

PERBAIKAN GENETIK SIFAT PRODUKSI SUSU DAN KUALITAS SUSU SAPI FRIESIAN HOLSTEIN MELALUI SELEKSI

ANNEKE ANGGRAENI

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002

(Makalah masuk 28 November 2011 – Disetujui 19 Januari 2012)

ABSTRAK

Produksi susu dan kualitas susu sangat menentukan perkembangan industri persusuan nasional. Susu segar di dalam negeri sebagian besar dihasilkan oleh sapi perah Friesian Holstein (FH). Terdapat variasi yang luas dari kemampuan genetik sapi betina dalam menghasilkan susu ataupun pejantan dalam mewariskan produksi susu, sehingga memberi peluang perbaikan genetik sifat produksi susu melalui seleksi. Produksi susu sebagai salah satu sifat kuantitatif, dalam evaluasi genetik diestimasi berdasarkan nilai pemuliaan. Nilai pemuliaan dapat diestimasi secara akurat melalui penggunaan metode seleksi yang tepat dan memperhitungkan berbagai faktor nongenetik yang mempengaruhi sifat produksi susu. Makalah ini memfokuskan bahasan pada metode seleksi sifat produksi susu yang umum dilakukan pada sapi perah. Untuk menghasilkan sapi perah bibit unggul, dilakukan metode seleksi pejantan melalui uji progeni, sedangkan metode seleksi individual dilakukan pada betina dan kerabat betinanya. Sejumlah faktor lingkungan internal perlu dipertimbangkan dalam evaluasi genetik sifat produksi susu, melalui pengembangan perangkat faktor koreksi yang sesuai, sehingga meningkatkan akurasi dari estimasi nilai pemuliaan. Kualitas susu khususnya kadar protein susu kedepannya akan mendapatkan perhatian lebih besar dari konsumen. Oleh karena itu, seleksi perlu diarahkan pula untuk memperbaiki kadar protein susu. Adanya kontrol gen-gen major terhadap kadar protein susu, diharapkan menjadi cara efektif dalam meningkatkan kadar protein susu sapi FH domestik. Seleksi sapi perah unggul kadar protein susu, dilakukan melalui identifikasi polimorfisme genotipe gen protein susu, meliputi famili gen kasein dan *whey*.

Kata kunci: Friesian-Holstein, seleksi, produksi susu, protein susu

ABSTRACT

GENETIC IMPROVEMENT OF MILK QUANTITY AND MILK QUALITY IN HOLSTEIN FRIESIAN CATTLE BY SELECTION

Milk yield and milk quality are essential in determining the development of national dairy industry. Domestic fresh milk is largely produced by Holstein Friesian cows. There is a wide variation of the genetic ability of cows to produce milk or bulls to transmit milk, thus giving the opportunity for the improvement of milk production trait through selection. Milk yield as one of the quantitative traits, in the genetic evaluation, is estimated based on a breeding value. Breeding value can be estimated accurately through appropriate selection methods and by considering various non-genetic factors influencing milk production. This paper focuses the discussion on milk selection methods, which are very commonly done in dairy cattle. To produce superior dairy breeding cattle, selection for the bulls were done by progeny testing method, whereas selection for cows were commonly by individual selection method and their siblings. A number of internal environment factors should be considered in the genetic evaluation of milk production, through the development of appropriate correction factors, thereby increasing the accuracy of the estimated breeding values. The quality of milk especially milk protein contents, in the future, will get more attention from consumers. Therefore, selection should be directed also to improve milk protein components. The existence of major genes controlling on milk protein contents is expected to be the effective way in increasing milk protein yield in domestic HF cow. Selection of superior breeding dairy cattle in producing high milk protein contents is done through the identification of polymorphism of milk protein genes, providing casein and whey family genes.

Key words: Holstein Friesian, selection, milk yield, milk protein

PENDAHULUAN

Produksi susu di dalam negeri saat ini baru memenuhi sekitar 35% dari kebutuhan nasional. Susu segar di dalam negeri diproduksi oleh sekitar 495.089 ekor sapi perah bangsa Friesian Holstein (FH) (DITJENNAK, 2010). Populasi sapi FH tersebut sebagian besar berada di Pulau Jawa, yang terkonsentrasi di

Jatim (46,8%), Jabar (25,2%) dan Jateng (24,9%). Sisanya dalam jumlah sangat kecil berada di luar Jawa. Selama beberapa tahun terakhir (2006 – 2010), populasi sapi perah nasional mengalami peningkatan cukup baik sekitar 7,9% per tahun, disebabkan penambahan jumlah keturunannya dan importasi sapi-sapi FH betina.

