

KOMPOSISI KIMIA MINYAK BUAH KELAPA SAWIT *DIWAKKAWAKKA NIGRESCENS* DAN *VIRESCENS*

Hernawan Yuli Rahmadi dan Hasrul Abdi Hasibuan

ABSTRAK

Pusat Penelitian Kelapa Sawit memiliki plasma nutfah *Diwakkawakka Nigrescens* (DN) dan *Virescens* (DV) yang menghasilkan bentuk buah abnormal atau *Poissonii*. Buah *Diwakkawakka* memiliki karpel atau lapisan disekelilingnya dengan buah mentah pada *Nigrescens* berwarna hitam sedangkan *Virescens* berwarna hijau. Penelitian ini dilakukan untuk mengkarakterisasi *crude palm oil* (CPO) dan *palm kernel oil* (PKO) yang dihasilkan dari buah DN dan DV dengan parameter kadar minyak pada mesokarp dan kernel kering, komposisi asam lemak, bilangan iodin dan kadar karoten (khusus pada CPO). Kadar minyak pada mesokarp kering DN dan DV masing-masing sebesar $80,0 \pm 6,9\%$ dan $80,9 \pm 6,8\%$. CPO DN memiliki asam palmitat dan oleat dengan nilai $47,2 \pm 3,3\%$; $37,6 \pm 3,6\%$ sedangkan DV $43,9 \pm 0,5\%$; $40,3 \pm 0,9\%$. Bilangan iodin pada CPO DN dan DV masing-masing sebesar $50,0 \pm 3,3$ Wijs; $52,9 \pm 0,6$ Wijs sementara kadar karotennya adalah 399 ± 87 ppm; 514 ± 282 ppm. Kadar minyak pada kernel kering DN dan DV sebesar $47,9 \pm 1,4\%$ dan $51,9 \pm 1,5\%$. Asam laurat dan miristat pada PKO DN sebesar $50,6 \pm 1,5\%$ dan $16,5 \pm 0,5\%$ sementara DV sebesar $51,1 \pm 0,8\%$ dan $16,0 \pm 0,5\%$. Bilangan iodin PKO DN dan DV sebesar $15,6 \pm 1,2$ Wijs dan $14,8 \pm 0,5$ Wijs. Dari data tersebut menunjukkan bahwa komposisi kimia minyak DN dan DV menyerupai karakteristik minyak dari buah tanaman kelapa sawit normal.

Kata kunci: tanaman kelapa sawit, *Diwakkawakka*, *Nigrescens*, *Virescens*, minyak sawit, minyak inti sawit

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

Hernawan Yuli Rahmadi (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: mcwawanan@yahoo.com

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit dapat dibedakan berdasarkan struktur internal, morfologi dan warna mesokarp buah. Berdasarkan struktur internal, buah dibedakan menjadi Dura, Pisifera dan Tenera. Dura bercangkang tebal sementara Pisifera tidak bercangkang sedangkan Tenera bercangkang tipis dan mesokarpnya tebal serta memiliki kadar minyak relatif tinggi. Berdasarkan morfologinya, buah dibedakan menjadi buah normal dan abnormal. Buah normal tidak ada karpel di sekeliling buah sementara buah abnormal ada karpel yang dikenal sebagai mantel atau *Diwakkawakka* atau *Poissonii*. Berdasarkan warna mesokarp, buah dibedakan menjadi *Nigrescens* (buah muda berwarna violet sampai hitam, sesudah matang berubah menjadi oranye dan mengandung anthocyanin), *Virescens* (buah muda berwarna hijau tidak mengandung anthocyanin, sesudah matang menjadi kuning kemerahan) dan *Albescens* (buah muda berwarna kuning pucat karena kandungan karoten rendah) (Hartley, 2000, Basiron *et al.*, 2000; Hai, 2002; Corley and Tinker, 2003; Lubis, 2008; Odenore *et al.*, 2015).

