

Daya Gabungan Umum Induk Jantan *Pisifera* Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Berdasarkan Prestasi Progeni *dura* × *pisifera*

(General Combining Ability of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Pisifera Male Parent Based on Performance of *dura* × *pisifera* Progenies)

FADILA AHMAD MALIKE^{1*}, NORAZIYAH ABD AZIZ SHAMSUDIN², MARHALIL MARJUNI¹ & ZULKIFLI YAAKUB¹

¹Pusat Kemajuan Bioteknologi dan Biakbaka, Lembaga Minyak Sawit Malaysia, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia

²Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

Diserahkan: 24 September 2023/Diterima: 22 Januari 2026

ABSTRAK

Daya gabungan umum (GCA) memberikan maklumat penting dalam pembiakbakaan tumbuhan dan ia digunakan untuk memilih induk jantan *pisifera* kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) bagi pengeluaran biji benih *dura* × *pisifera* (D×P) komersial. Penyelidikan ini dijalankan untuk memilih induk jantan *pisifera* terbaik sebagai sumber debunga baharu berdasarkan 38 progeni D×P yang ditanam di Stesen Penyelidikan MPOB Hulu Paka, Terengganu, Malaysia. Rekod hasil tandan (tahun 2014-2017), komponen kualiti tandan (tahun 2011-2018) dan pengukuran vegetatif (tahun 2015) dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA), diikuti dengan perbandingan antara min induk jantan *pisifera* dan analisis GCA. Hasil ANOVA menunjukkan perbezaan yang sangat bererti untuk kebanyakan ciri menandakan kebolehubahan genetik yang luas dalam kalangan induk jantan *pisifera*. Berdasarkan perbandingan antara induk jantan *pisifera*, dua *pisifera* MPOB-Nigeria, iaitu P6 (0.337/552) dan P4 (0.337/147), mencatatkan hasil tandan buah segar (FFB>200 kg setiap pokok setahun), hasil minyak (OY>60 kg setiap pokok setahun) dan jumlah produk ekonomi (TEP>64 kg setiap pokok setahun) tertinggi. Kedua-dua induk jantan *pisifera* ini juga dikenal pasti mempunyai nilai GCA yang baik untuk ciri tersebut dengan penggunaan P6 dan P4 berpotensi meningkatkan FFB sekurang-kurangnya 12 kg setiap pokok setahun, OY sekurang-kurangnya 8 kg setiap pokok setahun dan TEP sekurang-kurangnya 7 kg setiap pokok setahun. Oleh itu, P6 dan P4 boleh dipilih sebagai sumber debunga baharu untuk pengeluaran bahan tanaman D×P komersial, yang berpotensi meningkatkan hasil minyak sawit negara.

Kata kunci: Daya gabungan umum; germplasma; hasil minyak; induk jantan *pisifera*; sumber debunga

ABSTRACT

General combining ability (GCA) is an important tool in plant breeding, where it is used to select *pisifera* male parents in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) for commercial *dura* × *pisifera* (D×P) seed production. This study was conducted to select the best *pisifera* male parents as new pollen sources based on their 38 D×P progenies planted at the MPOB Research Station Hulu Paka, Terengganu, Malaysia. Bunch yield recording (year 2014-2017), bunch quality components (year 2011-2018), and vegetative measurements (year 2015) were analysed using analysis of variance (ANOVA), followed by comparisons between *pisifera* male parent means and GCA. Analysis of variance (ANOVA) showed highly significant differences for most of the traits, indicating wide genetic variability among the *pisifera* male parents. Based on the *pisifera* male parent means comparison, two MPOB-Nigeria *pisiferas*, namely P6 (palm 0.337/552) and P4 (palm 0.337/147), recorded the highest fresh fruit bunch yield (FFB>200 kg per palm per year), oil yield (OY>60 kg per palm per year), and total economic product (TEP>64 kg per palm per year). Both *pisifera* male parents were also identified as having good GCA for these traits, where the use of P6 and P4 palms can potentially increase the FFB by at least 12 kg per palm per year, OY by at least 8 kg per palm per year, and TEP by at least 7 kg per palm per year. Therefore, P6 and P4 palms can be selected as the new pollen sources for production of commercial D×P planting materials, which can potentially increase the national oil palm yield.

Keywords: General combining ability; germplasm; oil yield; *pisifera* male parent; pollen source

PENGENALAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan penyumbang utama kepada Keluaran Dalam Negara

Kasar (KDNK) bagi sektor pertanian pada tahun 2021 iaitu sebanyak 35.2% diikuti oleh pertanian lain (29.3%), ternakan (16.7%), perikanan (11.3%), perhutanan dan

pembalakan (5.2%) serta getah (2.3%) (Jabatan Perangkaan Malaysia 2022). Keluasan kawasan penanaman kelapa sawit di Malaysia mencapai 5.74 juta hektar pada tahun 2021 berbanding 54,000 hektar pada tahun 1960 (MPOB 2022) dan ini menunjukkan kepentingan industri kelapa sawit kepada ekonomi negara serta kehidupan rakyat Malaysia. Selain itu, permintaan global bagi minyak sayuran dijangka meningkat sehingga 240 juta tan pada tahun 2050 dengan peningkatan populasi penduduk dunia (Barcelos et al. 2015). Sebagai tanaman minyak dengan produktiviti tertinggi berbanding tanaman minyak sayuran yang lain, industri kelapa sawit di seluruh dunia adalah mencukupi untuk memenuhi permintaan global semasa.

Bahan tanaman kelapa sawit komersial adalah jenis *tenera* iaitu hibrid *dura* × *pisifera* (D×P) yang menghasilkan kadar perahan minyak (OER) yang lebih tinggi berbanding jenis *dura* disebabkan nisbah mesokarpa setiap buah (M/F) yang tinggi. Justeru, pengeluaran biji benih D×P komersial adalah bergantung kepada kedua-dua populasi *dura* dan *pisifera* dengan skim pembiakbakaan kelapa sawit secara umumnya direka bentuk untuk membangunkan kedua-dua populasi tersebut. *Dura* Deli merupakan populasi terbaik yang digunakan hampir secara eksklusif sebagai induk betina dalam program pembiakbakaan dan pengeluaran biji benih kelapa sawit (Hartley 1988; Rajanaidu et al. 2000). Induk betina *dura* Deli ini berasal daripada empat anak pokok *dura* yang ditanam di Kebun Raya Bogor, Indonesia pada tahun 1848 dan seterusnya melalui pemilihan awal di Deli, Sumatra. Sementara itu, program pembiakbakaan dan pengeluaran biji benih kelapa sawit utama di Malaysia adalah berdasarkan *pisifera* AVROS sebagai induk jantan. Induk jantan *pisifera* AVROS ini pula berasal daripada pokok *pisifera* 'Djongo' di Taman Botani Eala, Zaire yang kemudiannya ditanam di Sungai Pancur, Sumatra oleh *Algemene Vereniging van Rubberplanters ter Oostkust van Sumatra* (AVROS). *Pisifera* AVROS telah diedar dan diuji secara meluas di dalam negara dan ia dilaporkan mempunyai daya gabungan umum (GCA) yang baik dengan *dura* Deli (Kushairi, Mohd Din & Rajanaidu 2011). *Dura* Deli × *pisifera* AVROS (D×P) telah menjadi bahan tanaman komersial lazim di Malaysia dan seluruh dunia bermula akhir tahun 1959 (Kushairi et al. 1999).