Produksi susu merupakan faktor esensial dalam menentukan keberhasilan usaha sapi perah, karena jumlah susu yang dihasilkan akan menentukan pendapatan peternak. Selain itu, kualitas susu seperti *solid non fat* (SNF), lemak, dan *total plate count* (TPC) juga menjadi pertimbangan dalam penjualan susu segar dan penyesuaian harga susu tingkat peternak. Pada masa mendatang, terbuka peluang meningkatnya permintaan susu segar dengan kualitas yang semakin baik. Kadar protein dapat menjadi pertimbangan konsumen dalam mengkonsumsi susu segar, untuk memenuhi kebutuhan gizi anak-anak balita dan anak usia sekolah, agar mencapai pertumbuhan dan tingkat kecerdasan yang baik. Susu berkadar protein tinggi juga diperlukan dalam proses olahan untuk menghasilkan produk-produk olahan susu berkualitas. Gabungan Koperasi Susu Indonesia (GKSI) dalam suatu kesempatan telah menginformasikan bahwa beberapa Industri Pengolahan Susu (IPS) mulai membutuhkan susu segar berkadar protein tinggi sebagai bahan baku untuk diolah menjadi produk berkualitas seperti untuk pembuatan keju (GKSI, 2009 komunikasi pribadi).

Sapi perah FH cenderung mengalami penurunan performans produksi ketika dipelihara pada kondisi berbeda, seperti pada budidaya di peternak rakyat dibawah cekaman iklim tropis Indonesia. Pengaruh interaksi faktor genetik dan lingkungan diperkirakan sebagai faktor pembatas yang nyata. Meskipun demikian, terdapat variasi dari kemampuan individual ternak dalam menghasilkan susu dan beradaptasi dengan lingkungannya. Oleh karena itu, seleksi menjadi salah satu cara pemuliaan yang perlu dilakukan untuk memproduksi sapi perah bibit dengan tingkat kemampuan produksi susu tinggi, sesuai kondisi budidaya yang ada di peternak rakyat khususnya di daerah sentra produksi di Pulau Jawa.

Seleksi diperlukan pula dalam perbaikan genetik sifat kualitas susu. Adanya perkembangan pesat di bidang bioteknologi molekular saat ini, telah memberi harapan baru bagi pemulia untuk melakukan seleksi pada taraf molekular, melalui aplikasi *marker assisted selection* (MAS) ataupun gen-gen major sebagai gen-gen kandidat seleksi. Pada sapi perah diketahui terdapat kontrol gen-gen major terhadap sifat kualitas susu, diantaranya adalah kontrol gen-gen major terhadap kadar protein susu. Kegiatan seleksi untuk menghasilkan sapi perah bibit yang memiliki keunggulan kadar protein susu melalui identifikasi polimorfisme genotipe dari famili gen protein susu, diperkirakan menjadi cara efektif. Hal ini sangat dimungkinkan disebabkan kadar dan komposisi dari protein susu sapi perah dikontrol utamanya oleh dua famili gen, yaitu kasein dan *whey*. Kasein sebagai komponen terbanyak dari protein susu (78 – 82%) dikontrol oleh empat gen kasein (α_{s1} -, β -, α_{s2} -, dan κ -

kasein) yang sangat berdekatan pada kromosom 6/BTA 6q31 (THREADGILL dan WOMACK, 1990; RIJNKELS *et al.*, 1997). Hal ini menyebabkan dalam pewarisannya sering bersifat sebagai klaster, sehingga gen-gen kasein sangat potensial untuk dieksplorasi sebagai cara seleksi sifat protein susu sapi perah. Meskipun *whey* merupakan komponen protein susu dalam porsi lebih rendah (12 – 18%), tetapi dua jenis protein ini (β -laktoglobulin dan α -laktalbumin) memiliki porsi cukup besar (13,5%). Beberapa gen *whey* juga berperan penting dalam sistem pertahanan tubuh, seperti immunoglobulin, laktoferin dan laktoferoksidasi.

Makalah ini membahas seleksi sifat produksi susu menggunakan metode seleksi yang umum diterapkan pada sapi perah, meliputi seleksi sapi jantan melalui uji progeni dan seleksi betina melalui uji penampilan individu. Pengaruh lingkungan internal dan pengembangan faktor koreksinya terhadap produksi susu juga dibahas, sehingga estimasi nilai pemuliaan sifat produksi susu menjadi akurat. Diuraikan pula peluang pemanfaatan gen-gen major protein sebagai cara seleksi sifat kadar protein susu sapi perah di dalam negeri.

