

ARAH RISET DAN PENGEMBANGAN BAHAN TANAMAN KELAPA SAWIT DI ERA *GENOM*

Edy Suprianto dan Abdul Razak Purba

ABSTRAK

Perkembangan industri kelapa sawit Indonesia tidak terlepas dari peran bahan tanaman di dalamnya. Kualitas bahan tanaman sangat menentukan berhasil atau tidaknya suatu perkebunan kelapa sawit. Upaya pengembangan bahan tanaman difokuskan untuk mengakomodasi keinginan konsumen, dengan target pemuliaan mencakup perbaikan produksi dan komponen produksi, kualitas minyak, kemudahan untuk proses panen, ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik, serta kajian untuk perbaikan fisiologi tanaman. Percepatan untuk perakitan bahan tanaman kelapa sawit yang diinginkan dapat dimungkinkan melalui pemanfaatan materi genetik, pemilihan metode seleksi yang tepat serta dukungan teknologi molekuler. Semakin berkembangnya teknologi molekuler pendukung kegiatan pemuliaan akan mempermudah bagi para pemulia kelapa sawit untuk merakit varietas kelapa sawit dengan karakter yang diinginkan. Namun demikian, pengujian dan evaluasi lapang dalam menghasilkan data fenotipik yang akurat tetap menjadi kunci dalam penerapan seleksi kelapa sawit berbasis molekuler.

Kata kunci: kelapa sawit, bahan tanaman, pemuliaan, genom, *marker assisted selection*