Buah *Diwakkawakka* mempunyai lapisan daging buah yang menyelimuti buah utama. Lapisan daging buah ini merupakan perkembangan dari androecium bunga betina dan di dalamnya dijumpai struktur yang mirip dengan cangkang dan kernel (Rutgers, 1922; Corley and Tinker, 2003; Rival and Parveez, 2005). Hetharie *et al.*, 2007 telah melakukan karakterisasi morfologi buah *Diwakkawakka* dengan membagi buah ini menjadi tiga jenis yaitu buah abnormal ringan, berat dan sangat berat. Abnormal ringan dan berat mempunyai biji normal dengan karpel tambahan masih menyatu sedangkan abnormal sangat berat tidak mempunyai biji dan batasan antar karpel tambahan jelas sampai pangkal buah. Abnormal sangat berat mempunyai mesokarp berdaging dan sebagian besar berkayu.

Sama halnya dengan buah normal, buah *Diwakkawakka* juga memiliki warna mesokarp *Nigrescens* dan *Virescens*. Singh *et al.*, 2014 telah mengidentifikasi gen dari *Virescens* yang mengontrol dari warna eksokarp buah dan sebagai indikator dari kematangannya. Pada tipe *Nigrescens* kematangan ditandai dengan adanya berondolan yang terlepas dari tandan. Sementara, tipe *Virescens* lebih mudah membedakan kematangannya melalui perubahan warna buah terkhusus pada pohon yang tinggi.

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) memiliki plasma nutfah jenis *Diwakkawakka Nigrescens* (DN) dan *Virescens* (DV) namun minyaknya belum dikarakterisasi. Di samping itu, karakteristik kimia minyak dari buah *Diwakkawakka* belum banyak dilaporkan. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji karakteristik minyak yang dihasilkan dari DN dan DV meliputi kadar *crude palm oil* (CPO) dan *palm kernel oil* (PKO) pada mesokarp dan kernel kering, komposisi asam lemak, bilangan iodin dan kadar karoten (khusus pada CPO).

METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tandan buah segar dari tanaman *Diwakkawakka Nigrescens* (DN) dan *Virescens* (DV) yang diperoleh dari Koleksi Plasma Nutfah Pusat Penelitian Kelapa Sawit di lahan PT. Perkebunan Nusantara IV Bah Jambi, Simalungun. Jumlah sampel dari setiap jenis masing-masing sebanyak 5 tandan dengan asal seperti yang disajikan pada Tabel 1. Bahan kimia berupa n-heksan, etanol, methanol, trifluorobromida pro-analis diperoleh dari E. Merck. Gas yang digunakan adalah N₂ dan H₂ dari PT. Trigases.

Pengambilan sampel dan analisa karakteristik kimia minyak

Tandan dipanen sesuai dengan kriteria tepat matang yang ditandai dengan jumlah berondolan di piringan minimal 5 buah. *Sub sampling* dilakukan dengan mengambil sampel pada bagian tengah buah sawit sebanyak 3 spikelet. Buah dipisahkan dari malai kemudian mesokarp dan biji dipisahkan dengan cara diiris. Mesokarp dan biji dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Mesokarp dihaluskan dan CPO-nya diekstraksi menggunakan alat soklet dengan pelarut heksan. Sementara, biji dipecah untuk memisahkan antara cangkang dan kernel. Kernel dihaluskan dan PKO diekstraksi menggunakan alat soklet dengan pelarut heksan. Komposisi kimia kedua jenis minyak ditentukan dengan parameter diantaranya komposisi asam lemak, bilangan iodin dan kadar karoten (khusus pada CPO) menggunakan metode standar MPOB (2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Minyak Sawit (*Crude Palm Oil, CPO*)

Buah abnormal (*Diwakkawakka*) memiliki rendemen minyak yang rendah (Rival, 2000 dan Rival and Parveez, 2005 dalam Jaligot *et al.*, 2011). Hal ini dapat disebabkan oleh buah abnormal memiliki lapisan buah yang mesokarpnya berdaging dan sebagian berkayu yang tidak mengandung minyak (Hetharie *et al.*, 2007). Sementara itu menurut Rutgers, 1922 bahwa lapisan buah dari karpel-karpel dapat mengandung minyak dengan persentasi yang sama.