Memandangkan *dura* Deli dan *pisifera* AVROS berasal daripada sumber induk yang terhad, terdapat beberapa laporan yang menyatakan bahawa bahan tanaman kelapa sawit di Malaysia mempunyai asas genetik yang sempit (Fadila et al. 2019; Kushairi, Mohd Din & Rajanaidu 2011). Asas genetik yang sempit ini seterusnya menjadi faktor penghad kepada penambahbaikan hasil tanaman kelapa sawit di Malaysia. Prestasi progeni *dura* Deli × *pisifera* AVROS juga telah dikaji secara meluas dengan Noh et al. (2010) mendapati kekurangan kebolehubahan genetik bagi beberapa ciri yang boleh menjadi penghalang kepada pemilihan dan pembiakbakaan pada masa hadapan. Justeru, terdapat keperluan untuk

meluaskan takungan gen bahan tanaman kelapa sawit negara iaitu dengan menggabungkan gen baharu dari pusat asalnya di Afrika dengan populasi sedia ada di Malaysia.

Bagi meluaskan takungan gen bahan tanaman kelapa sawit negara, Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI) yang menguruskan bahan biakbaka sawit Jabatan Pertanian Malaysia (DOA) sebelum dipindahkan kepada Institut Penyelidikan Minyak Sawit Malaysia (PORIM) (yang kini dikenali sebagai Lembaga Minyak Sawit Malaysia, MPOB), telah menjalankan beberapa siri ekspedisi di Afrika dan Amerika Latin dari tahun 1973 hingga 2010 untuk menambah koleksi germplasma tanaman sawit (Rajanaidu 1994; Rajanaidu & Rao 1988; Rajanaidu, Kushairi & Mohd Din 2017). Prospek pertama dijalankan di Nigeria dengan kerjasama Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR). Bahan germplasma dari Afrika dan Amerika Latin ini kemudiannya ditanam di Stesen Penyelidikan MPOB Kluang, Johor selain diedarkan kepada industri sawit seperti Lembaga Kemajuan Tanah Persekutuan (FELDA) yang kini dikenali sebagai Felda Global Ventures, United Plantations Berhad, Highlands Research Unit, Golden Hope dan Eastern Plantation Agencies. Ia bertujuan untuk menilai prestasi dan mengenal pasti individu yang berpotensi dijadikan induk dalam program pembiakbakaan tanaman sawit melalui penggabungan atau kacukan dengan populasi biakbaka semasa dalam usaha meluaskan takungan genetik populasi *dura* Deli dan *tenera/pisifera* sedia ada.

Pengenalpastian dan penggabungan dua atau lebih induk terbaik adalah penting bagi memaksimumkan variasi ciri yang diingini dalam populasi progeni. Sejak daya gabungan diperkenalkan pada tahun 1942, ia telah digunakan secara meluas dalam pembiakbakaan tanaman untuk membandingkan prestasi titisan biakbaka daripada kacukan induk terpilih (Fasahat et al. 2016). Pengetahuan mengenai daya gabungan telah digunakan dalam kajian pelbagai jenis tanaman termasuklah bijirin dan kacang, menunjukkan bahawa ia merupakan asas yang penting dalam program pembiakbakaan. Fasahat et al. (2016) menerangkan penggunaan utama daya gabungan dalam pembiakbakaan tanaman dengan penekanan diberikan kepada empat kumpulan ciri penting iaitu hasil dan komponen hasil, nilai pemakanan, ciri antioksidan serta ketahanan terhadap perosak. Salah satu jenis daya gabungan ialah daya gabungan umum (GCA) dan ia mengukur aktiviti gen aditif yang berkait dengan purata prestasi genotip dalam satu siri gabungan hibrid. Selain memahami kawalan genetik ciri utama, pemilihan induk berdasarkan GCA juga dapat meningkatkan kejayaan sesuatu program pembiakbakaan (Nadarajan & Gunasekaran 2005; Sleper & Poehlman 2006). Induk *pisifera* dianggap mempunyai nilai GCA yang baik sekiranya purata prestasi induk *pisifera* tersebut adalah tinggi apabila dikacukkan dengan beberapa *dura*.

Oleh yang demikian, kajian GCA tanaman kelapa sawit banyak tertumpu kepada pemilihan induk jantan *pisifera* AVROS terbaik seperti yang dilaporkan oleh Musa (2004) dan Noh et al. (2012). Sementara itu, Breure (2010) telah mengenal pasti beberapa induk jantan *pisifera* Nigeria unggul bagi menghasilkan bahan tanaman *tenera* yang sesuai untuk penanaman berkepadatan tinggi berdasarkan gabungan nilai GCA yang tinggi bagi hasil tandan dan nilai GCA yang rendah bagi keluasan maksimum daun. Arolu et al. (2016) turut menggunakan GCA dalam mengenal pasti induk jantan *pisifera* Nigeria yang berpotensi sebagai sumber debunga bagi pengeluaran bahan tanaman D×P komersial yang berhasil tinggi dan berciri renek. Selain *pisifera* Nigeria, nilai GCA juga telah dianggar bagi 15 induk jantan *pisifera* Ghana dalam pemilihan induk yang memberi peningkatan hasil dalam penanaman kelapa sawit dengan kepadatan yang optimum (Breure & Siregar 2020). Kajian ini memfokuskan kepada penilaian GCA untuk ciri hasil dan komponen hasil, komponen kualiti tandan dan vegetatif bagi 11 induk jantan *pisifera* dari tiga kumpulan iaitu AVROS, MPOB-Nigeria dan hibrid (MPOB-Nigeria × United Plantations Berhad) berdasarkan prestasi 38 progeni D×P untuk mengenal pasti induk jantan *pisifera* terbaik sebagai sumber debunga baharu bagi pengeluaran bahan tanaman D×P komersial.

BAHAN DAN KAEDAH

Sejumlah 38 progeni D×P daripada kacukan *dura* Deli × *pisifera* AVROS, *dura* Deli × *pisifera* MPOB-Nigeria dan *dura* Deli × *pisifera* hibrid (MPOB-Nigeria × United Plantations Berhad) telah ditanam di Plot Percubaan 0.491, Stesen Penyelidikan MPOB Hulu Paka pada tahun 2007. *Dura* Deli yang digunakan sebagai induk betina berasal dari *Sabah Breeding Programme* (SBP) yang melibatkan beberapa sub-populasi seperti Banting, Highlands Estate, Elmina, Johor Labis dan Ulu Remis. Induk betina *dura* Deli dipilih daripada generasi keempat dalam program pembiakbakaan *dura* MPOB berdasarkan kaedah pemilihan prestasi famili dan individu (FIPS). Sementara itu, *pisifera* hibrid (MPOB-Nigeria × United Plantations Berhad) sebagai induk jantan (P1–P3) adalah daripada program kacukan kerjasama dengan industri yang dikenali sebagai BK20 (Program Kacukan United Plantations Berhad). *Pisifera* MPOB-Nigeria (P4–P7) pula merupakan generasi kedua daripada koleksi germplasma sawit di Nigeria yang kini diurus oleh MPOB. Manakala *pisifera* AVROS (P8–P11) merupakan keturunan BM 119 (AV:1107, 10/119) dari Oil Palm Research Station (OPRS) Banting. Jenis buah setiap induk betina *dura* dan induk jantan *pisifera* dipastikan melalui keratan rentas buah sebelum kerja kacukan *dura* × *pisifera* (D×P) dijalankan. Progeni D×P ini ditanam dengan menggunakan Reka Bentuk Blok Lengkap Rawak (RCBD) dengan tiga replikasi.