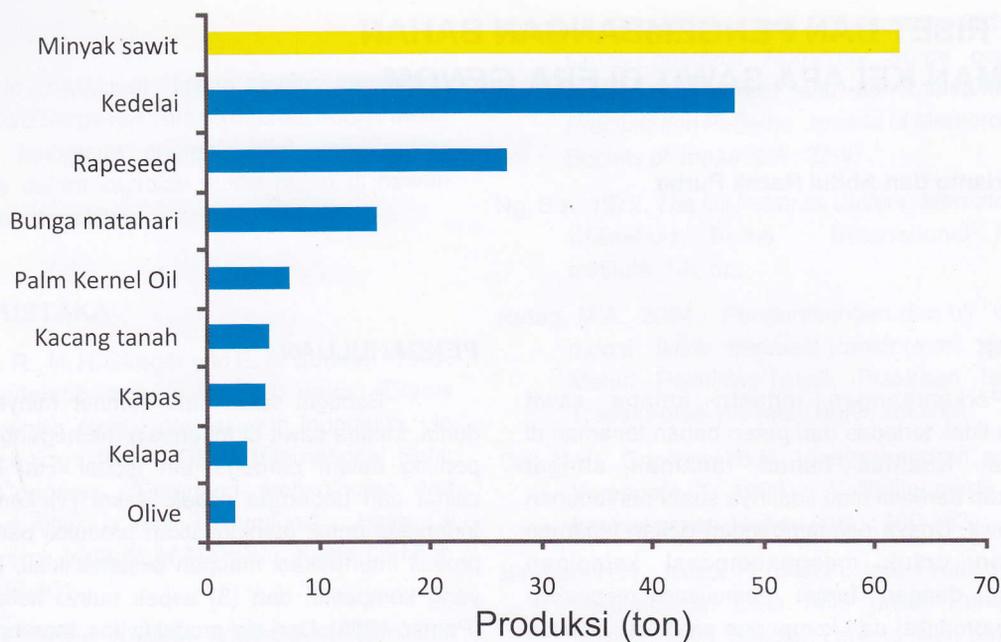
PENDAHULUAN

Sebagai salah satu sumber minyak nabati dunia, kelapa sawit di Indonesia memegang peranan penting dalam perdagangan global. Hal ini dapat dilihat dari beberapa aspek, yakni (1) kemampuan Indonesia untuk meningkatkan produksi baik melalui proses intensifikasi maupun ekstensifikasi, (2) harga yang kompetitif, dan (3) aspek nutrisi kelapa sawit (Pamin, 1998). Dari sisi produktivitas, tanaman kelapa sawit merupakan tanaman yang paling produktif dibandingkan dengan tanaman penghasil minyak nabati lainnya. Dengan rerata produksi minyak antara 4-5 ton/ha pada skala komersial, tingkat produksi minyak kelapa sawit melebihi kemampuan produksi minyak dua tanaman utama penghasil minyak nabati lainnya, yakni *rapeseed* (2 ton/ha) dan kedelai (0.5 ton/ha) (Zimmer, 2010). Produktivitas kelapa sawit diperkirakan akan terus meningkat sejalan dengan penerapan *best management practices*, dan diharapkan dapat mencapai potensi produksi sekitar 12-14 ton CPO/ha/tahun (Corley dan Tinker, 2003).

Bila ditinjau dari aspek harga, kelapa sawit merupakan komoditi yang paling kompetitif dibandingkan dengan *rapeseed* dan kedelai. Hasil kajian Zimmer (2010) menunjukkan bahwa biaya produksi untuk menghasilkan 1 ton minyak kelapa sawit sebesar USD 300, lebih rendah dibandingkan dengan biaya produksi 1 ton minyak kedelai (USD 400 – 800) dan minyak *rapeseed* (USD 500 – 1200). Hasil kajian ekonomi lainnya oleh *Thünen Institute* menunjukkan bahwa pasar minyak nabati dunia di masa depan akan dikendalikan oleh suplai minyak kelapa sawit (Anggraeni dan Zimmer, 2014). Hal ini tergambar dari produksi minyak nabati dunia pada 2014/2015 yang mencapai 175.65 juta ton (USDA, 2015), dan minyak sawit berkontribusi sebesar 62.44 juta ton atau sekitar 36% dari total produksi (Gambar 1).

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

Edy Suprianto (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamsno No. 51 Medan, Indonesia
Email: edygrey@gmail.com



Gambar 1. Produksi minyak nabati dunia 2014/2015 (USDA, 2015)

Aspek nutrisi minyak sawit dapat dilihat dari komposisi asam lemak yang dikandungnya. Minyak sawit secara umum mengandung 44% asam palmitat, 4.5% asam stearat, 36% asam oleat, 10.4% asam linoleat, dan 0.4% asam linolenat. Asam palmitat dan asam stearat termasuk ke dalam asam lemak jenuh (ALJ) dan memiliki struktur solid/padat pada suhu kamar. Sementara itu, asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat memiliki satu atau lebih ikatan rangkap pada rantai hidrokarbon, termasuk ke dalam asam lemak tak jenuh (ALTJ), dan berada pada struktur cair pada suhu kamar. Komposisi ALJ dan ALTJ yang seimbang menjadikan minyak sawit unik dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan (Pamin, 1998).

RISET DAN BAHAN TANAMAN KELAPA SAWIT

I. Bahan Tanaman Kelapa Sawit : Faktor Penting di Sektor Hulu

Perkembangan industri kelapa sawit Indonesia tidak terlepas dari peran bahan tanaman di dalamnya. Pemilihan bahan tanaman dengan kualitas unggul menjamin tingkat produksi yang stabil untuk masa ekonomi selama 25-30 tahun. Kegiatan pemuliaan kelapa sawit yang dilakukan oleh lembaga penelitian pemerintah maupun institusi swasta saat ini

telah menghasilkan bahan tanaman unggul dengan tingkat potensi sekitar 8-9 ton CPO/ha/tahun. Potensi ini jauh meningkat dibandingkan dengan bahan tanaman yang digunakan pada era 1970-an (5.4 ton/ha) dan tahun 1980an (6.4 ton/ha) (Pamin, 1998). Hingga Oktober 2015, Pemerintah Indonesia telah merilis 48 varietas kelapa sawit dengan berbagai karakter unggulan yang menyertainya.