Buah *Diwakkawakka Nigrescens* (DN) dan *Virescens* (DV) pada penelitian ini memiliki mesokarp berdaging dan mengandung kadar minyak pada mesokarp kering relatif tinggi dengan rerata sebesar 80 % (Tabel 2). Nilai ini relatif sama dengan kadar

Tabel 1. Jumlah sampel buah *Diwakkawakka Nigrescens* dan *Diwakkawakka Virescens*

Jenis Buah Sawit	Kebun Percobaan	Asal sampel (persilangan/pohon/baris)
<i>Diwakkawakka Nigrescens</i>	BO51S	6/5/17, 6/14/13, 4/5/17, 5/13/14, 5/5/16
<i>Diwakkawakka virescens</i>	BO51S	6/18/17, 6/18/17, 5/10/15, 5/10/15, 5/5/16, 5/5/16

minyak pada mesokarp kering jenis Tenera dari *Elaeis guineensis* pada umumnya. Sementara itu, nilai ini relatif lebih tinggi dibandingkan pada jenis Dura dari *Elaeis guineensis* yaitu sebesar $68,09 \pm 3,57\%$ (Li *et al.*, 2012). Namun demikian, tinggi rendahnya rendemen minyak sangat dipengaruhi oleh komponen tandan buah meliputi rasio buah per tandan, rasio mesokarp per buah dan rasio minyak per mesokarp. Oleh sebab itu, potensi rendemen minyak pada DN dan DV perlu dilakukan kajian lebih lanjut.

Komponen asam lemak penyusun CPO DN dan DV memiliki asam lemak jenuh dan tidak jenuh yang berimbang. Tabel 2 menunjukkan bahwa CPO dari DN memiliki asam palmitat lebih tinggi $47,2 \pm 3,3\%$ dibandingkan DV $43,9 \pm 0,5\%$ sedangkan asam stearat relatif sama yaitu $4,0 \pm 0,6\%$ dan $4,7 \pm 0,2\%$. Sementara itu, asam oleat DN lebih rendah $37,6 \pm 3,6\%$ dibandingkan DV $40,3 \pm 0,9\%$ dan asam linoleatnya relatif sama $9,0 \pm 0,5\%$ dan $9,3 \pm 0,3\%$. Basiron *et al.* (2000) melaporkan bahwa komponen utama CPO dari *Elaeis guineensis* adalah asam palmitat 44,3%, asam stearat 4,3%, asam oleat 39,3% dan asam linoleat 10,0%. Sementara itu, Noh *et al.* (2002) melaporkan plasma nutfah dari Angola yang dikoleksi oleh MPOB memiliki asam palmitat 37,2-42,6%, asam stearat 4,2-6,6%, asam oleat 37,8-43,8% dan asam linoleat 9,9-14,7%. Hasil kajian yang dilakukan oleh Hasibuan, (2012) menunjukkan bahwa CPO yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia memiliki asam palmitat 42,45-48,93%, asam stearat 3,40-5,47%, asam oleat 34,85-40,78% dan asam linoleat 9,08-11,23%.

Bilangan iodin CPO DN cenderung lebih rendah ($50,0 \pm 3,3$ Wijs) dibandingkan DV ($52,9 \pm 0,6$ Wijs). Hal ini sangat dipengaruhi oleh komposisi asam lemak penyusunnya yaitu asam oleat dari DV lebih tinggi dibandingkan DN. Basiron *et al.*, 2000 melaporkan bahwa bilangan iodin dari *Elaeis guineensis* sebesar 55,0 Wijs. Noh *et al.* (2002) melaporkan bilangan iodin CPO dari plasma nutfah asal Angola sebesar 57,4 Wijs (kisaran 54,7-60,4 Wijs). Sementara itu, CPO yang dihasilkan oleh PKS di Indonesia sebesar 51,8 Wijs (kisaran 48,6-55,0 Wijs) (Hasibuan, 2012).

