitable condition. By respecting to the potency of yield, bean quality and vascular streak dieback resistance, TSH 858 x KW 162 has been released as new hybrid variety and renamed as ICCRI 06H. The hybrid was characterized by the yield potency of 1.99 kg/tree, a dry bean of 1.07 g and fat content of 54.3%.

**Key words:** Stability analysis, yield, *Theobroma cacao* L., promising hybrids, agro-climatic condition.

## PENDAHULUAN

Bahan tanam unggul merupakan produk kegiatan pemuliaan tanaman sebagai pembawa pesan genetik keunggulan sifat-sifat tanaman untuk tujuan perbaikan kualitas hasil, ketahanan hama dan penyakit serta sifat-sifat penting lainnya. Meskipun demikian belum banyak petani kakao yang telah mengadopsi teknologi bahan tanam unggul tersebut, dan dilaporkan sekitar 70% dari total pertanaman kakao dunia dalam pengembangannya tidak menggunakan varietas unggul (Eskes, 2006). Pengembangan bahan tanam unggul kakao (*Theobroma cacao* L.) dapat dilakukan secara vegetatif (klonal) maupun generatif (hibrida) namun sebagian besar petani kakao masih memilih cara perbanyakan generatif menggunakan biji karena secara teknis perbanyakannya lebih mudah. Meskipun demikian sumber benih untuk perbanyakan tersebut masih berasal dari tanaman-tanaman induk di sekitar pertanaman kakao yang dianggapnya unggul. Secara global, kondisi ini menjadi penyebab utama rendahnya produktivitas kakao yang hanya mencapai rata-rata 400 kg/ha (Eskes, 2006). Oleh karena itu sasaran program pemuliaan kakao diarahkan untuk mendapatkan

varietas unggul hibrida dalam upaya meningkatkan produktivitas dan mengatasi berbagai masalah serangan hama dan penyakit.

Di Indonesia, pengembangan bahan tanam hibrida kakao masih menghadapi kendala keterbatasan jenis unggul yang sesuai dengan kondisi permasalahan kakao saat ini. Hibrida kakao yang berkembang saat ini merupakan hasil pengembangan pada era tahun 1980-an (Iswanto *et al.*, 2001), dan saat itu pertimbangan pemilihan klon-klon tetua persilangan belum berdasarkan keunggulan hibrida  $F_1$  hasil uji multilokasi. Klon-klon tetua persilangan dipilih berdasarkan keunggulan sifat dayahasil dan ketahanan penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*) terhadap klon-klon hasil introduksi, dan kemudian terseleksi beberapa klon unggul di antaranya adalah ICS 13, ICS 60, Sca 12, Sca 6, PA 300, PA 310, UIT 1, UF 667, TSH 858, TSH 908, NW 6261, PA 191, dan GC 29 (Hutomo & Suhardjo, 1980). Klon-klon tersebut yang selanjutnya digunakan sebagai tetua kebun benih untuk menghasilkan varietas hibrida dalam rangka pengembangan kakao jenis lindak (*bulk cocoa*). Dalam perkembangannya, klon-

klon tua generasi awal tersebut masih digunakan sebagai acuan untuk pembangunan kebun benih hibrida kakao hingga saat ini. Kondisi permasalahan kakao di lapangan sudah berbeda dengan kondisi saat awal pengembangan tersebut sehingga diperlukan regenerasi jenis hibrida baru yang sesuai dengan kondisi permasalahan kakao saat ini. Permasalahan utama budidaya kakao saat ini adalah serangan hama penggerek buah kakao (PBK) dan penyakit pembuluh kayu (PPK/*VSD-vascular-streak dieback*), dan upaya pengendaliannya diharapkan dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tanam tahan, sekaligus sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil secara simultan.

Program perakitan hibrida kakao kembali dimulai dengan sasaran utama mendapatkan hibrida unggul tahan PPK. Klon-klon tua persilangan dipilih berdasarkan keunggulan sifat dayahasil, ketahanan PPK, dan kompatibilitas persilangan. Respons ketahanan PPK terhadap hibrida hasil persilangan tersebut dilaporkan dalam publikasi lain (Susilo & Anita-Sari, 2011). Tulisan ini bertujuan melaporkan hasil analisis stabilitas dayahasil hibrida-hibrida hasil persilangan tersebut yang ditanam di beberapa lokasi tumbuh dalam rancangan uji multilokasi untuk mengetahui pengaruh interaksi genotipe dan lingkungan terhadap stabilitas keragaan dayahasil. Interaksi genotipe dan lingkungan merupakan perbedaan nilai fenotipe dengan nilai harapan genotipe dan lingkungan (Baker *cit.* Kang, 2002). Genotipe-genotipe tanaman yang mampu beradaptasi secara luas menunjukkan bahwa interaksi genotipe dan lingkungan yang terjadi relatif kecil, dan sebaliknya apabila pengaruh interaksi genotipe dan lingkungan tinggi maka genotipe tanaman hanya akan menunjukkan keunggulan sifat-sifat tertentu pada kondisi lingkungan tertentu

(Sumartono *et al.*, 1992). Secara agonomis stabilitas tanaman terjadi apabila respons genotipe terhadap lingkungan paralel dengan rata-rata respons seluruh genotipe yang diuji (Lin *et al.*, 1986). Analisis stabilitas dayahasil hibrida harapan kakao akan digunakan sebagai dasar dalam pelepasan hibrida unggul kakao sebagai bahan tanam anjuran bagi petani/pekebun.