PRODUKTIVITAS SAPI PERAH

Industri persusuan sapi perah nasional mulai berkembang pesat sejak awal tahun 1980. Saat itu, pemerintah mulai melakukan berbagai usaha untuk meningkatkan kapasitas produksi susu segar di dalam negeri, disebabkan kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. Untuk meningkatkan populasi, sapi perah FH betina (dara bunting) di impor secara teratur dalam jumlah besar. Kegiatan importasi mampu menambah populasi sapi secara cepat, diikuti peningkatan produksi susu segar secara signifikan. Meskipun demikian, dalam perkembangan usaha sapi perah nasional, kenaikan produksi susu lebih dikarenakan penambahan populasi, belum dimbangi oleh perbaikan produktivitas ternak. Hal ini dapat diilustrasikan dari hasil kajian data tentang perkembangan populasi dan produksi susu sapi perah (DITJENNAK, 2010). Atas dasar asumsi proporsi sapi betina laktasi 54%, diperoleh rataan produksi susu segar per laktasi per induk saat ini sekitar 3.471 kg. Kemampuan tersebut hanya sedikit meningkat dibandingkan dengan kemampuan produksi susu sapi induk misal pada dua puluhan tahun sebelumnya, yaitu sekitar 2.798 kg (DITJENNAK, 1991). Bila dibandingkan dengan prestasi sapi FH di negara iklim sedang dan dingin seperti Inggris sekitar 7.406 kg (UK LIVESTOCK STATISTIC, 2010), maka kemampuan produksi susu sapi FH domestik saat ini hanya sekitar setengahnya. Prestasi tersebut jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan sapi perah Holstein kandidat evaluasi genetik di

USA, yang saat ini produksi susunya mencapai sekitar 15.075 kg (USA HOLSTEIN ASSOCIATION, 2011).

Sapi FH yang dikenal sebagai salah satu sapi perah *Bos taurus* berkemampuan produksi susu tinggi di daerah asalnya, ternyata cukup sulit mempertahankan potensi genetiknya untuk memproduksi susu pada kondisi cekaman tropis Indonesia. Hal ini ditunjukkan dengan inferioritas produktivitas seperti lambatnya pertumbuhan (ANGGRAENI *et al.*, 2008), tertundanya umur beranak pertama (ANGGRAENI *et al.*, 2008), memanjangnya interval beranak (dan komponennya) (ANGGRAENI *et al.*, 2008; ANGGRAENI, 2009), dan rendahnya produksi susu (ANGGRAENI, 2007a; ANGGRAENI *et al.*, 2008).

Pada sistem pemeliharaan intensif di stasiun bibit BPTU Baturraden dengan kondisi iklim yang cukup nyaman bagi sapi perah di wilayah pegunungan (kaki Gunung Slamet), Kec. Baturraden, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, sapi FH mengalami penundaan umur beranak, masa kosong, dan selang beranak yang mencapai sekitar 29 bulan, 136 hari dan 408 hari (ANGGRAENI, 2007b); sedangkan di wilayah pegunungan di BPPT-SP Cikole, Kec. Lembang, Kab. Bandung, Jawa Barat, ketiga indeks reproduksi tersebut mencapai sekitar 33 bulan, 141 hari dan 418 hari (ANGGRAENI *et al.*, 2008). Terjadi pula penurunan produksi susu dari sapi FH laktasi. Pada BPTU Baturraden produksi susu harian, tahunan dan laktasi lengkap diperoleh masing-masing sebanyak 14,3 kg, 3.895 kg, dan 4.335 kg (ANGGRAENI, 2007a); sedangkan pada BPPT-SP Cikole diperoleh masing-masing sebanyak 14,3 kg, 4.105 kg, dan 4.558 kg (ANGGRAENI *et al.*, 2008).