Kadar karoten pada CPO DN cenderung lebih rendah (399 ± 87 ppm) dibandingkan DV (514 ± 282 ppm). Menurut Sambanthamurthi *et al.* (2000) bahwa buah *Virescens* berwarna hijau saat muda/mentah namun setelah matang berubah menjadi *orange* cerah yang menandakan bahwa klorofil terdegradasi dan terbentuknya karoten. Basiron *et al.* (2000) melaporkan

bahwa kadar karoten pada *Elaeis guineensis* berkisar antara 500-700 ppm dan *Elaeis oleifera* berkisar 4300-4600 ppm. Noh *et al.* (2002) melaporkan kadar karoten pada CPO dari plasma nutfah asal Angola berkisar 409-1280 ppm. Choo *et al.* (1989) melaporkan bahwa kadar karoten pada CPO yang berasal dari tanaman Dura (997 ppm) lebih tinggi dibandingkan Tenera (673 ppm) dan Pisifera (428 ppm). Sementara itu, hasil kajian kadar karoten pada CPO dari PKS di Indonesia menunjukkan nilai berkisar antara 140-790 ppm (Siahaan *et al.*, 2009; Hasibuan, 2012).

Tidak adanya perbedaan antara kualitas minyak tandan DN dengan DV dapat menjadi acuan bahwa tandan *Virescens* tidak semestinya menjadi kriteria seleksi sortasi buah pada penerimaan tandan di PKS, terutama bila bahan tanaman yang digunakan merupakan varietas unggul yang diproduksi oleh produsen benih dengan karakter tandan *Virescens*. Terkadang masih ditemui beberapa PKS yang tidak mau menampung tandan *Virescens* dari petani swadaya karena kurangnya pemahaman manajemen PKS tentang tandan tersebut.

Karakteristik *Palm Kernel Oil* (PKO)

Kadar minyak pada inti kering DV sebesar $51,9 \pm 1,5\%$ lebih tinggi dibandingkan DN $47,9 \pm 1,4\%$ (Tabel 3). Namun demikian, kadar minyak pada kernel baik DV maupun DN relatif sama dengan kernel dari varietas DxP komersial seperti yang telah dilaporkan oleh PPKS, 2013 sebesar 46,4-58,5%. Li *et al.* (2012) melaporkan kadar minyak pada kernel dari *Elaeis guineensis* jenis Dura di Cina sebesar $49,36 \pm 2,61\%$. Sementara itu, Tang and Teoh, 1985 dalam Ibrahim, 2013 melaporkan kadar minyak pada kernel di Malaysia sebesar 49%. Noh *et al.* (2009) melaporkan kadar PKO pada kernel yang berasal dari enam negara diantaranya adalah Angola, Guinea, Senegal, Sierra Leone, dan Tanzania sebesar 46,11-49,77% dan varietas DxP asal Malaysia memiliki kadar minyak tertinggi sebesar 45,75-54,59%.

Minyak pada kernel DN dan DV mengandung komposisi asam lemak dengan komponen terbesar adalah asam laurat (C12:0) diikuti oleh miristat (C14:0) dan oleat (C18:1). Sementara Atasie and Akinhanmi (2009) melaporkan bahwa asam lemak yang dominan pada PKO asal Nigeria adalah miristat 72,33% dan palmitat 25,76%. Dari Tabel 3 dapat dilihat perbedaan komposisi asam lemak PKO dari DN dan DV relatif kecil. Hal yang sama juga telah dinyatakan pada hasil

Tabel 2. Karakteristik kimia CPO

Parameter	<i>Diwakkawakka Nigrescens</i>	<i>Diwakkawakka Virescens</i>
	(n=5)	(n=5)
Kadar minyak pada mesokarp kering (%)	80,0±6,9	80,9±6,8
Komposisi asam lemak (%)		
C12:0	ND	ND
C14:0	1,1±0,4	0,8±0,1
C16:0	47,2±3,3	43,9±0,5
C16:1	0,2±0,0	0,2±0,0
C18:0	4,0±0,6	4,7±0,2
C18:1	37,6±3,6	40,3±0,9
C18:2	9,0±0,5	9,3±0,3
C18:3	0,3±0,1	0,4±0,3
C20:0	0,3±0,0	0,3±0,0
C20:1	0,2±0,0	0,2±0,0
Bilangan iodin (Wijs)	50,0±3,3	52,9±0,6
Kadar karoten (ppm)	399±87	514±282

Keterangan: ND = *no detection*

penelitian sebelumnya pada varietas DxP komersial Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS, 2013). Persentasi komposisi asam lemak pada DN dan DV juga relatif sama dengan jenis Tenera dari *Elaeis guineensis* (Basiron *et al.*, 2000). Dengan komposisi asam lemak antara DN dan DV yang relatif sama menyebabkan bilangan iodin keduanya mendekati dengan nilai masing-masing adalah 15, 1,2 Wijs dan 14,8±0,5 Wijs.