Perakitan varietas unggul kelapa sawit dilakukan melalui proses yang sangat panjang, tenaga ahli dari berbagai bidang ilmu, lokasi pengujian yang luas, serta biaya yang cukup besar. Kegiatan perakitan ini memadukan antara teknologi, seni dan intuisi dalam proses persilangan, pengujian, seleksi, dan perbanyakan. Dalam proses pemuliaan kelapa sawit, setidaknya terdapat empat komponen yang menjadi persyaratan, yaitu: (1) materi genetik dengan variasi sifat di dalamnya, yang dikenal sebagai populasi dasar; (2) tujuan pemuliaan, yakni *ideotype* tanaman dengan sifat/karakter yang diinginkan; (3) metode seleksi, cara menguji dan memilih individu/populasi untuk sifat yang diinginkan; (4) reproduksi, metode perbanyakan benih/bahan tanaman dari individu hasil seleksi, baik melalui metode polinasi terkontrol (*controlled pollination*) untuk perbanyakan benih maupun perbanyakan tanaman secara kultur jaringan.

II. Materi genetik pemuliaan kelapa sawit

Empat benih kelapa sawit jenis dura yang diintroduksi pada tahun 1848 di Kebun Raya Bogor, dan kemudian dikembangkan di daerah Deli, Sumatera Utara menjadi populasi dasar hampir seluruh program pemuliaan kelapa sawit di dunia. Populasi ini dikenal sebagai **Dura Deli**, yang memiliki karakter cangkang yang tebal, bobot tandan yang besar, dan jumlah tandan yang sedikit. Penemuan penurunan sifat ketebalan cangkang pada kelapa sawit yang berkorelasi dengan tingkat produksi minyak oleh Beirmaert dan Vanderweyen (1941) menjadi tonggak dasar untuk pelibatan populasi tenera/pisifera dalam program pemuliaan kelapa sawit. Persilangan antara dura dan pisifera akan menghasilkan 100% tenera yang umumnya menunjukkan efek heterosis dibandingkan dengan kedua tetuanya. Populasi tenera/pisifera yang digunakan dalam pemuliaan kelapa sawit di Indonesia umumnya diintroduksi dari Afrika. Populasi ini memiliki karakter cangkang yang tipis untuk tenera, non cangkang pada pisifera, bobot tandan yang rendah, dan jumlah tandan yang banyak. Beberapa populasi pisifera/tenera yang digunakan oleh berbagai institusi pemuliaan di Indonesia antara lain: populasi SP 540, AVROS, Yangambi, La Mé, Ekona, Ghana dan Binga. Dalam rangka memperluas basis genetik kelapa sawit, Konsorsium Plasma Nutfah di bawah Dewan Minyak Sawit Indonesia (DMSI) melakukan prospeksi ke Kamerun (2008) dan Angola (2010). Dari hasil prospeksi tersebut diperoleh materi genetik kelapa sawit tipe liar dengan karakter yang sangat bervariasi, dan beberapa di antara menunjukkan karakter unggul seperti cepat menghasilkan (*high precocity*) dan tangkai tandan yang panjang.

Selain *E. guineensis*, terdapat kerabat liar *E. oleifera* yang dikenal sebagai *American oil palm*. Kelapa sawit *E. oleifera* berasal dari wilayah Amerika Selatan, memiliki tingkat produksi yang rendah namun unggul dalam kualitas minyak dan komposisi asam lemak tak jenuh, pertumbuhan meninggi yang lambat, rendah aktivitas enzim lipase, serta relatif tahan terhadap penyakit *bud rot* dan *vascular wilt*. Beberapa plasma nutfah *E. oleifera* telah diintroduksi ke Indonesia pada periode 1950-an, berasal dari Suriname dan Brazil.