## BAHAN DAN METODE

Percobaan uji multilokasi hibrida unggul harapan kakao menguji 14 hibrida hasil persilangan antartua klonal terpilih, yaitu TSH 858, KEE 2, KW 162, KW 163, KW 165, ICS 13, dan NIC 7 serta 1 hibrida komersial hasil persilangan terbuka antara ICS 60 dan Sca 12 sebagai kontrol. Kombinasi persilangan antar klon-klon tersebut disusun berdasarkan kompatibilitas persilangan menurut Suhendi *et al.* (2000). Persilangan dilakukan secara terkendali (*hand pollination*) untuk mendapatkan benih materi percobaan kemudian diberi kode hibrida kaliwining (HKW) no seri 1 s.d. 14 (Tabel 1).

### Metode Pengujian

Pengujian dilakukan di 4 lokasi yang mewakili perbedaan kondisi agroklimat kakao, yaitu KP Kaliwining, Jember (rendah-kering), KP Sumber Asin, Malang (menengah-kering), Kebun Jatirono, Banyuwangi (menengah-basah), dan Kebun Kalitepak, Banyuwangi (rendah-basah). Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan 4 blok sebagai ulangan dan setiap plot ditanami 16-24 tanaman pada jarak tanam 3 m x 3 m. Pengelolaan tanaman sesuai standar budidaya kakao menggunakan penangas tetap jenis lamtoro (*Leucaena glauca*), kelapa (*Cocos nucifera*), dan *Gliricidia sepium*.

Pengamatan produksi dilakukan selama 4 tahun masa tanaman berbuah (TM1 s.d. TM4) berdasarkan peubah jumlah buah pada interval waktu 1 bulan berbasis keragaan individu tanaman. Selain itu dilakukan pengamatan nilai buah (*pod value*), yaitu jumlah buah yang diperlukan untuk menghasilkan 1 kg biji kering, dan berat per biji kering, berdasarkan sampel buah yang dipanen pada setiap plot percobaan. Nilai produksi tanaman dihitung berdasarkan nilai rata-rata jumlah buah per pohon dibagi dengan nilai buah tersebut, sedangkan komponen mutu biji yang diamati antara lain berat per biji kering, kadar kulit biji, dan kadar lemak biji. Sampel biji untuk analisis kadar lemak biji diambil dari Kebun Kalitelepak menurut jenis hibrida. Analisis kadar lemak dilakukan di Laboratorium Analisis Mutu Kakao, PT. Mars Symbioscience di Makassar. Metode analisis lemak berdasarkan pembacaan oleh sinar infra merah melalui bantuan alat spektrofotometer (Foss

System II 6500 scanning spectrophotometer, NIR Systems Inc. Silver Springs MD) pada rentang panjang gelombang 400-2500 nm interval 2 nm. Kalibrasi terhadap alat tersebut dilakukan dengan menggunakan prosedur *partial least square regression* yang telah dimodifikasi. Data kadar lemak biji kakao kemudian diklasifikasikan atas kategori tinggi (>55%), sedang (52,3–55%), dan rendah (<52,2%) menurut Khan *et al.* (2008).

### Analisis Data

Analisis interaksi genotipe dan lingkungan terhadap dayahasil hibrida-hibrida materi percobaan dilakukan berdasarkan pendekatan linier menurut Eberhart & Russel (1966) dan interpretasi hasil menurut Finlay & Wilkinson (1963). Tahap awal dilakukan analisis ragam terhadap data peubah produksi berdasarkan kondisi umur tanaman menghasilkan (TM) kemudian dilanjutkan dengan penghitungan

Tabel 1. Kombinasi persilangan untuk mendapatkan hibrida unggul harapan kakao sebagai percobaan uji multilokasi

Table 1. *Bi-parental crosses of the selected cocoa clones for generating promising hybrids at multilocation trial*

Kode hibrida <i>Hybrid code</i>	Kombinasi persilangan <i>Cross combination</i>
HKW 1	TSH 858 x KEE 2
HKW 2	TSH 858 x KW 162
HKW 3	TSH 858 x NIC 7
HKW 4	TSH 858 x ICS 13
HKW 5	KEE 2 x TSH 858
HKW 6	KEE 2 x KW 162
HKW 7	KEE 2 x NIC 7
HKW 8	KEE 2 x ICS 13
HKW 9	KW 162 x KEE 2
HKW 10	KW 162 x TSH 858
HKW 11	KW 162 x NIC 7
HKW 12	KW 162 x ICS 13
HKW 13	KW 163 x KEE 2
HKW 14	KW 165 x KEE 2
Kontrol ( <i>Control</i> )	ICS 60 x Sca 12 persilangan terbuka ( <i>open pollination</i> )

nilai koefisien regresi ( $b_i$ ) dan simpangan regresi ( $S^2_{di}$ ) menurut Eberhart & Russel (1966) dan interpretasi hasil menurut Finlay & Wilkinson (1963). Tahapan analisis tersebut mengikuti metode Singh & Chaudary (1979). Di samping itu untuk membantu interpretasi hasil dibuat grafik komponen utama (*principal component*) pengaruh *genotype-genotype by environment* (GGE) (Yan & Kang, 2003).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Keragaan Dayahasil

Hasil analisis dayahasil percobaan multilokasi hibrida kakao menunjukkan adanya perbedaan nyata nilai rerata produksi antarhibrida (Tabel 2). Hibrida-hibrida hasil persilangan dengan tetua TSH 858, KW 162, dan KEE 2 memiliki rerata produksi lebih tinggi dibandingkan kontrol, yaitu kombinasi TSH 858 x KEE 2 (HKW 1) dan resiproknya (HKW 5), kombinasi TSH 858 x KW 162 (HKW 2) dan resiproknya (HKW 10), serta kombinasi KW 162 x KEE 2 (HKW 6) dan resiproknya (HKW 9). Klon-klon tetua persilangan tersebut diduga memiliki efek dayagabung yang baik untuk sifat dayahasil. Sebelumnya dilaporkan bahwa TSH 858 dan KEE 2 bersifat memiliki kemampuan menyerbuk silang secara umum (*general-cross compatibility*) (Suhendi *et al.*, 2000) sehingga dapat saja ada keterkaitan antara sifat kompatibilitas penyerbukan dengan kemampuan dayagabung secara genetik. Selanjutnya bahasan hasil analisis ini akan lebih difokuskan pada keragaan hibrida-hibrida yang menunjukkan potensi dayahasil tinggi tersebut.