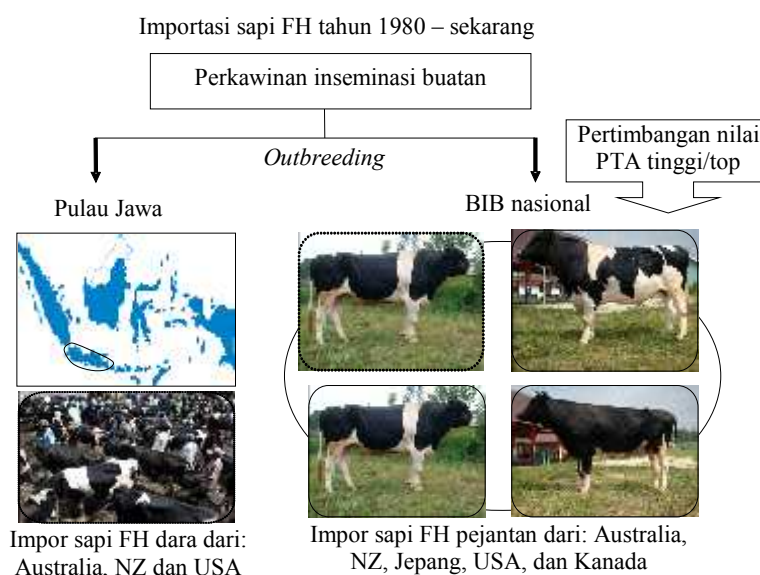
Eskpansi budidaya sapi perah lebih luas ke daerah dataran rendah memberikan cekaman panas tropis semakin besar, mengakibatkan penurunan produktivitas

semakin serius (ANGGRAENI dan ISKANDAR, 2008). Penurunan produktivitas sapi perah *Bos taurus* yang dibudidayakan oleh peternak kecil dengan segala keterbatasannya diperparah pengaruh cekaman tropis, juga terjadi pada negara-negara tropis di wilayah Asia, Afrika dan Amerika Latin.

Berbagai kondisi tersebut menunjukkan bahwa sapi perah *Bos taurus* akan menampilkan kinerja produksi yang menurun jika dipelihara pada kondisi budidaya inferior dan iklim panas. Hal ini diperkirakan karena adanya interaksi pengaruh faktor genetik dan lingkungan.

PERBAIKAN GENETIK SAPI PERAH NASIONAL

Program perkawinan sapi FH di dalam negeri selama ini pada dasarnya lebih diarahkan pemerintah kepada sistem perkawinan *out breeding* agar sapi perah rumpun FH terjaga kemurniannya, sehingga diharapkan dapat mengeskpresikan kinerja produksi susu cukup tinggi dari generasi ke generasi (ANGGRAENI dan ISKANDAR, 2008). Material genetik sapi FH yang membentuk *gene pool* sapi perah di dalam negeri merupakan kombinasi gen dari berbagai galur sapi FH. Sapi FH betina sebagian besar berasal dari Australia dan New Zealand, dengan proporsi lebih kecil dari AS. Sapi FH pejantan unggul sebagai sumber semen beku yang diproduksi oleh BIB Nasional, didatangkan dari banyak negara, sehingga merupakan sumber materi genetik sapi FH dari banyak galur, seperti dari Australia, New Zealand, Jepang, AS dan Kanada (ANGGRAENI dan ISKANDAR, 2008). Gambar 1 mengilustrasikan alur perbaikan genetik sapi perah FH nasional.



Gambar 1. Alur perbaikan genetik dalam pengembangan sapi FH di Indonesia

Sapi pejantan unggul yang dipakai oleh BIB Nasional untuk menghasilkan semen beku sebagian sudah melewati proses pemilihan pejantan sangat ketat. Dalam proses pembelian pejantan FH dari negara importir, BIB Nasional memilih sapi pejantan hasil uji progeni di negara asal dengan kemampuan pewarisan produksi susu atau *Predicted Transmitting Ability* (PTA) pada peringkat atas (*top*) untuk dijadikan pejantan sumber semen beku di dalam negeri.

Pengaturan perkawinan untuk meminimalkan terjadinya perkawinan kerabat dekat terutama antara sapi betina dengan bapaknya, sudah mulai dilakukan oleh BIB Nasional dan sebagian oleh koperasi susu. Meskipun demikian, upaya secara langsung untuk menghasilkan sapi perah bibit, baik pejantan maupun sapi betina dengan kemampuan produksi susu yang tinggi, belum berjalan secara baik dan teratur.

SELEKSI SIFAT PRODUKSI SUSU

Pada kondisi usaha peternakan sapi perah di Indonesia, produksi susu saat ini merupakan sifat yang pertama kali mendapatkan prioritas dalam perbaikan genetik sapi perah. Dengan demikian target penting seleksi bibit pada sapi perah utamanya menghasilkan pejantan berkemampuan mewariskan sifat produksi susu tinggi pada anaknya dan menghasilkan induk dengan produksi susu tinggi dan penggunaan input produksi secara efisien.