Dari uraian di atas menunjukkan bahwa karakteristik kimia CPO dan PKO dari buah DN dan DV mirip dengan buah dari tanaman kelapa sawit *Elaeis guineensis* yang normal seperti yang ditanam di perkebunan kelapa sawit pada umumnya. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat bahwa buah *Diwakkawaakka* menunjukkan ketidaknormalan pada morfologi buah seperti yang telah dilaporkan oleh Hetharie *et al.*, 2007.

KESIMPULAN

Tanaman kelapa sawit *Diwakkawakka Nigrescens* (DN) dan *Virescens* (DV) memiliki kesamaan karakteristik CPO dan PKO dengan *Elaeis guineensis* yang umum ditanam di perkebunan komersial. Perbedaannya terletak pada morfologi buah yang memiliki karpel atau lapisan disekeliling buah. Kadar minyak pada mesokarp kering DN dan DV relatif sama. Asam palmitat DN cenderung lebih tinggi dibandingkan DV namun asam oleat sebaliknya. Bilangan iodin dan kadar karoten pada CPO DN lebih rendah dibandingkan DV. Kadar minyak pada kernel kering DN lebih rendah dibandingkan DV. Komposisi asam lemak dan bilangan iodin PKO DN dan DV relatif sama.

Tabel 3. Karakteristik kimia PKO

Parameter	<i>Diwakkawakka Nigrescens</i> (n=5)	<i>Diwakkawakka Virescens</i> (n=5)
Kadar minyak pada inti kering (%)	47,9±1,4	51,9±1,5
Komposisi asam lemak (%)		
C6:0	0,2±0,0	0,2±0,0
C8:0	3,5±0,3	3,9±0,1
C10:0	3,5±0,1	3,8±0,1
C12:0	50,6±1,5	51,1±0,8
C14:0	16,5±0,5	16,0±0,5
C16:0	8,0±0,5	7,6±0,3
C18:0	2,2±0,2	2,6±0,3
C18:1	13,1±1,1	12,5±0,7
C18:2	2,2±0,2	2,0±0,3
C18:3	0,1±0,0	0,1±0,0
C20:0	0,1±0,0	0,1±0,0
Bilangan iodin (Wijs)	15,6±1,2	14,8±0,5