Hasil analisis ragam gabungan peubah produksi biji per pohon diketahui adanya pengaruh nyata interaksi antara hibrida dan

lingkungan. Fenomena serupa juga dilaporkan untuk sifat berbunga dan berbuah awal pada beberapa klon kakao (Suhendi & Susilo, 2001). Dengan adanya pengaruh interaksi genotipe dan lingkungan terhadap keragaan beberapa sifat yang terkait dengan produksi kakao maka perlu menjadi perhatian bagi pemulia sebelum merekomendasikan bahan tanam unggul baru. Berdasarkan parameter stabilitas bahwa ketiga hibrida beserta persilangan resiproknya tersebut memiliki nilai simpangan regresi ( $S^2_{di}$ ) tidak berbeda nyata dengan nol dan nilai koefisien regresi ( $b_i$ ) tidak berbeda nyata dengan satu kecuali HKW 6 yang memiliki koefisien regresi  $> 1$  (Tabel 3). Hasil ini menunjukkan bahwa keragaan dayahasil hibrida-hibrida tersebut bersifat stabil antarlokasi tumbuh dan memiliki adaptabilitas rata-rata di semua lokasi kecuali HKW 6 yang lebih adaptif pada kondisi lingkungan tumbuh optimum. Artinya bahwa interaksi genotipe dan lingkungan yang terjadi lebih bersifat kuantitatif sehingga tidak terjadi perubahan peringkat dayahasil hibrida-hibrida tersebut antar lokasi tumbuh secara nyata. Interaksi genotipe dan lingkungan oleh Yang & Baker (1991) digambarkan sebagai perbedaan inkonsistensi antargenotipe pada lingkungan tumbuh yang berbeda sehingga interaksi yang terjadi dapat bersifat kualitatif (*cross-over interaction*) maupun kuantitatif (*non-cross-over interaction*). Dalam hal ini interaksi bersifat kualitatif apabila terjadi perubahan peringkat genotipe antarlingkungan, sedangkan bersifat kuantitatif apabila adanya heterogenitas perbedaan genotipe antarlingkungan tumbuh tidak disertai oleh perubahan peringkat genotipe tanaman. Dengan demikian maka penanaman hibrida-hibrida tersebut pada kondisi lingkungan tumbuh sebagaimana tercermin oleh tipologi agroklimat lokasi-lokasi percobaan akan menghasilkan produktivitas hasil secara

optimum. Selanjutnya pemilihan hibrida-hibrida tersebut sebagai bahan tanam unggul baru dilakukan berdasarkan pertimbangan tingkat produktivitas hasil serta sifat-sifat penting lainnya, khususnya sifat ketahanan terhadap PPK.

Urutan peringkat produksi ketiga hibrida beserta persilangan resiproknnya tersebut berturut-turut adalah HKW 2 > HKW 6 > HKW 9 > HKW 5 > HKW 1 > HKW 10. HKW 2 yang merupakan hasil persilangan kombinasi TSH 858 x KW 162 menunjukkan produksi tertinggi sebesar

1,99 kg/phn atau hampir sebanding dengan dayahasil klon-klon unggul baru KW 30 dan KW 48, masing-masing sebesar 2,09 dan 2,06 kg/phn (Suhendi *et al.*, 2005) yang dilepas dengan nama ICCRI 03 dan ICCRI 04. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa potensi dayahasil hibrida-hibrida tersebut masih lebih rendah dibandingkan dayahasil klon-klon tetua persilangan. Sebelumnya telah dilaporkan bahwa KW 162 memiliki produksi sebesar 3,25 kg/phn (Susilo *et al.*, 2009) sedangkan TSH 858 merupakan salah satu klon unggul

Tabel 2. Dayahasil (kg/ha) hibrida kakao dan konversi dayahasil dalam satuan hektar hasil evaluasi selama 4 tahun tanaman berbuah

Table 2. Yield (kg/tree) of the tested hybrids and converted in hectare acreage during 4 years of harvest periods

Kode Hibrida <i>Hybrid code</i>	Dayahasil, kg/phn <sup>1)</sup> <i>Yield, kg/tree</i>	Konversi dalam satu ha, kg <i>Converted in one hectare (1100 trees/ha, kg)</i>
HKW 1	1.41 bcd	1,549
HKW 2	1.99 a	2,184
HKW 3	0.98 efg	1,075
HKW 4	0.83 g	910
HKW 5	1.47 bc	1,617
HKW 6	1.71 ab	1,877
HKW 7	0.88 fg	964
HKW 8	1.11 efg	1,226
HKW 9	1.49 bc	1,637
HKW 10	1.36 cd	1,494
HKW 11	0.93 efg	1,027
HKW 12	0.99 efg	1,086
HKW 13	0.89 fg	977
HKW 14	1.18 def	1,294
Kontrol ( <i>Control</i> )	1.25 cde	1,379
Rerata ( <i>Mean</i> )	1.23	
HKW 1/Kontrol ( <i>Control</i> )	112 %	
HKW 2/Kontrol ( <i>Control</i> )	158 %	
HKW 5/Kontrol ( <i>Control</i> )	117 %	
HKW 6/Kontrol ( <i>Control</i> )	136 %	
HKW 9/Kontrol ( <i>Control</i> )	119 %	
HKW 10/Kontrol ( <i>Control</i> )	108 %	

Keterangan (*note*) : <sup>1)</sup> angka dalam kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda duncan taraf 5% (*numbers in the column with same letter are not significantly different by duncan multiple range test at 5% of significant level*).