III. Tujuan pemuliaan: mengakomodasi keinginan konsumen

Produksi minyak yang tinggi masih menjadi fokus utama dalam program pemuliaan kelapa sawit. Fokus lainnya adalah merakit varietas yang memiliki sifat ketahanan/toleransi terhadap penyakit, khususnya penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense*. Seiring dengan tuntutan konsumen yang menaruh perhatian kepada faktor kualitas minyak, tujuan pemuliaan juga diarahkan untuk merakit varietas dengan kandungan beta karoten dan asam lemak tak jenuh khususnya asam oleat yang tinggi, dan tambahan komponen minor lainnya seperti *tocopherol* dan *tocotrienol*. Karakter-karakter yang memudahkan untuk panen, seperti tanaman dengan laju pertumbuhan meninggi yang lambat, tangkai tandan yang panjang, buah yang tidak mudah memberondol, dan perbedaan warna buah yang jelas antara tandan mentah dan tandan matang juga mulai menjadi perhatian para pemulia kelapa sawit. Pengembangan kelapa sawit di wilayah-wilayah marginal menuntut ketersediaan bahan tanaman yang adaptif pada kondisi sub-optimum, seperti toleran terhadap kekeringan, adaptif di dataran tinggi, dan toleran pada tanah dengan kemasaman yang tinggi (Tabel 1).

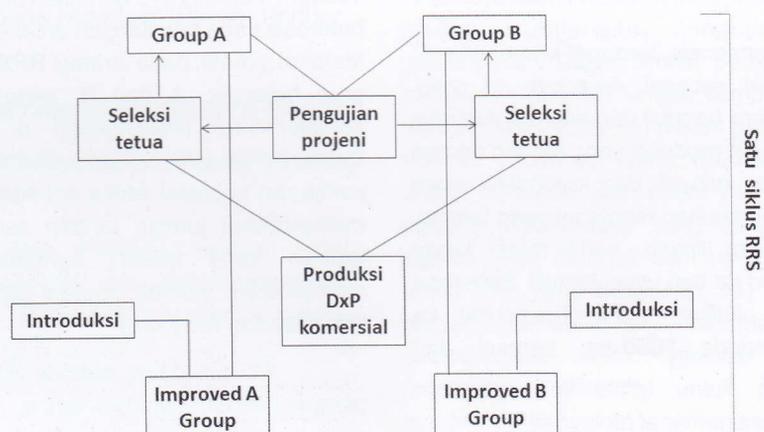
IV. Metode pemuliaan: sinergi antara klasik dan molecular breeding

Salah satu metode seleksi yang diterapkan dalam pemuliaan kelapa sawit adalah *reciprocal recurrent selection* (RRS) yang didesain pada tahun 1950an. Metode RRS bertujuan untuk mengeksploitasi heterosis pada persilangan antara orijin-orijin tertentu. Material genetik pada strategi RRS dibagi menjadi dua grup heterotik, A dan B, yang memiliki sifat-sifat *komplementer* (melengkapi) di antara keduanya. Dalam hal ini populasi dura Deli sebagai Grup A dan campuran populasi Afrika sebagai grup B. Grup Deli memproduksi jumlah tandan sedikit, namun bobot tandan yang besar, sementara Grup Afrika memproduksi jumlah tandan yang banyak dengan bobot tandan yang kecil.

Prinsip dasar metode RRS terdiri atas: (1) pengembangan populasi dasar, (2) pengembangan progeni dari tetua-tetua terpilih di populasi dasar, (3)

Tabel 1. Lingkup pemuliaan dan target karakter untuk perbaikan

Lingkup Pemuliaan	Karakter
Produksi dan Komponen Produksi	<ul style="list-style-type: none"> • Kandungan minyak per tandan tinggi (rendemen tinggi) • Produksi minyak tinggi • Cepat menghasilkan (<i>high precocity</i>) • Stabilitas hasil
Kualitas minyak	<ul style="list-style-type: none"> • Kandungan oleat (C18:1) tinggi • Kandungan beta karoten tinggi • Kandungan tocopherol & tocotrienol tinggi
Kemudahan untuk panen	<ul style="list-style-type: none"> • Laju pertumbuhan meninggi yang lambat • Tanaman yang kompak • Tangkai tandan panjang • Buah tidak mudah memberondol • Aktivitas enzim lipase rendah • Perbedaan warna buah yang jelas antara kondisi mentah dan matang • Pelepah yang mudah dipotong saat panen
Ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik	<ul style="list-style-type: none"> • Tahan terhadap <i>Ganoderma</i> sp. • Toleran terhadap kekeringan • Adaptif di dataran tinggi dan suhu rendah • Toleran dengan kemasaman yang tinggi
Fisiologi tanaman	<ul style="list-style-type: none"> • Efisien dalam penggunaan hara dan air • Efisien dalam fotosintesis