Rekod hasil tandan bermula pada tahun 2010 dengan berat tandan (BWT) dan bilangan tandan (BNO) direkodkan bagi setiap pokok uji kaji. Hasil FFB adalah jumlah BWT, BNO adalah jumlah keseluruhan tandan manakala purata berat tandan (ABW) adalah hasil bahagi antara FFB dan BNO. Rekod hasil tandan diringkaskan dalam tempoh dua belas bulan, antara Januari dan Disember untuk setiap tahun. Purata rekod hasil tandan selama empat tahun berturutan (2014–2017) digunakan untuk analisis data. Selain itu, dua hingga lima tandan daripada setiap pokok uji kaji diambil dari tahun 2011 hingga 2018 untuk penentuan komponen kualiti tandan dengan menggunakan kaedah analisis tandan oleh Blaak, Sparnaaij dan Menendez (1963) yang telah diubah suai oleh Rao et al. (1983). Pengenalpastian jenis buah dilakukan bagi setiap tandan sebelum kerja analisis tandan dijalankan iaitu dengan membuat keratan rentas buah. Hanya jenis buah *tenera* yang mempunyai tempurung nipis (ketebalan antara 0.5 mm hingga 4.0 mm) dengan kehadiran cincin serabut sahaja yang dianalisis. Sementara itu, satu pusingan pengukuran vegetatif bagi setiap pokok uji kaji menggunakan kaedah tidak musnah Corley dan Breure (1981) telah dijalankan pada tahun 2015.

Semua data untuk ciri hasil dan komponen hasil, komponen kualiti tandan dan vegetatif dianalisis berdasarkan setiap pokok individu. Analisis varians (ANOVA) untuk semua ciri dilakukan menggunakan perisian analisis statistik (SAS 9.4). Statistik mudah seperti min dan ralat piawai juga ditentukan bagi setiap ciri. Selain itu, perbandingan min progeni D×P berdasarkan induk jantan *pisifera* dijalankan menggunakan Perbezaan Bererti Terkecil (LSD) Fisher pada tahap kebarangkalian 5%. Nilai GCA induk jantan *pisifera* pula dianggar menggunakan kaedah yang diperkenalkan oleh Kempthorne (1957) seperti berikut:

$$G_i = X_i / n_1 - X_{...} / n_2$$

dengan G_i adalah nilai GCA untuk induk jantan *pisifera* i ; X_i adalah jumlah nilai induk jantan *pisifera* i ; $X_{...}$ adalah jumlah besar; dan n_1 dan n_2 masing-masing adalah bilangan cerapan n_1 dan n_2 .

HASIL DAN PERBINCANGAN

HASIL DAN KOMPONEN HASIL

ANOVA untuk hasil dan komponen hasil adalah seperti pada Jadual 1. Sumber kumpulan induk jantan *pisifera* (p) dan progeni dalam kumpulan induk jantan *pisifera* (f/p) menunjukkan perbezaan yang sangat bererti untuk ciri FFB, BNO dan ABW. Keputusan kajian ini mencadangkan bahawa kebolehubahan genetik yang luas bagi ciri FFB, BNO dan ABW adalah disumbangkan oleh kumpulan induk jantan *pisifera*

dan juga induk betina *dura* yang terlibat dalam kacukan D×P tersebut. Sementara itu, sumber interaksi kumpulan induk jantan *pisifera* × replikasi (p×r) pula adalah sangat bererti untuk FFB, bererti untuk BNO dan tidak bererti untuk ABW. Perbezaan yang sangat bererti pula dikesan bagi sumber interaksi antara progeni dalam kumpulan induk jantan *pisifera* dengan replikasi (f/p×r) dan prestasi progeni untuk ketiga-tiga ciri tersebut adalah tidak tekak merentasi replikasi.

Prestasi hasil dan komponen hasil bagi progeni D×P berdasarkan induk jantan *pisifera* adalah seperti pada Jadual 2. Min plot percubaan FFB, BNO dan ABW bagi 11 induk jantan *pisifera* masing-masing adalah 188.78 kg setiap pokok setahun, 12.69 tandan setiap pokok setahun dan 15.44 kg. Antara 11 induk jantan *pisifera* tersebut, induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria P6 merekodkan min FFB tertinggi iaitu sebanyak 206.29 kg setiap pokok setahun atau kira-kira 9% melebihi min plot percubaan. Selain P6, ciri FFB turut diungguli oleh satu lagi induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria iaitu P4 (201.12 kg setiap pokok setahun) serta induk jantan *pisifera* hibrid (MPOB-Nigeria × United Plantations Berhad) iaitu P1 (199.66 kg setiap pokok setahun). Ini menunjukkan potensi P6, P4 dan P1 sebagai sumber debunga bagi pengeluaran bahan tanaman baharu yang berhasil tinggi. Hasil FFB P6 yang tinggi adalah disebabkan oleh BNO (16.71 tandan setiap pokok setahun) yang tinggi dan ia berbeza secara bererti dengan induk jantan *pisifera* yang lain. Namun begitu, BNO P6 yang tinggi ini menjadi faktor kepada min ABW (12.67 kg) yang rendah. Induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria P5 pula mencatatkan FFB terendah (165.39 kg setiap pokok setahun) dan tidak berbeza secara bererti dengan induk jantan *pisifera* AVROS iaitu P11 (167.72 kg setiap pokok setahun) dan induk jantan *pisifera* hibrid (MPOB-Nigeria × United Plantations Berhad) iaitu P2 (172.04 kg setiap pokok setahun). Sementara itu, induk jantan *pisifera* AVROS mempunyai tandan yang lebih besar berbanding induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria dan hibrid (MPOB-Nigeria × United Plantations Berhad) apabila keempat-empat induk jantan *pisifera* AVROS merupakan lima teratas untuk ciri ABW dengan julat antara 16.46 kg hingga 18.35 kg.