Tabel 3. Dayahasil (kg/phn) dan peubah stabilitas menurut Eberhart & Russel (1966) dan Finlay & Wilkinson (1963) hasil pengujian multilokasi hibrida kakao di 4 lokasi tumbuh

Table 3. Yield (kg/tree) of the tested hybrids and their stability parameters according to Eberhart & Russel (1966) and Finlay & Wilkinson (1963)

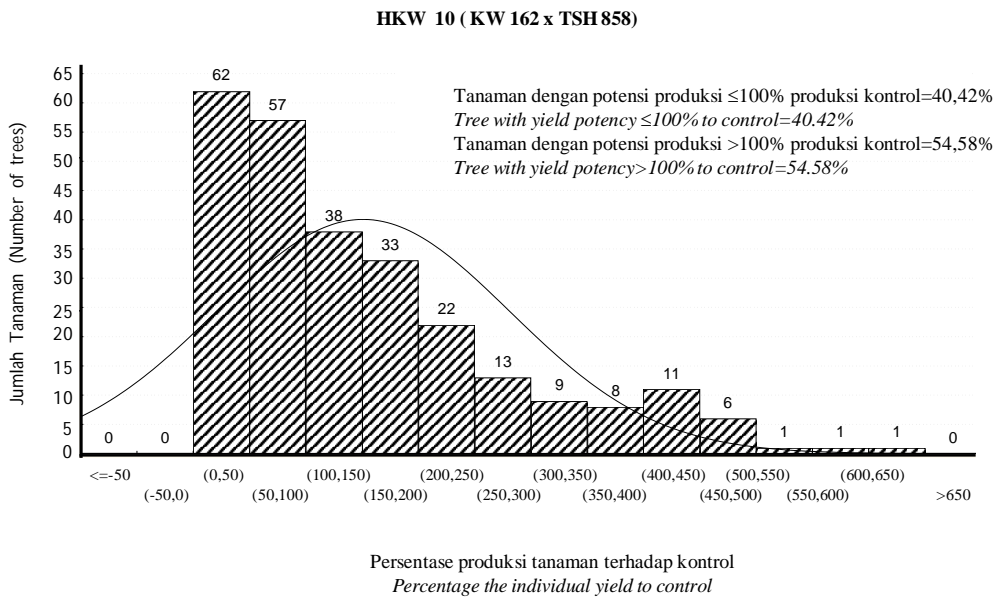
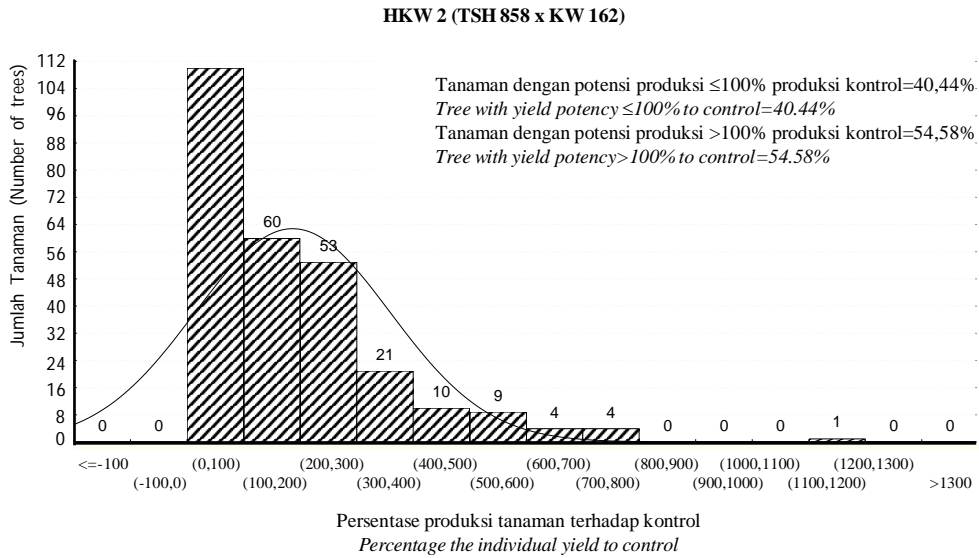
Hibrida <i>Hybrid code</i>	Dayahasil <i>Yield, kg/tree</i>	Simpangan terhadap rerata <i>Deviation to mean (d<sub>iX</sub>)</i>	Koef. regresi <i>Coef. of regression (b<sub>j</sub>)</i>	Simpangan regresi <i>Deviation to regression (S<sup>2</sup><sub>dr</sub>)</i>	Interpretasi stabilitas <i>Interpretation for stability</i>
HKW 1+	1.41	0.18	0.92 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	Stabil ( <i>Stable</i> )
HKW 2+	1.99	0.76	1.82 <sup>ns</sup>	-0.16 <sup>ns</sup>	Stabil ( <i>Stable</i> )
HKW 3	0.98	-0.25	0.54 <sup>*</sup>	-0.33 <sup>ns</sup>	Stabil, adaptif lingk. marginal ( <i>Stable, adaptive to less fav. env.</i> )
HKW 4	0.83	-0.40	0.56 <sup>*</sup>	-0.34 <sup>ns</sup>	Stabil, adaptif lingk. marginal ( <i>Stable, adaptive to less fav. env.</i> )
HKW 5+	1.47	0.24	1.32 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	Stabil ( <i>Stable</i> )
HKW 6+	1.71	0.48	1.70 <sup>*</sup>	-0.34 <sup>ns</sup>	Stabil, adaptif lingk. optimal ( <i>Stable, adaptive to fav. env.</i> )
HKW 7	0.88	-0.35	0.81 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>	Stabil ( <i>Stable</i> )
HKW 8	1.11	-0.12	0.90 <sup>ns</sup>	-0.34 <sup>ns</sup>	Stabil ( <i>Stable</i> )
HKW 9+	1.49	0.26	1.32 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	Stabil ( <i>Stable</i> )
HKW 10+	1.36	0.13	0.93 <sup>ns</sup>	0.31 <sup>ns</sup>	Stabil ( <i>Stable</i> )
HKW 11	0.93	-0.30	0.50 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	Stabil ( <i>Stable</i> )
HKW 12	0.99	-0.24	0.70 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	Stabil ( <i>Stable</i> )