Gambar 2. Skema umum satu siklus *reciprocal recurrent selection*

evaluasi atau *testing* projeni, (4) rekombinasi tetua-tetua terbaik berdasarkan hasil evaluasi projeni. Di dalam pelaksanaannya, terdapat proses pengujian di lapang untuk mengetahui daya hasil dari persilangan antar tetua. Pengujian dilakukan dengan menanam hasil persilangan berdasarkan desain percobaan tertentu di berbagai lokasi. Pengujian dilakukan minimal 7 tahun, untuk mengetahui keragaan pertumbuhan saat masa belum menghasilkan (sekitar 3 tahun) dan keragaan produksi (tanaman menghasilkan) selama 4 tahun berturut-turut. Pada masa pengujian ini, berbagai paramater seleksi diamati, khususnya yang berkaitan dengan hasil dan komponen hasil, toleransi terhadap penyakit, dan kualitas minyak yang dihasilkan. Secara umum, satu siklus pemuliaan kelapa sawit dengan metode RRS memerlukan waktu sekitar 15-20 tahun (Gambar 2).

V. *Molecular breeding*: menuju percepatan siklus pemuliaan

Istilah *molecular breeding* mengacu kepada strategi pemuliaan di mana marka molekuler digunakan sebagai substitusi maupun pendukung untuk seleksi fenotipik dalam rangka mempercepat program pengembangan dan perbaikan bahan tanaman (Ribaut *et al.* 2010). *Molecular breeding* diarahkan untuk mencari marka molekuler di level DNA yang berasosiasi dengan karakter-karakter unggulan, sehingga kegiatan seleksi nantinya dapat dilakukan lebih awal, dan dapat mereduksi siklus seleksi. Penggunaan marka molekuler untuk membantu kegiatan seleksi dikenal sebagai *marker assisted selection* (MAS). Metode ini sudah banyak diterapkan untuk pemuliaan tanaman semusim seperti jagung, gandum, dan barley. Untuk tanaman kelapa sawit, penelitian tentang metode ini tengah berjalan dan masih terus dikembangkan. Lingkup kegiatan *molecular breeding* pada kelapa sawit mencakup identifikasi gen-gen yang terkait sifat penting melalui pendekatan pemetaan genetik maupun *association mapping*, analisis keragaman genetik, analisis sidik jari (*fingerprinting*) untuk uji legitimasi persilangan, dan seleksi genomik (*genomic selection*).

Beberapa hasil penelitian molekuler terkait dengan sifat-sifat penting telah dipublikasikan. Singh *et al.* (2013) dari MPOB (*Malaysian Palm Oil Board*) berhasil menguraikan basis genetik sifat ketebalan cangkang yang mengontrol tingkat produksi minyak pada kelapa sawit. Melalui proses pemetaan genetik

dan sekuensing DNA, Singh *et al.* (2013) mengidentifikasi gen SHELL yang bertanggung jawab atas perbedaan tipe kelapa sawit. Penanda (marka) gen SHELL dapat digunakan oleh produsen benih untuk mengurangi atau menghilangkan kontaminasi dura, dan untuk membedakan tanaman dura, tenera dan pisifera pada saat di pembibitan, jauh sebelum tanaman ditanam ke lapang. Bagi pemulia kelapa sawit, marka ini sangat membantu untuk memisahkan tanaman berdasarkan sifat ketebalan cangkangnya, sehingga lebih efisien dalam penggunaan areal pertanaman (Singh *et al.* 2013).