Seleksi pada dasarnya adalah mengidentifikasi keunggulan genetik ternak, untuk sifat yang diinginkan dengan cara mengestimasi nilai pemuliaannya. Menurut CHACKO dan SCHNEIDER (2005) secara garis besar ada empat metode untuk mengestimasi nilai pemuliaan ternak, yaitu: a) seleksi individu atas dasar nilai fenotipe ternak itu sendiri; b) seleksi *sib* atas dasar hubungan kekerabatannya (saudara); c) uji progeni atas dasar penampilan anak betina (dari pejantan); dan d) *animal model* atas dasar catatan produksi dari ternak itu sendiri dilengkapi informasi familinya. Pada sapi perah, menurut SCHMIDT *et al.* (1988) seleksi ditujukan terutama untuk menghasilkan pejantan yang memiliki kemampuan mewariskan sifat produksi susu tinggi pada anaknya dan menghasilkan sapi betina berkemampuan produksi susu tinggi dan penggunaan *input* produksi secara efisien. Respon kemajuan genetik dari seleksi yang dilakukan tentunya akan ditentukan oleh keragaman genetik, akurasi seleksi, intensitas seleksi dan interval generasi.

SELEKSI SAPI PERAH BIBIT

Seleksi pejantan

Seleksi pejantan memberikan andil besar dalam perbaikan genetik sifat produksi susu, karena

kemampuannya untuk menghasilkan anak dalam jumlah besar dalam waktu relatif singkat (WIGGANS *et al.*, 1984). Sapi jantan tidak dapat mengekspresikan secara langsung sifat produksi susu, sehingga untuk mengetahui potensi genetiknya, sangat umum diestimasi melalui uji progeni, yang membandingkan rataan produksi susu anak-anak betinanya terhadap anak-anak betina pejantan lain (WIGGANS *et al.*, 1984; SCHMIDT *et al.*, 1988; CHACKO dan SCHNEIDER, 2005). Agar diperoleh kemajuan genetik semaksimal mungkin dari pejantan, diperlukan estimasi nilai pemuliaan (*Breeding value/BV*) ataupun PTA akurat, intensitas seleksi tinggi dan interval generasi singkat. Uji progeni dipakai karena dapat mengestimasi PTA sifat produksi susu individual pejantan secara akurat. Uji progeni mampu menghasilkan akurasi tinggi dalam estimasi nilai pemuliaan ataupun PTA sifat produksi susu dibandingkan dengan metode seleksi lainnya misal berdasarkan penampilan saudara betina atau induknya. Hampir sebagian besar negara eksportir sapi pejantan perah, menjadikan uji progeni sebagai metode seleksi. Memperpendek interval generasi bisa diupayakan dengan cara menggunakan secepat mungkin pejantan yang sudah teruji unggul.

Seleksi jantan muda sebagai kandidat untuk disertakan pada uji progeni perlu dilakukan secara ketat. Intensitas seleksi yang diterapkan untuk seleksi bapak dan induk betina menggunakan perkawinan IB adalah sebesar 2,06 – 2,67, yang merupakan hasil seleksi 1 – 5% terbaik di populasi (SCHMIDT *et al.*, 1988).

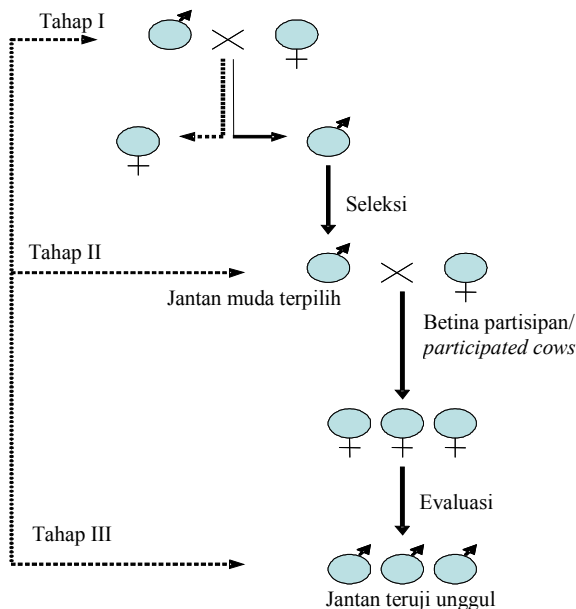
Uji progeni nasional

Sebagai salah satu negara yang masih mengandalkan penyediaan pejantan impor untuk memperbaiki produktivitas sapi perah FH betina domestiknya, Indonesia memerlukan kajian efektivitas penggunaan pejantan FH impor. Hal ini untuk mengetahui kemungkinan adanya interaksi antara faktor genetik dan lingkungan terhadap keunggulan pejantan impor dalam pewarisan produksi susu kepada keturunannya yang dipelihara di peternak rakyat dan iklim tropis Indonesia.