Keterangan (*note*): tanda \*, ns, + menunjukkan masing-masing berbeda nyata, ns tidak berbeda nyata menurut uji Fisher aras 5%, dan + hibrida unggul harapan (*the mark \**, ns, + *indicate significantly different*, <sup>ns</sup> *not significantly different by Fisher test at 5% significant level*, and + *mark of the promising hybrids respectively*).

untuk tetua kebun benih yang menunjukkan produktivitas hasil mencapai >2 ton/ha. Berdasarkan hasil ini maka tidak ditemukan adanya fenomena kejaguran hibrida (*hybrid vigour*) pada hibrida-hibrida materi percobaan tersebut. Thau-Yin Pang & Lockwood (2008) sebelumnya telah mengkaji ulang fenomena kejaguran hibrida pada kakao, dan disimpulkan bahwa kejaguran hibrida kakao sebenarnya merupakan proses epigenetik akibat adanya perbedaan vigor tumbuh antara tanaman tetua dan hibrida. Meskipun demikian berdasarkan sebaran populasi hibrida HKW 2 dan persilangan resiproknya tampak

beberapa genotipe memiliki potensi produksi beberapa kali lebih tinggi dibandingkan kontrol sebagai cerminan adanya kejaguran hibrida pada tingkat individu tanaman (Gambar 1) sebagaimana juga dilaporkan oleh Djocgoue *et al.* (2010).

Hibrida kakao merupakan hasil persilangan antar tetua klonal yang bukan galur murni atau bersifat heterozigot sehingga secara genetik tanamannya beragam. Adanya keragaman genetik tersebut menimbulkan konsekuensi adanya keragaman keragaan sifat-sifat tanaman pada populasi hibrida kakao. Gambar 1



Gambar 1. Distribusi tingkat produksi tanaman yang diperbandingkan dengan kontrol pada populasi HKW 2 (TSH 858 x KW 162) dan persilangan resiproknya HKW 10 (KW 162 x TSH 858).

Figure 1. Distribution of individual performance by comparing their yield to control at HKW 2 (TSH 858 x KW 162) and HKW 10 of the reciprocal (KW 162 x TSH 858).



menunjukkan sebaran tingkat produksi tanaman-tanaman penyusun populasi HKW 2 dan persilangan resiproknya (HKW 10) yang tampak sangat beragam, meskipun proporsi genotipe-genotipe yang memiliki potensi produksi tinggi relatif lebih banyak (> 50%) sebagai cerminan keunggulan sifat dayahasil kedua hibrida tersebut. Tingkat keragaman genetik ini ditentukan oleh seberapa jauh jarak genetik antar klon-klon tetua persilangan yang belum dapat diungkapkan melalui penelitian ini. Sementara ini tingkat keunggulan hibrida ditentukan berdasarkan besaran rerata populasi. Hal ini yang mendasari proses perbaikan genetik kakao dilakukan melalui pendekatan metode seleksi berulang (*recurrent selection*) (Pokou *et al.*, 2009).

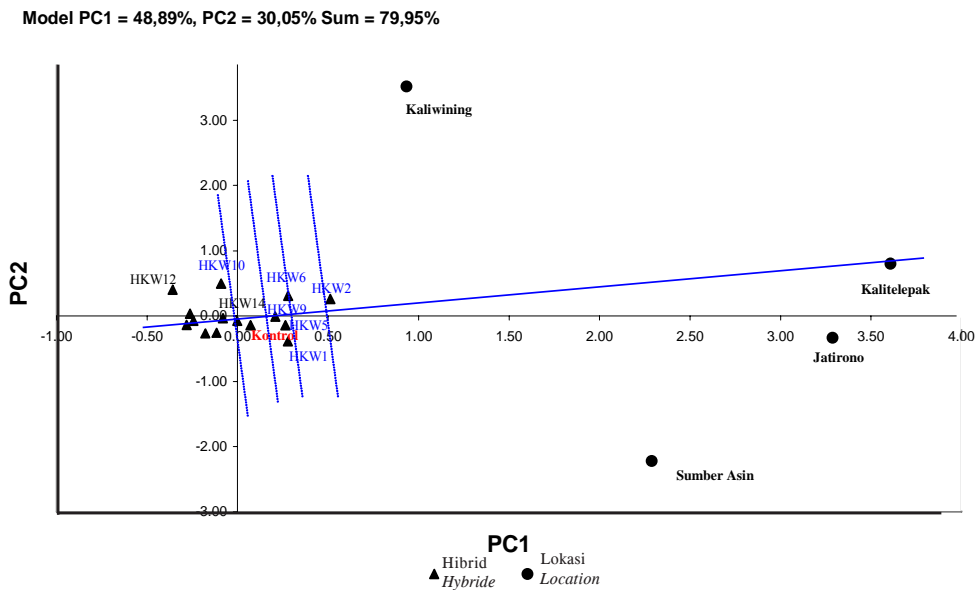
### **Perbedaan antarlokasi tumbuh**

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh nyata perbedaan lokasi percobaan terhadap keragaan produksi hibrida sebagai cerminan adanya pengaruh ragam kondisi lingkungan tumbuh. Berdasarkan lingkungan tumbuh tersebut tampak bahwa kondisi agroklimat seperti Kebun Kalitelepak (rendah-basah) memberikan daya dukung yang terbaik terhadap produksi hibrida, kemudian diikuti berturut-turut oleh lokasi Kebun Jatirono (menengah-basah), KP Kaliwining (rendah-kering), dan KP Sumber Asin (menengah-kering). Grafik GGE (Gambar 2) memberikan ilustrasi mengenai hal tersebut bahwa titik koordinat Kebun Kalitelepak terletak pada nilai PC1 yang besar dan nilai PC2 yang kecil. Perbedaan mendasar antar keempat lokasi tersebut terletak pada faktor ketinggian tempat dan tipe curah hujan. Berdasarkan hasil ini dapat diketahui bahwa faktor curah hujan yang lebih berperan penting dalam mempengaruhi tingkat produksi hibrida-hibrida kakao tersebut,