Riset yang dilakukan oleh Ong-Abdullah *et al.* (2015) menunjukkan bahwa sifat bunga mantel yang banyak ditemukan pada pertanaman kelapa sawit hasil kultur jaringan merupakan konsekuensi dari modifikasi epigenetik pada *transposable element* KARMA yang termasuk ke dalam B-Class gen MADS-box EgDEF1 (disebut juga sebagai gen MANTLED). B-Class pada gen MADS-box berfungsi dalam identitas stamen (benang sari), dan dapat ditemukan (*conserved*) pada tanaman monokotil. Hasil riset tentang gen MANTLED memberikan harapan terhadap pengembangan teknologi kultur jaringan yang selama ini masih berkuat pada masalah abnormalitas pembungaan (Ong-Abdullah *et al.* 2015). Identifikasi planlet yang memiliki potensi berbunga mantel pada fase dini diharapkan dapat mengurangi kehilangan hasil akibat munculnya bunga abnormal di lapang.

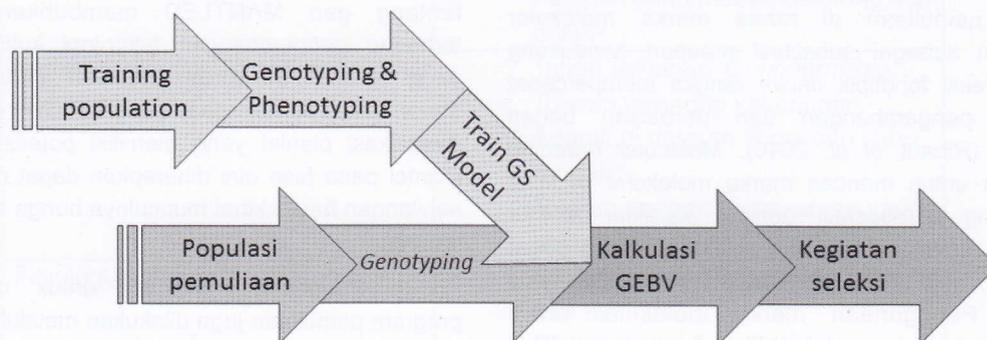
Penelitian molekuler untuk mendukung program pemuliaan juga dilakukan melalui identifikasi kekerabatan genetik antara populasi liar asal Kamerun dan Angola dengan *advanced breeding population*. Hasil kajian Wening *et al.* (2014) telah mengidentifikasi beberapa individu kelapa sawit liar asal Kamerun memiliki jarak genetik yang dekat dengan populasi A (group Dura) dan beberapa lainnya memiliki kedekatan dengan populasi B (grup Afrika) pada program RRS. Hasil analisis kekerabatan genetik ini akan bermanfaat dalam manajemen plasma nutfah dan penyusunan strategi introgresi populasi Kamerun ke dalam kegiatan pemuliaan yang sedang berjalan.

Identifikasi gen yang berasosiasi dengan karakter-karakter yang menjadi target pemuliaan untuk kualitas minyak juga telah dilakukan. Montoya *et al.* (2013) telah mengidentifikasi gen-gen yang terkait dengan komposisi asam lemak, termasuk asam oleat.

Gen yang terkait dengan aktivitas enzim lipase juga telah diketahui melalui penelitian Morcillo *et al.* (2013). Seleksi projeni yang memiliki aktivitas enzim lipase yang rendah dengan menggunakan marka yang terkait dengan gen lipase (EgLIP1) diharapkan dapat menghasilkan kelapa sawit dengan kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid*) yang rendah sehingga minyak yang dihasilkan bermutu tinggi.

Seleksi genomik (*genomic selection*) merupakan salah satu bentuk dari seleksi berbantuan marka (*marker assisted selection*) yang dapat memperbaiki skema pemuliaan tanaman dan ternak. Seleksi genomik bersandar pada cakupan marka yang sangat rapat (*dense*) pada level genom untuk menghasilkan estimasi nilai pemuliaan (*genomic estimated breeding value*, GEBV) melalui suatu joint analysis dari seluruh marka. Pada seleksi genomik, terdapat sekelompok individu tanaman yang telah diketahui informasi fenotipik dan genotipiknya yang kemudian dijadikan sebagai *training population* untuk