Anggaran GCA untuk hasil dan komponen hasil dalam kajian ini adalah seperti pada Jadual 3. Keputusan menunjukkan bahawa dua induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria iaitu P6 dan P4 serta satu induk jantan *pisifera* hibrid (MPOB-Nigeria × United Plantations Berhad) iaitu P1 merupakan penggabung umum yang baik untuk ciri FFB dengan nilai GCA masing-masing sebanyak 17.51 kg setiap pokok setahun, 12.34 kg setiap pokok setahun dan 10.88 kg setiap pokok setahun. Nilai GCA positif yang tinggi ini membawa maksud bahawa penggunaan P6, P4 dan P1 sebagai induk jantan *pisifera* akan membawa kepada kenaikan FFB sekurang-kurangnya sebanyak 10 kg setiap pokok setahun. Kenaikan FFB ini adalah disebabkan oleh kenaikan BNO

iaitu minimum sebanyak 1 tandan setiap pokok setahun berdasarkan nilai GCA P6 (4.02 tandan setiap pokok setahun), P4 (1.96 tandan setiap pokok setahun) dan P1 (0.80 tandan setiap pokok setahun). Keputusan ini adalah bercanggah dengan beberapa kajian sebelum ini yang melaporkan *pisifera* AVROS sebagai penggabung umum terbaik dengan *dura* Deli untuk ciri FFB iaitu progeni DM 745, MS 218/24, MS 2182/16, MS 2193/55, 0.174/247, 0.174/498 dan 0.182/308 (Dumortier & Konimor 1999; Musa 2004; Noh et al. 2012). Sebaliknya, penggunaan beberapa induk jantan *pisifera* akan menyebabkan penurunan FFB iaitu antara 4 kg setiap pokok setahun hingga 23 kg setiap pokok setahun berdasarkan nilai negatif GCA. Justeru, pemilihan satu induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria (P5), dua induk jantan *pisifera* hibrid (MPOB-Nigeria × United Plantations Berhad) (P2 dan P3) dan tiga induk jantan *pisifera* AVROS (P9, P10 dan P11) perlu dielakkan dalam pengeluaran biji benih D×P komersial. Sementara itu, dua induk jantan *pisifera* AVROS iaitu P9 dan P11 merupakan penggabung umum yang baik untuk ciri ABW dengan nilai GCA masing-masing sebanyak 2.91 kg dan 2.51 kg.

KOMPONEN KUALITI TANDAN

Jadual 4 menunjukkan hasil ANOVA untuk komponen kualiti tandan dengan perbezaan yang sangat bererti dikesan bagi sumber p untuk semua ciri kecuali minyak setiap mesokarpa kering (O/DM). Perbezaan yang sangat bererti juga didapati bagi sumber f/p untuk semua ciri komponen kualiti tandan. Berdasarkan min kuasa dua bagi sumber p×r dan f/p×r pula, prestasi progeni dalam kumpulan induk jantan *pisifera* didapati lebih seragam merentasi replikasi berbanding kumpulan induk jantan *pisifera* apabila semua ciri kecuali O/DM, hasil minyak (OY) dan jumlah produk ekonomi (TEP) menunjukkan perbezaan yang tidak bererti.

Prestasi 11 induk jantan *pisifera* untuk ciri komponen kualiti tandan adalah seperti dalam Jadual 5. Induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria P4 menunjukkan prestasi komponen kualiti tandan yang baik apabila merekodkan min tertinggi untuk M/F (86.43%), O/DM (80.41%) dan minyak setiap tandan (O/B) (30.42%). Ia juga mencatatkan tempurung setiap buah (S/F) terendah (8.55%). Berdasarkan LSD Fisher, M/F, O/B dan S/F bagi P4 adalah berbeza secara bererti dengan induk jantan *pisifera* yang lain. Satu lagi induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria iaitu P6, juga menunjukkan prestasi yang baik apabila merekodkan OY (63.54 kg setiap pokok setahun) dan TEP (67.15 kg setiap pokok setahun) tertinggi dan P6 tidak berbeza secara bererti dengan P4 untuk kedua-dua ciri tersebut. Induk jantan *pisifera* P6 juga mencatatkan kernel setiap tandan (K/B) dan hasil kernel (KY) terendah iaitu dengan min masing-masing sebanyak 2.84% dan 6.03 kg setiap pokok setahun. Sementara itu, min buah setiap tandan (F/B) tertinggi (66.95%) direkodkan oleh induk jantan *pisifera* AVROS (P10).

JADUAL 1. Min kuasa dua untuk hasil dan komponen hasil

Sumber	df	FFB	BNO	ABW
Replikasi (r)	2	114.93 ^{ns}	105.49**	136.44**
Kump. induk jantan <i>pisifera</i> (p)	2	14939.83**	1375.30**	1333.34**
Progeni/Kump. induk jantan <i>pisifera</i> (f/p)	35	10393.17**	173.43**	125.36**
p×r	4	7972.52**	20.60*	15.72 ^{ns}
f/p×r	70	4230.58**	18.03**	21.75**
Ralat (w)	1452	1513.47	7.04	7.19

*bererti pada $P < 0.05$, ** bererti pada $P < 0.01$ dan ns adalah tidak bererti. FFB = hasil tandan buah segar, BNO = bilangan tandan, ABW = purata berat tandan

JADUAL 2. Min progeni *dura* × *pisifera* untuk hasil dan komponen hasil berdasarkan induk jantan *pisifera*

Kod induk jantan <i>pisifera</i>	Induk jantan <i>pisifera</i>	FFB	BNO	ABW
P1	0.292/1218	199.66 ^{ab}	13.49 ^c	15.07 ^c
P2	0.292/1250	172.04 ^{ef}	13.09 ^c	13.39 ^e
P3	0.292/353	184.63 ^{cd}	13.04 ^c	14.50 ^{cd}
P4	0.337/147	201.12 ^{ab}	14.65 ^b	13.93 ^{de}
P5	0.337/535	165.39^f	10.44 ^f	16.23 ^b
P6	0.337/552	206.29^a	16.71^a	12.67^f
P7	0.337/94	189.51 ^{cd}	11.58 ^{de}	16.73 ^b
P8	0.394/222	191.61 ^{bc}	11.85 ^d	16.46 ^b
P9	0.394/234	183.12 ^{cd}	10.23 ^{fg}	18.35^a
P10	0.394/24	181.26 ^{de}	11.17 ^e	16.67 ^b
P11	0.394/456	167.72 ^f	9.63^g	17.95 ^a
Min		188.78	12.69	15.44
Ralat piawai		1.09	0.09	0.09

Min dengan huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeza secara bererti pada $P < 0.05$ menggunakan Perbezaan Bererti Terkecil (LSD) Fisher. Angka dengan huruf tebal dalam setiap lajur min ialah nilai minimum dan maksimum. FFB = hasil tandan buah segar (kg setiap pokok setahun), BNO = bilangan tandan (no. setiap pokok setahun), ABW = purata berat tandan (kg)

JADUAL 3. Daya gabungan umum (GCA) untuk hasil dan komponen hasil bagi induk jantan *pisifera*

Kod induk jantan <i>pisifera</i>	Induk jantan <i>pisifera</i>	FFB	BNO	ABW
P1	0.292/1218	10.88	0.80	-0.37
P2	0.292/1250	-16.74	0.40	-2.05
P3	0.292/353	-4.15	0.35	-0.94
P4	0.337/147	12.34	1.96	-1.51
P5	0.337/535	-23.39	-2.25	0.79
P6	0.337/552	17.51	4.02	-2.77
P7	0.337/94	0.73	-1.11	1.29
P8	0.394/222	2.83	-0.84	1.02
P9	0.394/234	-5.66	-2.46	2.91
P10	0.394/24	-7.52	-1.52	1.23
P11	0.394/456	-21.06	-3.06	2.51