kemudian diikuti oleh faktor ketinggian tempat. Wibawa & Baon (2008) menyebutkan bahwa curah hujan merupakan faktor iklim terpenting dalam budidaya kakao. Disebutkan bahwa curah hujan yang ideal bagi pertumbuhan kakao berkisar antara 1.500–2.500 mm/tahun. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa rerata produksi di lokasi Kebun Kalitelepak dan Kebun Jatirono yang bertipe iklim basah lebih tinggi dibandingkan rerata produksi di KP Kaliwining dan KP Sumber Asin yang bertipe iklim kering. Hasil ini juga menunjukkan bahwa daerah berketinggian tempat yang rendah (< 100 m dpl.) memberikan dukungan lebih baik terhadap produksi hibrida kakao dibandingkan lokasi berketinggian menengah (400–600 m dpl.). Dalam hal ini tampak bahwa keragaan produksi HKW 2 di Kebun Kalitelepak sebagai lokasi tumbuh yang paling optimum mencapai nilai tertinggi sebesar 3,37 kg/phn (Tabel 4). Data Tabel 4 tersebut juga menunjukkan bahwa peringkat produksi ketiga hibrida beserta persilangan resiproknya secara umum lebih tinggi dibandingkan produksi hibrida-hibrida lainnya di semua lokasi.

### **Keragaan Mutu Biji**

Parameter mutu biji merupakan faktor penting yang diperhatikan dalam perdagangan kakao. Di antara parameter mutu biji terpenting yang terkait dengan genetik tanaman adalah mutu fisik biji dan kadar lemak biji (Biscuit, Cake, Chocolate and Confectionery Alliance (BCCCA) *cit.* Khan *et al.*, 2008). Sifat-sifat fisik yang terkait dengan mutu biji kakao dilaporkan memiliki dayawaris tergolong tinggi (Oyedukun *et al.*, 2011) sebagai cerminan ekspresi genetik tanaman. Hasil analisis menunjukkan adanya variasi nilai peubah mutu biji antarhibrida (Tabel 5). Rerata



Gambar 2. Biplot GGE berdasarkan nilai komponen utama (*principal component*) PC 1 dan PC 2 menunjukkan perbedaan keragaan hasil antarhibrida di lokasi Kebun Kalitelepak sebagai lokasi tumbuh terbaik.

Figure 2. Biplot of GGE based on principal component values (PC) 1 and 2 performing yield range of promising hybrids in Kalitelepak as the most favorable environment.

berat per biji kering bervariasi pada kisaran 0,86 (kualifikasi mutu C) – 1,21 g (kualifikasi mutu A), sedangkan potensi kandungan lemak biji bervariasi antara 50,6 (rendah) hingga 56,0 % (tinggi). Ketiga hibrida beserta persilangan resiproknya tersebut tampak memiliki potensi mutu biji yang juga beragam. Di antara ketiga hibrida tersebut hanya HKW 2 beserta persilangan resiproknya (HKW 10) yang memiliki potensi mutu fisik biji termasuk kualifikasi mutu A, yaitu berat per biji kering > 1 g sedangkan berdasarkan kandungan lemak biji tampak hanya HKW 1 yang memiliki potensi kandungan lemak tertinggi (56,0%) sedangkan HKW 2 memiliki potensi kandungan lemak kategori sedang (54,3%) meskipun nilai tersebut sudah hampir mendekati kategori tinggi. Hasil analisis ini selanjutnya akan

digunakan sebagai acuan dalam penentuan jenis hibrida yang layak direkomendasikan sebagai bahan tanam unggul di antara ketiga hibrida unggul tersebut di atas.

Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa HKW 2 yang merupakan kombinasi persilangan TSH 858 dan KW 162 menunjukkan potensi keunggulan sebagai bahan tanam unggul kakao. Sebelumnya telah dilaporkan bahwa kombinasi persilangan TSH 858 x KW 162 beserta persilangan resiproknya bersifat tahan terhadap serangan PPK di lapangan (Susilo & Anita-Sari, 2011). Oleh karena itu HKW 2 layak direkomendasikan sebagai bahan tanam unggul kakao dengan spesifikasi keunggulan yakni memiliki sifat ketahanan terhadap penyakit PPK. Hibrida HKW 2 telah dilepas sebagai hibrida unggul tahan PPK dengan nama ICCRI 06

Tabel 4. Dayahasil (kg/phn/thn) dan konversi dayahasil per hektar (angka dalam kurung) hibrida harapan kakao hasil pengujian di 4 lokasi tumbuh selama 4 tahun masa tanaman berbuah

Table 4. Yield (kg/tree/yr) and converted in hectare (number in the bracket) of the tested hybrids in 4 locations during 4 years of harvest