Untuk mengetahui keunggulan pejantan FH (49 ekor) yang di impor dari berbagai negara telah diamati produksi susu anak-anak betinanya yang dipelihara di BPTU Baturraden (431 ekor) dan peternak binaan (85 ekor) di Kab. Banyumas (KAMAYANTI *et al.*, 2006). Hasil evaluasi nilai pemuliaan (NP) pejantan menggunakan *Cumulative Difference* menunjukkan terdapat jantan dengan NP positif 29 ekor dan negatif 20 ekor. Studi dengan jumlah anak yang terbatas tersebut, juga mengindikasikan adanya interaksi genetik dan lingkungan dari kemampuan mewariskan produksi susu dari sapi pejantan impor.

Pemerintah sedang berusaha untuk memproduksi pejantan FH unggul di dalam negeri, yang diharapkan akan mengurangi kebutuhan pejantan unggul impor dan mengatasi pengaruh interaksi dan lingkungan. Telah dilakukan uji progeni nasional terhadap jantan muda FH (8 ekor) dengan produksi susu anak betinanya dievaluasi dalam lingkungan yang bervariasi, mulai dari pemeliharaan intensif di perusahaan besar dan balai bibit sampai semi intensif di peternakan rakyat di pulau Jawa (PALLAWARUKKA dan TALIB, 2005). Pelaksanaan uji zuriat melewati tiga tahapan (Gambar 2). Uji progeni tersebut sudah selesai menjalani Fase III, dengan kegiatan berupa pengumpulan data produksi susu dan performans lain dari anak-anak betinanya (TALIB *et al.*, 2009).

Apabila disimak berbagai rangkaian kegiatan uji progeni ini, dapat dinyatakan sudah memiliki landasan ilmiah yang baik. Meskipun demikian dalam pelaksanaan, mungkin ada baiknya perlu dipertimbangkan kesederhanaan operasional di lapangan, sehingga uji progeni nasional tersebut dapat dijadikan sebagai suatu kegiatan rutin. Kedepannya mungkin perlu dikembangkan kawasan uji progeni secara lebih terfokus tetapi mewakili agroekosistem yang berbeda (dataran tinggi, sedang dan rendah). Dengan terfokusnya kegiatan uji progeni diharapkan akan terbangun sistem uji progeni secara baik dan produksi pejantan perah unggul di dalam negeri akan berjalan secara berkesinambungan.



Gambar 2. Tahapan uji progeni sapi FH nasional

Seleksi betina

Seleksi yang sangat penting pada sapi perah betina adalah untuk menghasilkan induk terbaik yang akan

dikawinkan dengan jantan terbaik untuk menghasilkan calon pejantan. Hal yang penting juga adalah untuk menghasilkan *replacement stock*, yaitu ternak pengganti untuk menghasilkan produksi susu secara efisien. SCHMIDT *et al.* (1988) menjelaskan intensitas seleksi yang dipakai untuk calon induk dari pejantan kawin alam sebesar 0,50 – 1,75 atau sekitar 10 – 70% dari populasi, sedangkan tingkatan maksimum untuk seleksi sapi induk di dalam satu peternakan adalah sebesar 0,27 – 0,42 atau sekitar 75 – 85% dari populasi. Untuk mencapai tujuan tersebut perlu dilakukan identifikasi betina dengan kemampuan genetik produksi susu secara akurat.

Evaluasi nilai pemuliaan untuk sifat produksi susu induk tentunya dapat dilakukan melalui seleksi berdasarkan performans saudara atau kerabatannya (*sib*), seleksi individual dan *animal model*. Seleksi yang paling baik adalah jika nilai pemuliaan diestimasi berdasarkan informasi individu dan silsilah. Estimasi nilai pemuliaan berdasarkan metode seleksi terhadap individu dan famili betina, perlu menyertakan produksi susu semua periode laktasi, sehingga estimasi nilai pemuliaan menghasilkan akurasi yang baik. Seleksi sapi perah betina tersebut, selain berdasarkan hasil estimasi nilai pemuliaannya, dapat pula dilakukan berdasarkan estimasi nilai kemampuan produksi riilnya dalam menghasilkan susu. Ada dua tujuan berbeda dari seleksi berdasarkan kedua nilai tersebut. Jika seleksi bertujuan untuk mempertahankan sapi betina pada periode laktasi selanjutnya, maka seleksi dilakukan atas dasar kemampuan produksi riil. Akan tetapi jika seleksi bertujuan untuk memilih sapi betina sebagai tetua bagi anak yang dipertimbangkan untuk berproduksi susu pada generasi berikutnya, maka seleksi dilakukan atas dasar nilai pemuliaan. Terdapat hubungan definitif antara kemampuan produksi riil dengan nilai pemuliaan produksi susu, dimana estimasi kemampuan produksi riil masih mengandung variasi komponen lingkungan permanen yang dibawa setiap individu sapi laktasi (SCHMIDT *et al.*, 1988).