penyusunan dan kalibrasi model untuk estimasi GEBV (Gambar 3). Model yang telah disusun kemudian digunakan untuk memprediksi GEBV dari populasi lain yang hanya memiliki data genotipik (*testing population*). Hasil penelitian Cros *et al.* (2014) menunjukkan bahwa seleksi genomik pada kelapa sawit memiliki akurasi antara 0.49 untuk karakter rasio mesokarp per buah hingga 0.91 untuk karakter bobot buah. Hasil analisis juga menunjukkan terdapat korelasi positif antara *training population* dan *testing population*. Hal yang perlu dicatat adalah akurasi pada seleksi genomik ini sangat bergantung pada kedekatan jarak genetik antara *training population* dan *testing population*, jumlah dan tipe marka yang digunakan, arsitektur genetik/heritabilitas karakter yang menjadi target, dan metode statistik yang digunakan untuk mengestimasi GEBV. Bagi pemuliaan tanaman tahunan seperti kelapa sawit, seleksi genomik diharapkan dapat memperpendek siklus seleksi dan meningkatkan intensitas seleksi.



Gambar 3. Diagram proses seleksi genomik (modifikasi dari Heffner *et al.* 2009).

PENUTUP

Evaluasi lapang tetap menjadi kunci

Semakin berkembangnya teknologi molekuler pendukung kegiatan pemuliaan mempermudah bagi para pemulia kelapa sawit untuk merakit varietas kelapa sawit dengan karakter yang diinginkan. Namun demikian, pengujian dan evaluasi lapang dalam menghasilkan data fenotipik yang akurat tetap menjadi kunci dari seluruh aktivitas pemuliaan. Hal ini disebabkan untuk bisa menghasilkan data fenotipik yang akurat diperlukan desain percobaan yang memadai, metode pengamatan yang tepat, serta waktu dan tenaga kerja yang besar. Areal dengan

lingkungan yang bervariasi akan menghasilkan data fenotipik yang bervariasi, sementara untuk pengujian projeni kita selalu berusaha untuk meminimalisir faktor lingkungan. Di sini peran *precision farming* diperlukan bagi pemulia. Karakterisasi areal pengujian dengan menggunakan remote sensing diharapkan dapat membantu informasi mengenai homogenitas lahan. Penggunaan *remote sensing camera* melalui *unmanned aerial vehicle* (UAV) untuk mengestimasi tingkat produksi kelapa sawit pada kelas lahan tertentu, identifikasi aktivitas fotosintesis, tingkat serangan penyakit di lapangan, tingkat adaptasi pada wilayah kering, dan karakter morfologi seperti bentuk kanopi, akan sangat membantu pemulia kelapa sawit.