FFB = hasil tandan buah segar (kg setiap pokok setahun), BNO = bilangan tandan (no. setiap pokok setahun), ABW = purata berat tandan (kg)

Berdasarkan anggaran GCA untuk komponen kualiti tandan, induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria P4 merupakan penggabung umum yang baik untuk ciri M/F (6.23%) dan O/B (4.01%) (Jadual 6). Selain itu, P4 juga mempunyai nilai GCA terendah untuk ciri S/F (-4.22%). Ini bermakna penggunaan P4 sebagai induk jantan *pisifera* akan meningkatkan M/F dan O/B selain penurunan S/F. Induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria P6 pula merupakan penggabung umum terbaik untuk ciri OY (11.51 kg setiap pokok setahun) dan TEP (10.20 kg setiap pokok setahun). Penggunaan P6 sebagai induk jantan

pisifera akan meningkatkan OY dan TEP sehingga hampir 12 kg setiap pokok setahun. Keputusan ini menunjukkan bahawa P6 berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber debunga baharu bagi menghasilkan bahan tanaman kelapa sawit yang berhasil tinggi. Ia merupakan usaha untuk meningkatkan prestasi hasil sawit negara yang dilaporkan statik pada 3.7 tan setiap hektar selama beberapa dekad (Parveez 2019). Sementara itu, induk jantan *pisifera* AVROS dalam kajian ini mencatatkan nilai GCA tertinggi untuk F/B (2.39% bagi P10), K/B (1.14% bagi P11) dan KY (2.10 kg setiap pokok setahun bagi P8).

JADUAL 4. Min kuasa dua untuk komponen kualiti tandan

Sumber	df	M/F	S/F	O/DM	F/B	O/B	K/B	OY	KY	TEP
Replikasi (r)	2	16.65 ^{ns}	1.69 ^{ns}	13.92*	55.37*	11.19 ^{ns}	8.00**	227.57 ^{ns}	16.71 ^{ns}	240.57 ^{ns}
Kump. induk jantan <i>pisifera</i> (p)	2	2467.09**	1024.64**	6.77 ^{ns}	609.94**	451.02**	251.38**	2800.59**	825.23**	1404.15**
Progeni / Kump. induk jantan <i>pisifera</i> (f/p)	35	187.97**	86.24**	59.02**	123.36**	176.66**	10.18**	1463.84**	32.52**	1373.33**
p×r	4	91.78**	30.90**	4.74 ^{ns}	11.65 ^{ns}	43.86**	8.13**	629.44**	16.44 ^{ns}	524.51**
f/p×r	70	17.16 ^{ns}	6.41 ^{ns}	5.16*	18.37 ^{ns}	10.36 ^{ns}	1.76 ^{ns}	189.33**	7.19 ^{ns}	199.65**
Ralat (w)	791	16.41	7.26	3.49	16.33	8.11	1.45	107.28	7.52	118.73

*bererti pada P<0.05, **bererti pada P<0.01 dan ns adalah tidak bererti. M/F = mesokarpa setiap buah, S/F = tempurung setiap buah, O/DM = minyak setiap mesokarpa kering, F/B = buah setiap tandan, O/B = minyak setiap tandan, K/B = kernel setiap tandan, OY = hasil minyak, KY = hasil kernel, TEP = jumlah produk ekonomi

JADUAL 5. Min progeni *dura* × *pisifera* untuk komponen hasil tandan berdasarkan induk jantan *pisifera*

Kod induk jantan <i>pisifera</i>	Induk jantan <i>pisifera</i>	M/F	S/F	O/DM	F/B	O/B	K/B	OY	KY	TEP
P1	0.292/1218	76.86^f	15.72^a	78.00 ^f	61.72 ^e	23.75 ^f	4.33 ^{bc}	48.73 ^{cd}	8.89 ^{bc}	54.06 ^{bc}
P2	0.292/1250	80.28 ^d	13.48 ^c	79.93 ^{ab}	65.58 ^{bc}	28.03 ^c	3.92 ^d	52.84 ^b	7.36 ^{ef}	57.26 ^b
P3	0.292/353	78.75 ^e	14.69 ^b	79.14 ^{cd}	62.15 ^e	25.51 ^e	3.94 ^{cd}	51.37 ^{bc}	7.80 ^{de}	56.05 ^b
P4	0.337/147	86.43^a	8.55^e	80.41^a	65.70 ^{ab}	30.42^a	3.07 ^e	60.87 ^a	6.12 ^g	64.54 ^a
P5	0.337/535	81.69 ^c	11.67 ^d	75.02^h	64.03 ^d	22.71^g	3.88 ^d	38.28^f	6.59 ^{fg}	42.24^e
P6	0.337/552	83.57 ^b	11.88 ^d	79.32 ^{bc}	65.93 ^{ab}	29.42 ^b	2.84^e	63.54^a	6.03^g	67.15^a
P7	0.337/94	78.67 ^e	13.66 ^c	77.26 ^g	61.25^e	23.99 ^f	4.43 ^b	45.65 ^{de}	8.46 ^{cd}	50.73 ^{cd}
P8	0.394/222	77.91 ^{ef}	13.32 ^c	78.56 ^{def}	65.19 ^{bcd}	25.34 ^e	5.19 ^a	50.99 ^{bc}	10.29^a	57.17 ^b
P9	0.394/234	81.01 ^{cd}	11.42 ^d	79.82 ^{ab}	65.52 ^{bc}	26.76 ^d	4.57 ^b	51.83 ^{bc}	8.94 ^{bc}	57.20 ^b
P10	0.394/24	78.36 ^e	12.95 ^c	78.84 ^{cde}	66.95^a	26.67 ^d	5.31 ^a	49.62 ^{bc}	9.78 ^{ab}	55.48 ^b
P11	0.394/456	77.59 ^{ef}	13.13 ^c	78.40 ^{ef}	64.33 ^{cd}	24.98 ^e	5.35^a	43.46 ^e	9.24 ^{bc}	49.00 ^d
Min		80.20	12.77	78.76	64.56	26.41	4.21	52.03	8.19	56.95
Ralat Piawai		0.18	0.12	0.08	0.16	0.13	0.05	0.44	0.11	0.44

Min dengan huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeza secara bererti pada P<0.05 menggunakan Perbezaan Bererti Terkecil (LSD) Fisher. Angka dengan huruf tebal dalam setiap lajur min ialah nilai minimum dan maksimum. M/F = mesokarpa setiap buah (%), S/F = tempurung setiap buah (%), O/DM = minyak setiap mesokarpa kering (%), F/B = buah setiap tandan (%), O/B = minyak setiap tandan (%), K/B = kernel setiap tandan (%), OY = hasil minyak (kg setiap pokok setahun), KY = hasil kernel (kg setiap pokok setahun), TEP = jumlah produk ekonomi

JADUAL 6. Daya gabungan umum (GCA) untuk komponen kualiti tandan bagi induk jantan *pisifera*