PENCATATAN PRODUKSI SUSU

Pencatatan produksi susu secara ideal perlu dilakukan setiap hari pada pagi dan sore, akan tetapi membutuhkan banyak waktu, tenaga dan biaya. Sebagai alternatif untuk mendapatkan data produksi susu dari setiap induk laktasi, telah dikembangkan berbagai metode pencatatan yang lebih sederhana dan mudah, tetapi tetap memiliki tingkat akurasi yang baik untuk mengestimasi produksi susu dalam satu masa laktasi. Model estimasi produksi susu laktasi lengkap dari produksi susu sebagian telah dikembangkan, diantaranya cara nisbah regresi (BUCHORI *et al.*, 2007), *test interval method* (ANGGRAENI *et al.*, 2000) dan *test day* (ALI dan SCHAEFFER, 1987). Berdasarkan model

yang dikembangkan, pencatatan produksi susu yang dilakukan setiap interval satu bulanan memperlihatkan tingkat akurasi dan ketepatan cukup baik dalam mengestimasi produksi susu laktasi lengkap.

PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN

Seleksi sapi perah baik betina maupun jantan pada umumnya dilakukan berdasarkan produksi susu dalam satu masa laktasi (305 hari). Nilai pemuliaan ataupun kemampuan mewariskan produksi susu sapi perah tidak dapat diketahui secara langsung, tetapi hanya bisa diestimasi berdasarkan penampilan produksi susu. Beberapa faktor lingkungan diketahui dapat mempengaruhi produksi susu laktasi lengkap, sehingga dalam evaluasi genetik pengaruh berbagai faktor tersebut perlu dieliminasi.

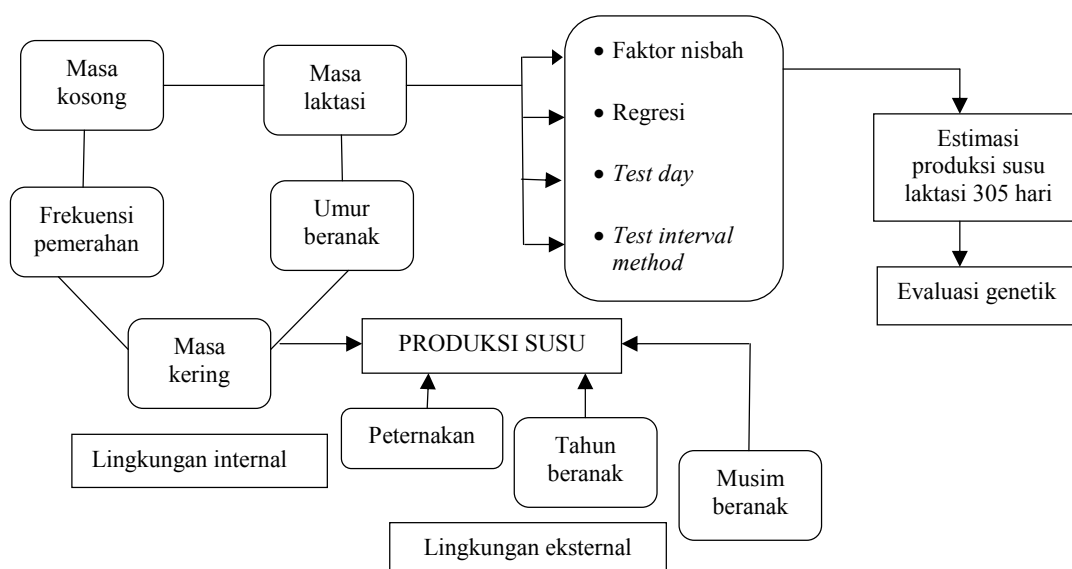
Sejumlah faktor internal atau biologis sapi yang berpengaruh pada produksi susu antara lain: lama laktasi (ANGGRAENI, 2006b; BUCHORI *et al.*, 2007), umur sapi beranak (SCHMIDT *et al.*, 1988; MORALES *et al.*, 1989), periode laktasi (SCHAEFFER dan HENDERSON, 1972; OLTENACU *et al.*, 1980; ANGGRAENI, 2007b), frekuensi pemerahan (SCHMIDT *et al.*, 1988), masa kosong (SCHMIDT *et al.*, 1988; DANELL dan ERIKSON, 1981; SCHAEFFER dan HENDERSON, 1972; OLTENACU *et al.*, 1980), dan masa kering (SCHAEFFER dan HENDERSON, 1972; ANGGRAENI, 2007b).