Foto: Buah *Diwakkawakka Virescens*

DAFTAR PUSTAKA

- Atasie, V.N., and T.F. Akinhanmi. 2009. Extraction, Compositional Studies and Physico-Chemical Characteristics of Palm Kernel Oil. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8(6): 800-803.
- Basiron, Y., B.S. Jalani, and C.K. Weng. 2000. *Advances Oil Palm Research. Volume I*. Malaysian Palm Oil Board. Malaysia.
- Choo, Y.M., S.C. Yap, A.S.H. Ong, C.K. Ooi, and S.H. Goh. 1989. Palm Oil Carotenoids. *Proc. of The 1989 PORIM International Palm Oil Congress-Chemistry and Technology*. PORIM. Bangi. 42-47p.
- Corley, R.H.V., and P.B. Tinker. 2003. *The Oil Palm*. Blackwell Science Ltd. Great Britain.
- Hai, T.C. 2002. *The Oil Palm Industry in Malaysia from Seed to Frying Pan*. Selangor. Malaysia. WWF Malaysia.
- Hartley, C.W.S. 2000. *The Oil palm (Elaeis guineensis jacq.)*. 3rd Edition. Longman Publishing, London.
- Hasibuan, H.A. 2012. Kajian Mutu dan Karakteristik Minyak Sawit Indonesia serta Produk Fraksinasinya. *Jurnal Standardisasi*. 14: 13-21.
- Hetharie, H., G.A. Wattimena, M. Thenawidjaya, H. Aswidinnoor, N. T. Mathius, dan G. Ginting. 2007. Karakterisasi Morfologi Bunga dan Buah Abnormal Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) Hasil kultur jaringan. *Bul. Agron*. 35: 50-57.
- Ibrahim, N.A. 2013. Characteristics of Malaysian Palm Kernel and Its Products. *Journal of Oil Palm Research*. 525: 245-252.
- Jaligot, E., S. Adler, E. Debladis, T. Beule, F. Richard, P. Ilbert, E. J. Finnegan, and A. Rival. 2011. Epigenetic Imbalance and The Floral Development Abnormality of The In Vitro Regenerated Oil Palm *Elaeis guineensis*. *Annals of Botany*. 108: 1453-1462.
- Li, R., Q. Xia, M. Tang, S. Zhao, W. Chen, X. Lei, and X. Bai. 2012. Chemical composition of Chinese palm fruit and chemical properties of the oil extracts. *African Journal of Biotechnology*. 11: 9377-9382.
- Lubis, A.U. 2008. Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) di Indonesia. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan. hal: 1-10.
- MPOB. 2004. *MPOB Test Method: A Compendium of Test on Palm Oil Products, Palm Kernel Products, fatty Acids, Food Related Products and Others*.
- Noh, A., N. Rajanaidu, A. Kushairi, M. Rafii, Y. M. Din, M. Isa, and G. Saleh. 2002. Variability in Fatty Acid Composition, Iodine Value and Carotene Content in The MPOB Oil Palm Germplasm Collection from Angola. *Journal of Oil Palm Research*. 14 (2): 18-23.
- Noh, A., A. Kushairi, A.M. Din, M. Marhalil, Y. Zulkifly, M.S. Farah, and N. Rajanaidu. 2009. Genetic variation from palm kernel oil palm germplasm. Poster papers: Genetic resources and Breeding. *Proceedings of the 8th Malaysia Congress on genetics*. 4-6 Augustus 2009, Genting Highlands, Malaysia.

- Odenore, V.D., C.R. Eke, O. Asemota, and H.O. Shittu. 2015. Determination of Phylogenetic Relationship Among Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Varietis with Random Amplified Polymorphic DNA. European International Journal of Science and Technology. 4.
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). 2013. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2013: Kajian Sistem Mutu di Industri Kelapa Sawit, Karakterisasi Plasma Nutfah dan Bahan Tanaman Unggul PPKS. Medan. Tidak dipublikasikan.
- Rival, A. 2000. Somatic Embryogenesis in Oil Palm. In: Jain SM, Gupta PK, Newton RJ. Eds. Somatic Embryogenesis in Woody Plants. Dordrecht: Kuwer Academic Publishers.
- Rival, A. and G.K.A. Parveez. 2005. *Elaeis guineensis* Oil Palm. In: Litz FH. Ed. Biotechnology of Fruit and Nut Crops. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Rutgers, A.A.L. 1922. Investigations on Oil Palms. Price 6 Guilders Obtainable form the Experiment Station AVROS. Medan. Ruygrok & Co. Batavia.
- Sambanthamurthi, R., K. Sundram, and Y. Tan. 2000. Chemistry and Biochemistry of Palm Oil. Prog.Lipid Res. 39: 507–558.
- Siahaan, D., H.A. Hasibuan, E. Nuryanto, M. Rivani, dan F.R. Panjaitan. 2009. Karakteristik CPO Indonesia. Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit. Jakarta Convention Centre 28 – 30 Mei 2009. Hal 273-280.
- Singh, R., E.T. L. Low, L.C.L. Ooi, M.O. Abdullah, R. Nookiah, N.C. Ting, M. Marjuni, P.L. Chan, M. Ithinin, M.A.A. Manaf, J. Nagappain, K.L. Chan, R. Rosli, M.A. Halim, N. Aziz, M.A. Budiman, N. Lakey, B. Bacher, A.V. Nrunnt, C. Wang, M. Hogan. D. He, J.D. MacDonald, S.W. Smith, J.M. Ordway, R.A. Martienssen, and R. Sambanthamurthi. 2014. Nature Communications. DOI: 10.3038/ncomms5106.