Kod induk jantan <i>pisifera</i>	Induk jantan <i>pisifera</i>	M/F	S/F	O/DM	F/B	O/B	K/B	OY	KY	TEP
P1	0.292/1218	-3.34	2.95	-0.76	-2.84	-2.66	0.12	-3.30	0.70	-2.89
P2	0.292/1250	0.08	0.71	1.17	1.02	1.62	-0.29	0.81	-0.83	0.31
P3	0.292/353	-1.45	1.92	0.38	-2.41	-0.90	-0.27	-0.66	-0.39	-0.90
P4	0.337/147	6.23	-4.22	1.65	1.14	4.01	-1.14	8.84	-2.07	7.59
P5	0.337/535	1.49	-1.10	-3.74	-0.53	-3.70	-0.33	-13.75	-1.60	-14.71
P6	0.337/552	3.37	-0.89	0.56	1.37	3.01	-1.37	11.51	-2.16	10.20
P7	0.337/94	-1.53	0.89	-1.50	-3.31	-2.42	0.22	-6.38	0.27	-6.22
P8	0.394/222	-2.29	0.55	-0.20	0.63	-1.07	0.98	-1.04	2.10	0.22
P9	0.394/234	0.81	-1.35	1.06	0.96	0.35	0.36	-0.20	0.75	0.25
P10	0.394/24	-1.84	0.18	0.08	2.39	0.26	1.10	-2.41	1.59	-1.47
P11	0.394/456	-2.61	0.36	-0.36	-0.23	-1.43	1.14	-8.57	1.05	-7.95

M/F = mesokarpa setiap buah (%), S/F = tempurung setiap buah (%), O/DM = minyak setiap mesokarpa kering (%), F/B = buah setiap tandan (%), O/B = minyak setiap tandan (%), K/B = kernel setiap tandan (%), OY = hasil minyak (kg setiap pokok setahun), KY = hasil kernel (kg setiap pokok setahun) dan TEP = jumlah produk ekonomi (kg setiap pokok setahun)

CIRI VEGETATIF

Analisis varians (ANOVA) untuk ciri vegetatif adalah seperti pada Jadual 7. Terdapat perbezaan yang sangat bererti bagi sumber p untuk semua ciri kecuali luas daun (LA) yang tidak bererti. Selain LA, interaksi $p \times r$ juga didapati tidak bererti untuk pengeluaran pelepah (FP), panjang rakis (RL) dan bilangan anak daun (LN). Sumber f/p dan $f/p \times r$ pula adalah sangat bererti untuk semua ciri vegetatif dan ia mencadangkan pengaruh persekitaran yang kuat ke atas prestasi progeni dalam kumpulan induk jantan *pisifera* yang menyebabkan ketidakseragaman prestasi progeni merentasi replikasi.

Prestasi 11 induk jantan *pisifera* untuk ciri vegetatif adalah seperti pada Jadual 8. Induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria P6 mencatatkan min FP tertinggi iaitu sebanyak 27.62 pelepah setiap pokok setahun dan berbeza secara bererti dengan induk jantan *pisifera* yang lain. Memandangkan tandan sawit dihasilkan di celah pelepah, pokok sawit dengan bilangan pelepah yang tinggi berpotensi menghasilkan lebih banyak tandan dan seterusnya meningkatkan FFB. Ia dibuktikan dalam kajian ini apabila P6 mempunyai BNO dan FFB yang tinggi (Jadual 2) disebabkan oleh FP yang tinggi ini. Sebaliknya, P5 dengan FP terendah, merekodkan FFB yang paling rendah. Induk jantan *pisifera* P5 juga mempunyai LN dan LA tertinggi iaitu masing-masing dengan catatan min sebanyak 176.44 anak daun dan 9.67 m². Keputusan P6 dan P5 ini mencadangkan peranan FP ke atas FFB, selain menunjukkan percanggahan keputusan dengan beberapa kajian sebelum ini yang melaporkan hubungan positif antara LA dan hasil sawit (Babu et al. 2019; Hardon, Williams & Watson 1969). Sementara itu, *dura* Deli dan Populasi 12 MPOB-Nigeria yang digunakan untuk menghasilkan D $\times$ P mempunyai luas

keratan rentas petiol (PCS) yang sempit supaya kerja-kerja penuaian dapat dijalankan dengan lebih mudah (Rajanaidu et al. 2011). Dalam kajian ini, lima induk jantan *pisifera* iaitu P1, P2, P3, P5 dan P6 mempunyai min PCS yang lebih rendah berbanding min plot percubaan sebanyak 28.59 cm². Melihat kepada salasilah mereka, semua induk jantan *pisifera* tersebut berasal daripada Populasi 14 kecuali P5 daripada Populasi 12. Panjang rakis (RL) yang pendek (<5 m) dan tinggi batang (HT) yang rendah (<1.80 m) pula merupakan ciri pilihan untuk tanaman berkepadatan tinggi bagi meningkatkan hasil sehektar sawit (Norziha et al. 2020). Tiada induk jantan *pisifera* dalam kajian ini yang menunjukkan ciri rakis pendek dan tinggi batang yang rendah tersebut. Namun, tiga daripada empat induk jantan *pisifera* AVROS iaitu P8, P10 dan P11 mencatatkan min RL yang lebih rendah berbanding min plot percubaan (5.25 m hingga 5.44 m). Namun, semua induk jantan *pisifera* AVROS tersebut mempunyai HT yang lebih tinggi berbanding min plot percubaan sebanyak 2.21 m.

Jadual 9 menunjukkan nilai GCA untuk ciri vegetatif bagi 11 induk jantan *pisifera*. Keputusan menunjukkan induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria merupakan penggabung umum terbaik untuk majoriti ciri. Induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria P6 mencatatkan nilai GCA tertinggi untuk ciri FP iaitu sebanyak 2.83 pelepah setiap pokok setahun. Penggunaan P6 sebagai induk jantan *pisifera* bukan sahaja akan meningkatkan FP, tetapi juga menyebabkan pengurangan PCS sebanyak 2.03 cm², LN sebanyak 0.25 anak daun, HT sebanyak 0.12 m dan LA sebanyak 0.75 m². Sementara itu, P5 merupakan penggabung umum terbaik untuk ciri LN (5.84 anak daun) dan LA (0.69 m²), manakala P7 merekodkan nilai GCA tertinggi untuk ciri PCS (4.22 cm²) dan RL (0.22 m). Ia juga merupakan penggabung umum yang baik untuk

ciri LN (5.47 anak daun) dan LA (0.59 m²) selepas P5. Induk jantan *pisifera* AVROS pula iaitu P9 merupakan penggabung umum terbaik untuk ciri HT (0.26 m). Bagi menghasilkan bahan tanaman yang sesuai untuk penanaman berkepadatan tinggi iaitu dengan ciri rakis pendek dan batang renek, pemilihan induk jantan *pisifera* dengan nilai

GCA yang paling rendah boleh dipertimbangkan seperti P8 untuk RL (-0.21) dan P3 untuk HT (-0.31). Namun, ia juga memerlukan gabungan GCA yang tinggi untuk ciri hasil seperti FFB dan OY supaya bahan tanaman berkepadatan tinggi tersebut turut menawarkan hasil yang lebih tinggi bagi setiap hektar.