Hibrida <i>Hybrid code</i>	Lokasi Percobaan <sup>1)</sup> ( <i>Trial location</i> )				Rerata Hibrida <i>Hybrid mean</i>
	KP	KP	Kebun	Kebun	
	Kaliwining	Sumber Asin	Jatirono	Kalitelepak	
HKW 1+	0.93 (1025)	0.81 (889)	1.67 (1835)	2.22 (2446)	1.41 (1549)+
HKW 2+	1.97 (2171)	0.50 (545)	2.10 (2306)	3.37 (3712)	1.99 (2183)+
HKW 3	0.89 (982)	0.53 (581)	1.26 (1382)	1.23 (1354)	0.98 (1075)
HKW 4	0.85 (929)	0.34 (374)	0.99 (1085)	1.13 (1248)	0.83 (909)
HKW 5+	0.99 (1093)	0.43 (474)	2.40 (2636)	2.06 (2264)	1.47 (1617)+
HKW 6+	1.74 (1915)	0.24 (261)	2.16 (2379)	2.68 (2953)	1.71 (1877)+
HKW 7	0.43 (468)	0.30 (335)	1.45 (1591)	1.33 (1462)	0.88 (964)
HKW 8	1.09 (1202)	0.33 (364)	1.48 (1629)	1.55 (1707)	1.11 (1225)
HKW 9+	1.27 (1398)	0.48 (533)	1.62 (1778)	2.58 (2837)	1.49 (1636)+
HKW 10+	2.34 (2569)	0.24 (259)	1.25 (1379)	1.61 (1768)	1.36 (1494)+
HKW 11	1.35 (1484)	0.33 (368)	1.10 (1209)	0.95 (1048)	0.93 (1027)
HKW 12	1.86 (2047)	0.11 (117)	0.80 (881)	1.18 (1300)	0.99 (1086)
HKW 13	0.60 (660)	0.13 (142)	1.31 (1438)	1.51 (1665)	0.89 (976)
HKW 14	0.97 (1072)	0.28 (312)	2.03 (2230)	1.42 (1560)	1.18 (1293)
Kontrol ( <i>Control</i> )	1.06 (1161)	0.50 (551)	1.57 (1727)	1.89 (2074)	1.25 (1378)
Rerata Lokasi <i>Location mean</i>	1.22 (1345)	0.37 (407)	1.54 (1699)	1.78 (1960)	

\*) Keterangan (*note*) : + hibrida unggul harapan (+ *the promising hybrids*).

Tabel 5. Rerata komponen mutu biji beberapa hibrida unggul harapan kakao

Table 5. Mean of bean quality of the promising cocoa hybrids

Hibrida <i>Hybrid code</i>	Nilai buah <i>Pod value</i>	Berat per biji kering, g <sup>1)</sup> <i>Weight a dry bean</i>	Kadar kulit biji, % <i>Shell content, %</i>	Kadar lemak biji, % <i>Fat content, %</i>
HKW 1+	32.05±3.94 <sup>2)</sup>	0.97±0.06	15.2±0.04	56.0 (tinggi)
HKW 2+	25.76±3.49	1.07±0.09	11.6±0.05	54.3 (sedang)
HKW 3	28.02±8.40	1.22±0.07	13.6±0.05	53.5 (sedang)
HKW 4	29.40±3.92	1.04±0.13	17.4±0.02	53.8 (sedang)
HKW 5+	29.90±6.63	0.93±0.10	15.2±0.06	54.4 (sedang)
HKW 6+	30.51±10.12	0.93±0.21	13.3±0.03	54.1 (sedang)
HKW 7	31.24±6.94	1.04±0.11	7.7±0.07	54.5 (sedang)
HKW 8	32.56±7.23	1.04±0.19	11.3±0.04	54.0 (sedang)
HKW 9+	28.90±5.37	1.04±0.14	13.2±0.05	54.8 (sedang)
HKW 10+	27.74±6.13	1.01±0.16	12.6±0.04	50.6 (rendah)
HKW 11	28.22±5.07	1.08±0.12	11.5±0.11	53.0 (sedang)
HKW 12	28.03±6.39	1.21±0.25	18.6±0.04	54.6 (sedang)
HKW 13	35.02±5.68	0.86±0.16	8.8±0.08	53.2 (sedang)
HKW 14	31.71±5.37	0.94±0.12	12.9±0.02	54.3 (sedang)
Kontrol ( <i>Control</i> )	31.26±3.08	0.96±0.17	18.9±0.03	50.6 (rendah)

Keterangan (*note*) : <sup>1)</sup> Klasifikasi mutu fisik biji menurut Standar Nasional (SNI) adalah AA (maksimum 85 biji per 100 g atau 1,17 g per biji per 100 g) atau 1,17 g per biji, A (86-100 biji per 100 g) atau 1,16-1,0 g per biji kering, B (101-110 biji per 100 g) atau 0,99-0,90 g per biji, C (111-120 biji per 100 g) atau 0,90-0,83 g per biji kering, dan S (> 120 biji per 100 g) atau <0,83 g per biji kering) (*Classification for bean quality according to Indonesian National Standard are AA (max. 85 bean per 100 g) or 1.17 g per dry bean, A (86-100 bean per 100 g) or 1.16-1.0 g per dry bean, B (101-110 bean per 100 g) or 0.99-0.90 g per dry bean, C (111-120 bean per 100 g) or 0.90-0.83 g per dry bean and S (> 120 bean per 100 g) or <0.83 g dry bean.* <sup>2)</sup> Standar deviasi rerata antarlokasi (*Standard deviation of means amon locations*). + Hibrida unggul harapan (+ *mark of the promosing hybrids*).

berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 3682/Kpts/SR.120/11/2010. Produksi bahan tanam hibrida ICCRI 06H dilakukan melalui pembangunan kebun benih dengan komposisi tetua klon TSH 858 dan KW 162 (perbandingan 2 : 1) atau melalui perbanyakan secara klonal tanaman-tanaman penyusun populasi HKW 2 hasil percobaan tersebut yang selanjutnya disebut hibrida klonal. Dalam produksi benih ICCRI 06H ini tidak perlu memilahkan antara benih yang berasal dari induk betina dengan benih yang berasal dari induk jantan karena persilangan resiproknya memiliki potensi keunggulan yang relatif sama.

## KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan hasil penelitian sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh nyata interaksi genotipe dan lingkungan terhadap keragaan produksi hibrida kakao. Terdapat tiga hibrida beserta persilangan resiproknya yang memiliki rerata produksi lebih tinggi dibandingkan kontrol, yaitu hibrida TSH 858 x KW 162, TSH 858 x KEE 2, dan KW 162 x KEE 2. Keragaan hibrida-hibrida tersebut stabil antarlokasi tumbuh dan memiliki adaptabilitas rata-rata di semua lokasi tumbuh kecuali hibrida KEE 2 x KW 162 yang lebih adaptif pada lingkungan tumbuh optimal.
2. Lokasi tumbuh dengan kondisi tipe iklim basah memberikan pengaruh lebih baik terhadap keragaan produksi hibrida dibandingkan lokasi yang bertipe iklim kering, demikian juga dengan lokasi berketinggian tempat rendah memberikan pengaruh yang lebih baik

dibandingkan lokasi berketinggian tempat menengah.

3. Berdasarkan pertimbangan tingkat produktivitas hasil, mutu biji serta didukung informasi sifat ketahanan PPK maka hibrida TSH 858 x KW 162 telah direkomendasikan sebagai varietas unggul baru dengan nama ICCRI 06H. Karakteristik ICCRI 06H memiliki potensi dayahasil 1,99 kg/phn, berat per biji kering 1,07 g, dan kadar lemak biji 54,3%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Djougoue, P.F.; C. Simo; H.D. Mbouobda; T. Boudjeko; D.J. Nankeu & N.D. Omokolo (2010). Assessment and heritability of productivity and tolerance level to *Phytophthora megakarya* in two hybrid populations of *Theobroma cacao*. *Journal of Plant Pathology*, 92, 607–617.
- Eberhart, S.A. & W.A. Russell (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36–40.
- Eskes, A.B. (2006). Rationale of the selection and breeding approaches adopted in the CFC/ICCO/IPGRI project. p. 23–27. In: A.B. Eskes & Y. Efron (Eds.) Final report of the CFC/ICCO/IPGRI project on “Cocoa Germplasm Utilization and Conservation: a Global Approach” (1998-2004). CFC, Amsterdam, The Netherlands/ICCO, London, UK/IPGRI, Rome, Italy.
- Finlay, K.W. & G.N. Wilkinson (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14, 742–754.
- Hutomo, T. & Suhardjo (1980). Program pemuliaan tanaman coklat bulk di Sumatera Utara. *Kumpulan Makalah Konferensi Cokelat Nasional*, Medan, 16–18 September 1980. Vol. I; 56–65.

- Iswanto, A.; D. Suhendi & A.W. Susilo (2001). Hasil seleksi dan persilangan genotipe penghasil biji kakao lindak dan mulia. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 17, 46–60.
- Kang, M.S. (2002). Genotype-environment interaction: progress and prospects. p. 221–244. In: M.J. Kang (Ed.). *Quantitative Genetics, Genomic and Plant Breeding*. CAB International, UK & USA.
- Khan, N.; L.A. Motilal; D.A. Sukha; F.L. Bekele; A.D. Iwaro; G.G. Bidaisee; P. Umaharan; L.H. Grierson & D. Zhang (2008). Variability of butterfat content in cacao (*Theobroma cacao* L.): combination and correlation with other seed-derived traits at the International Cocoa Genebank, Trinidad. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*; 1–12.
- Lin, C.S.; M.R. Binns & L.P. Lefkovich (1986). Stability analysis: Where do we stand?. *Crop Science*, 26, 894–899.
- Oyedokun, A.V.; A.A. Omoloye; B.D. Adewale; O.O. Adeigbe; O.O. Adenuga & P.O. Aikpokpodion (2011). Phenotypic variability and diversity analysis of bean traits of some cocoa hybrids in Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Science*, 3, 127–131.
- Pokoe, N.D.; J.A.K.N. Goran; PH. Lachenaud; A.B. Eskes; J.C. Motamayor; R. Schnell; M. Koles-nikoa-Allen; D. Clément & A. Sangare (2009). Recurrent selection of cocoa populations in Cote d'Ivoire: comparative genetic diversity between the first and second cycles. *Plant Breeding*, 128, 514–520.
- Singh, R.K. & B.D. Chaudhary (1979). *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publishers, New Delhi.
- Suhendi, D.; A.W. Susilo & S. Mawardi (2000). Kompatibilitas persilangan beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 16, 85–91.
- Suhendi, D. & A.W. Susilo (2001). Analisis interaksi genotipe dan lingkungan terhadap pembungaan dan pembuahan awal tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 17, 41–48.
- Suhendi, D.; S. Mawardi & H. Winarno (2005). Daya hasil dan daya adaptasi beberapa klon harapan kakao lindak. *Pelita Perkebunan*, 21, 1–11.
- Sumartono; Nasrullah & H. Hartiko (1992). *Genetika Kuantitatif dan Bioteknologi Tanaman*. PAU-Bioteknologi UGM. 374 p.
- Susilo, A.W.; W. Mangoendidjojo; Witjacksono; E. Sulistyowaty & S. Mawardi (2009). Respons ketahanan beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap hama penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.). *Pelita Perkebunan*, 25, 161–173.
- Susilo, A.W. & I. Anita-sari (2011). Respons beberapa hibrida kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap serangan penyakit pembuluh kayu (*vascular-streak die-back*). *Pelita Perkebunan*, 27, 77–87.
- Thau-Yin Pang, T. & G. Loc kwood (2008). A re-interpretation of hybrid vigour in cocoa. *Experimental Agriculture*, 44, 329–338.
- Yang, R.C. & R.J. Baker (1991). Genotype-environment interactions in two wheat crosses. *Crop Science*, 31, 83–87.
- Wibawa, A. & J.B. Baon (2008). Kesesuaian lahan. p. 63–67. In: T. Wahyudi, T.R. Panggabean & Pujiyanto (Eds.). *Panduan Lengkap Kakao: Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- \*\*\*\*\*