Hal lain yang perlu dicatat adalah kaidah-kaidah statistik yang menyangkut desain percobaan, jumlah sampel pengamatan, metode pengamatan standar untuk setiap karakter, serta analisis data yang sesuai dengan desain percobaan menjadi sama pentingnya dengan pengembangan teknologi molekuler. Sinergi antara bidang genetika kuantitatif, penelitian genom, bioinformasi, dan kegiatan pengujian lapang dengan dukungan *precision phenotyping* akan menghasilkan program pemuliaan yang solid untuk merakit varietas-varietas yang lebih handal di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, D dan Y. Zimmer. 2014. *Palm Oil – Economics of the driver of global vegetable oil markets*. <http://www.agribenchmark.org/fileadmin/Dateiablage/B-Cash-Crop/Conferences/2014/Presentations-GF/DessyAnggraeni-CCC14-palm-oil.pdf>. 21 Desember 2015.
- Barcelos E, Rios S de A, Cunha RN V, Lopes R, Motoike SY, Babiychuk E, Skiryecz A, Kushnir S. 2015. *Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement*. *Front Plant Sci* 6:190.
- Beirnaert, A. D. F., & Vanderweyen, R. 1941. *Contribution a l'étude génétique et biométrique des variétés d'Elaeis guineensis Jacquin. Communication sur le palmier a huile No.4*. INEAC, Bruxelles. 101p.
- Corley, R dan P. Tinker. 2003. *The Oil Palm*. Blackwell Science. 562p
- Cros, D., M.Denis, L.Sánchez, B. Cochard, A.Flori, T.Durand-Gasselín, B.Nouy, A.Omoré, V.Pomiès, V.Riou, E.Suryana, J.M.Bouvet (2014) *Genomic selection prediction accuracy in a perennial crop: case study of oil palm (Elaeis guineensis Jacq.)*. *Theor Appl Genet* 128(3):397-410.
- Ditjenbun. 2014. Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2014: Kelapa Sawit. Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Heffner, E.L., M.E.Sorrells, J.L.Jannink (2009) *Genomic Selection for Crop Improvement*. *Crop Sci* 49:1-12
- Montoya, C., R.Lopes, A.Flori, D.Cros, T.Cuellar, M.Summo, S.Espeout, R.Rivallan, A.M.Risterucci, D.Bittencourt, J.Zambrano, G.W.Alarcón, P.Villeneuve, M.Pina, B.Nouy, P.Amblard, E.Ritter, T.Leroy, N.Billotte. 2013. *Quantitative trait loci (QTLs) analysis of palm oil fatty acid composition in an interspecific pseudo-backcross from Elaeis oleifera (H.B.K.) Cortés and oil palm (Elaeis guineensis Jacq.)*. *Tree Genet Genomes* 9:1207–1225.
- Morcillo, F., D.Cros, N.Billotte, G.F.Ngando-Ebongue, H.Domonhédó, M.Pizot, T.Cuéllar, S.Espéout, R.Dhouib, F.Bourgis, S.Claverol, T.J.Tranbarger, B.Nouy, V.Aronel (2013) *Improving palm oil quality through identification and mapping of the lipase gene causing oil deterioration*. *Nat Commun* 4:2160.
- Ong-Abdullah, M., J.M.Ordway, N.Jiang, S.E.Ooi, S.Kok, N.Sarpan, N.Azimi, A.T.Hashim, Z.Ishak, S.K.Rosli, F.A.Malike, N.A.A .Bakar, M.Marjuni, N.Abdullah, Z. Yaakub, M.D.Amiruddin, R.Nookiah, R.Singh, E.L.Low, K.Chan, N.Azizi, S.W.Smith, B.Bacher, M.A .Budiman, A.Van Brunt, C.Wischmeyer, M.Beil, M.Hogan, N.Lakey, C.Lim, X.Arulandoo, C.K.Wong, C.Choo, W.Wong, Y. Kwan, S.S.R.S. Alwee, R. Sambanthamurthi, R.A. Martienssen. 2015. *Loss of Karma transposon methylation underlies the mantled somaclonal variant of oil palm*. *Nature* 525:533–537
- Pamin, K. 1998. *A hundred and fifty years of oil palm development in Indonesia: From the Bogor Botanical Garden to the Industry. Proceedings 1998 International Oil Palm Conference: Commodity of the past, today, and future*. Hal 3-23.
- Ribaut, J.M., M. de Vicent, X. Delannay .2010. *Molecular breeding in developing countries: challenges and perspectives*. *Curr Opin Plant Biol* 13:213–218.
- Singh, R, E.L.Low, L.C.L.Ooi, M. Ong-Abdullah, N.C.Ting, J.Nagappan, R.Nookiah, M.D.Amiruddin, R Rosli, MAAManaf,K.Chan, M.A.Halim, N.Azizi, N.Lakey, S.W.Smith, M.A.Budiman, M.Hogan, B.Bacher, A. Van Brunt, C.Wang, J.M. Ordway, R.Sambanthamurthi, R.A.Martienssen (2013) *The oil palm SHELL gene controls oil yield and encodes a homologue of SEEDSTICK*. *Nature* 500:340–4
- USDA (2015) *Oil Crops Yearbook*. <http://www.ers.usda.gov/data-products/oil-crops-yearbook.aspx>. 21 Desember 2015.
- Wening, S., D.A. Ningrum, Y. Yenni, dan A.R. 2014. Purba. Analisis keragaman genetik kelapa sawit liar dari Kamerun menggunakan simple sequence repeat (SSR). *J. Pen. Kelapa Sawit* 22 (3):113-122
- Zimmer, Y. 2010. *Competitiveness of rapeseed, soybeans and palm oil*. *J Oilseed Brassica* 1:84–90.