JADUAL 7. Min kuasa dua untuk ciri vegetatif

Sumber	df	FP	PCS	RL	LN	HT	LA	DIA
Replikasi (r)	2	368.35**	2256.04**	4.38**	2133.22**	16.84**	57.24**	0.07**
Kump. induk jantan <i>pisifera</i> (p)	2	47.36**	2060.71**	7.33**	3726.89**	11.84**	2.85 ^{ns}	0.15**
Progeni / Kump. induk jantan <i>pisifera</i> (f/p)	35	104.87**	367.43**	1.78**	496.34**	1.75**	20.46**	0.04**
p×r	4	1.54 ^{ns}	123.93**	0.11 ^{ns}	122.46 ^{ns}	0.86**	2.99 ^{ns}	0.02**
f/p×r	70	9.33**	123.83**	0.73**	305.07**	0.68**	7.47**	0.01**
Ralat (w)	1476	4.72	33.51	0.16	72.64	0.16	2.17	0.00

**bererti pada P<0.01 dan ns adalah tidak bererti. FP = pengeluaran pelepah, PCS = luas keratan rentas petiol, RL = panjang rakis, LN = bilangan anak daun, HT = tinggi batang, LA = luas daun, DIA = diameter batang

JADUAL 8. Min progeni *dura* × *pisifera* untuk ciri-ciri vegetatif berdasarkan induk jantan *pisifera*

Kod induk jantan <i>pisifera</i>	Induk jantan <i>pisifera</i>	FP	PCS	RL	LN	HT	LA	DIA
P1	0.292/1218	24.51 ^{de}	26.31 ^{ef}	5.30 ^e	169.36 ^b	2.14 ^d	9.00 ^{bcd}	0.67 ^{de}
P2	0.292/1250	24.07 ^{ef}	25.67^f	5.62 ^{ab}	169.88 ^b	2.14 ^d	9.33 ^{ab}	0.67 ^e
P3	0.292/353	25.64 ^b	27.41 ^{de}	5.47 ^{cd}	169.12 ^b	1.90^e	8.88 ^{cd}	0.72^a
P4	0.337/147	25.03 ^{cd}	29.27 ^{bc}	5.61 ^{ab}	175.21 ^a	2.28 ^c	9.11 ^{bc}	0.68 ^{cd}
P5	0.337/535	21.76^g	27.45 ^{de}	5.57 ^{bc}	176.44^a	1.98 ^e	9.67^a	0.70 ^{bc}
P6	0.337/552	27.62^a	26.56 ^{ef}	5.55 ^{bc}	170.35 ^b	2.09 ^d	8.23^f	0.72 ^a
P7	0.337/94	23.62 ^f	32.81^a	5.68^a	176.07 ^a	2.33 ^{bc}	9.57 ^a	0.70 ^b
P8	0.394/222	24.75 ^d	28.62 ^{cd}	5.25^e	167.00^c	2.25 ^c	8.85 ^{cd}	0.65^f
P9	0.394/234	23.84 ^f	32.56 ^a	5.47 ^{cd}	169.56 ^b	2.47^a	8.74 ^{de}	0.67 ^{de}
P10	0.394/24	24.65 ^d	30.10 ^b	5.44 ^d	170.47 ^b	2.41 ^{ab}	9.34 ^{ab}	0.68 ^{de}
P11	0.394/456	25.51 ^{bc}	31.97 ^a	5.34 ^e	169.72 ^b	2.40 ^{ab}	8.39 ^{ef}	0.68 ^{de}
Min		24.79	28.59	5.46	170.60	2.21	8.98	0.68
Ralat piawai		0.07	0.18	0.01	0.25	0.01	0.04	0.00

Min dengan huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeza secara bererti pada P<0.05 menggunakan Perbezaan Bererti Terkecil (LSD) Fisher. Angka dengan huruf tebal dalam setiap lajur min ialah nilai minimum dan maksimum. FP = pengeluaran pelepah (no. setiap pokok setahun), PCS = luas keratan rentas petiol (cm²), RL = panjang rakis (m), LN = bilangan anak daun (no.), HT = tinggi batang (m), LA = luas daun (m²), DIA = diameter batang (m)

JADUAL 9. Daya gabungan umum (GCA) untuk ciri vegetatif bagi induk jantan *pisifera*

Kod induk jantan <i>pisifera</i>	Induk jantan <i>pisifera</i>	FP	PCS	RL	LN	HT	LA	DIA
P1	0.292/1218	-0.28	-2.28	-0.16	-1.24	-0.07	0.02	-0.01
P2	0.292/1250	-0.72	-2.92	0.16	-0.72	-0.07	0.35	-0.01
P3	0.292/353	0.85	-1.18	0.01	-1.48	-0.31	-0.10	0.04
P4	0.337/147	0.24	0.68	0.15	4.61	0.07	0.13	0.00
P5	0.337/535	-3.03	-1.14	0.11	5.84	-0.23	0.69	0.02
P6	0.337/552	2.83	-2.03	0.09	-0.25	-0.12	-0.75	0.04
P7	0.337/94	-1.17	4.22	0.22	5.47	0.12	0.59	0.02
P8	0.394/222	-0.04	0.03	-0.21	-3.60	0.04	-0.13	-0.03
P9	0.394/234	-0.95	3.97	0.01	-1.04	0.26	-0.24	-0.01
P10	0.394/24	-0.14	1.51	-0.02	-0.13	0.20	0.36	0.00
P11	0.394/456	0.72	3.38	-0.12	-0.88	0.19	-0.59	0.00

FP = pengeluaran pelepah (no. setiap pokok setahun), PCS = luas keratan rentas petiol (cm²), RL = panjang rakis (m), LN = bilangan anak daun (no.), HT = tinggi batang (m), LA = luas daun (m²), DIA = diameter batang (m)

KESIMPULAN

Terdapat kebolehubahan genetik yang luas bagi ciri yang berkepentingan dalam aspek ekonomi seperti FFB, OY dan TEP dalam kajian ini dan ia boleh dieksploitasi dan digunakan selanjutnya untuk penambahbaikan ciri tersebut. Berdasarkan prestasi hasil dan GCA, dua induk jantan *pisifera* MPOB-Nigeria iaitu P6 (0.337/552) dan P4 (0.337/147) dikenal pasti sebagai sumber debunga baharu bagi pengeluaran bahan tanaman D×P komersial yang berhasil tinggi dengan catatan FFB melebihi 201 kg setiap pokok setahun dan OY melebihi 60.00 kg setiap pokok setahun. Nilai GCA P6 dan P4 juga adalah tertinggi untuk kedua-dua ciri hasil tersebut. Pemilihan P6 dan P4 ini dapat menggantikan *pisifera* AVROS yang telah digunakan selama beberapa dekad dalam pengeluaran bahan tanaman D×P komersial.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Minyak Sawit Malaysia (MPOB) kerana menyediakan bahan penyelidikan, kemudahan dan sokongan kewangan untuk menjalankan kajian ini. Terima kasih juga kepada Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) atas pengalaman penyelidikan dan pembelajaran.

RUJUKAN

Arolu, I.W., Rafii, M.Y., Marhalil, M., Mohamed, M.H., Zulkefly, S., Harun, A.R., Kolapo, O.K., Mohd Isa, Z.A., Mohd Din, A., Kushairi, A. & Rajanaidu, N. 2016. Genetic variability analysis and selection of *pisifera* palms for commercial production of high yielding and dwarf oil palm planting materials. *Industrial Crops and Products* 90: 135-141.

- Babu, B.K., Mathur, R.K., Ravichandran, G., Anitha, P. & Venu, M.V.B. 2019. Genome-wide association study for leaf area, rachis length and total dry weight in oil palm (*Eleaieis guineensis*) using genotyping by sequencing. *PLoS ONE* 14(8): e0220626. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220626>
- Barcelos, E., De Almeida Rios, S., Cunha, R.N.V., Lopes, R., Motoike, S.Y., Babiyehuk, E., Skirycz, A. & Kushnir, S. 2015. Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement. *Frontiers in Plant Science* 6: 190.
- Blaak, G., Sparnaaij, L.D. & Menendez, T. 1963. Breeding and inheritance in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) II: Method of bunch quality analysis. *Journal of West African Institute for Oil Palm Research* 4: 146-155.
- Breure, C.J. 2010. Rate of leaf expansion: A criterion for identifying oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) types suitable for planting at high densities. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 57: 141-147.
- Breure, C.J. & Siregar, M.M. 2020. Selection of oil palm male parents for optimal planting density estimated from mature crown surface. *Journal of Oil Palm Research* 32(2): 191-200.
- Corley, R.H.V. & Breure, C.J. 1981. Measurements in oil palm experiments. *Internal Report*: 17. Unipamol Malaysia Sdn Bhd and Harrisons Fleming Advisory Services.
- Dumortier, F. & Konimor, J. 1999. Selection and breeding progress in planting materials at DAMI OPRS, Papua New Guinea. *Proceedings of the Seminar on Sourcing of Oil Palm Planting Materials for Local and Overseas Joint-Venture*. hlm. 143-170.

- Fadila, A.M., Mohd Din, A., Zulkifli, Y., Marhalil, M., Norziha, A., Nor Azwani, A.B., Suzana, M., Mohd Mustakim, M., Mohd Yazid, H., Ong Abdullah, M., Ahmad Parveez, A.K. & Kushairi, A. 2019. Oil palm (*Elaeis* spp.) breeding in Malaysia. Dlm. *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops*, disunting oleh Al-Khayri, J., Jain, S. & Johnson, D. Switzerland: Springer Cham. hlm. 489-535.
- Fasahat, P., Rajabi, A., Rad, J.M. & Derera, J. 2016. Principles and utilization of combining ability in plant breeding. *Biometrics & Biostatistics International Journal* 4(1): 1-22.
- Hardon, J., Williams, C. & Watson, I. 1969. Leaf area and yield in the oil palm in Malaya. *Experimental Agriculture* 5(1): 25-32. doi:10.1017/S0014479700009935
- Hartley, C.W.S. 1988. The botany of oil palm. Dlm. *The Oil Palm*. 3rd Edition. London: Longman.
- Jabatan Perangkaan Malaysia. 2022. Selected Agricultural Indicators, Malaysia, 2022. https://www.dosm.gov.my/v1/index.php?r=column/cthemeByCat&cat=72&bul_id=b2M4QlpZamFIN2w5ZjFPRIY4TEISUT09&menu_id=Z0VTZGU1UHBUT1VJMFpaXRRR0xpdz09
- Kempthorne, O. 1957. *An Introduction to Genetic Statistic*. New York: John Wiley & Sons.
- Kushairi, A., Mohd Din, A. & Rajanaidu, N. 2011. Oil palm breeding and seed production. Dlm. *Further Advances in Oil Palm Research (2000-2010)*, disunting oleh Mohd Basri, W., Choo, Y.M. & Chan, K.W. Kuala Lumpur: Malaysian Palm Oil Board. hlm. 47-101.
- Kushairi, A., Rajanaidu, N., Jalani, B.S., Rafii, M.Y. & Mohd Din, A. 1999. PORIM oil palm planting materials. *PORIM Bulletin* 38: 1-13.
- MPOB. 2022. *Overview of the Malaysian Oil Palm Industry 2021*. <https://bepi.mpob.gov.my/images/overview/Overview2021.pdf>
- Musa, B. 2004. Genetics of the Deli-AVROS breeding populations of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Tesis Sarjana, Universiti Putra Malaysia (tidak diterbitkan).
- Nadarajan, N. & Gunasekaran, M. 2005. *Quantitative Genetics and Biometrical Techniques in Plant Breeding*. New Delhi: Kalyani Publ.
- Noh, A., Rafii, M.Y., Saleh, G., Kushairi, A. & Latif, M.A. 2012. Genetic performance and general combining ability of oil palm Deli *dura* × AVROS *pisifera* tested on inland soils. *The Scientific World Journal Volume* 2012: 792601.
- Noh, A., Rafii, M.Y., Saleh, G. & Kushairi, A. 2010. Genetic performance of 40 Deli *dura* × AVROS *pisifera* full-sib families. *Journal of Oil Palm Research* 22: 781-795.
- Norziha, A., Fadila, A.M., Marhalil, M., Zulkifli, Y., Mohd Din, A., Rajanaidu, N., Ong-Abdullah, M. & Kushairi, A. 2020. MPOB oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) germplasms linked to compact trait for high density planting. *Journal of Oil Palm Research* 32(3): 394-405.
- Parveez, A.G.K. 2019. Revolutionizing upstream sector of the oil palm industry. *International Palm Oil Congress and Exhibition*. Kuala Lumpur, 19-21 November.
- Rajanaidu, N. 1994. *PORIM Oil Palm Genebank*. Palm Oil Research Institute of Malaysia.
- Rajanaidu, N. & Rao, V. 1988. Oil palm genetic collections: Their performance and use to the industry. *Proceedings of 1987 International Oil Palm Conference Progress and Prospects*. hlm. 59-85.
- Rajanaidu, N., Kushairi, A. & Mohd Din, A. 2017. *Monograph Oil Palm Genetic Resources*. Bangi: Malaysian Palm Oil Board.
- Rajanaidu, N., Kushairi, A., Mohd Din, A., Marhalil, M., Fadila, A.M. & Isa, Z.A. 2011. Selection criteria (15- 15-15) to develop sustainable oil palm planting materials. *Proceedings of the International Seminar on Breeding for Sustainability in Oil Palm*. hlm. 112.
- Rajanaidu, N., Kushairi, A., Rafii, M., Mohd Din, A., Maizura, I. & Jalani, B.S. 2000. Oil palm breeding and genetic resources. Dlm. *Advances in Oil Palm Research*, disunting oleh Basiron, Y., Jalani, B.S. & Chan, K.W. Kuala Lumpur: Malaysian Palm Oil Board. hlm. 171-237.
- Rao, V., Soh, A.C., Corley, R.H.V., Lee, C.H., Rajanaidu, N., Tan, Y.P., Chin, C.W., Lim, K.C., Tan, S.T., Lee, T.P. & Ngui, M. 1983. A critical reexamination of the method of bunch quality analysis in oil palm breeding. *PORIM Occasional Paper* No. 9, hlm. 28.
- Sleper, A.D. & Poehlman, J.M. 2006. *Breeding Field Crops*. 5th Edition. Iowa: Wiley-Blackwell.

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: fadila@mpob.gov.my