Gambar 3 menjelaskan pengaruh lingkungan baik internal (biologis) maupun eksternal dan model pengembangan faktor koreksi untuk sifat produksi susu sapi perah. Sejumlah perangkat faktor koreksi telah

dikembangkan untuk mengeliminasi pengaruh biologis sapi yang diperlukan dalam evaluasi genetik sifat produksi susu. Perangkat faktor koreksi telah dikembangkan untuk perbedaan lama laktasi (ANGGRAENI *et al.*, 2000; ANGGRAENI, 2006b), umur beranak (WIGGANS dan VAN VLECK, 1977; ANGGRAENI, 2006b), masa kosong (SCHAEFFER dan HENDERSON, 1972; SCHMIDT *et al.*, 1988) dan masa kering (SCHAEFFER dan HENDERSON, 1972). Produksi susu laktasi lengkap (305 hari) juga dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan eksternal, seperti peternakan, musim beranak dan tahun beranak. Berbagai faktor lingkungan tersebut dalam evaluasi genetik perlu juga diperhitungkan kontribusinya terhadap produksi susu sapi perah (SCHMIDT *et al.*, 1988; ANGGRAENI, 2006b).

SELEKSI MOLEKULAR PADA FAMILI GEN PROTEIN SUSU

Perkembangan pesat yang terjadi pada bidang bioteknologi molekular belakangan ini memberi harapan baru bagi pemulia untuk melakukan seleksi pada taraf molekular. Hal ini dapat dilakukan melalui pemanfaatan marka polimorfik DNA atau *marker assisted selection* (MAS) ataupun gen-gen major yang dapat difungsikan sebagai gen-gen kandidat untuk menseleksi sejumlah sifat kuantitatif bernilai ekonomis tinggi. Gen-gen major ataupun MAS tersebut jika dikorelasikan dengan sejumlah parameter produksi dapat menjelaskan sebagian keragaman genetik dan membantu dalam estimasi nilai pemuliaan, sehingga dapat dipakai sebagai pelengkap pada prosedur seleksi konvensional (PRIBYL *et al.*, 1995).



Gambar 3. Pengaruh lingkungan dan model pengembangan faktor koreksinya untuk sifat produksi susu sapi perah

Pada sapi perah telah diketahui bahwa terdapat kontrol gen-gen major untuk sejumlah sifat kualitas susu, seperti kadar protein, lemak dan beberapa komponen lainnya. Apabila seleksi dilakukan sampai taraf polimorfisme genetik dari gen-gen major (dan MAS), akan memberikan perbaikan akurasi seleksi dan memperpendek selang generasi, sehingga respons seleksi diperoleh lebih cepat bila dibandingkan dengan seleksi konvensional (DROGEMÜLLER *et al.*, 2001). Kegiatan seleksi sapi dengan keunggulan kadar protein susu melalui identifikasi polimorfisme genotipe famili gen protein susu, memiliki tahapan lebih sederhana dibandingkan terhadap sifat produksi susu. Ini dikarenakan kadar dan komposisi protein susu sapi perah dan ternak perah lainnya, banyak dikontrol oleh gen-gen major. Protein susu ternak perah mengandung dua komponen utama, yaitu kasein dan *whey* (FARREL *et al.*, 2004). Tabel 1 menguraikan berbagai jenis protein dari kelompok kasein dan *whey*.

Komponen protein terbanyak pada air susu sapi sebagian besar berupa kasein (78 – 82%) sebagai fraksi tidak terlarut, sisanya dalam jumlah lebih rendah merupakan *whey* (22 – 18%) sebagai fraksi terlarut dalam air susu. Kasein susu yang mengandung empat jenis kasein tersebut dikontrol oleh empat gen dengan lokus saling berdekatan (haplotipe). Keempat gen kasein ini memiliki runutan genom α_{s1} -, β -, α_{s2} - dan κ -kasein dengan panjang 250 pb terletak di kromosom 6/BTA 6q31 (THREADGILL dan WOMACK, 1990; RIJNKELS *et al.*, 1997). Adanya keterkaitan lokasi yang sangat dekat dari famili gen kasein, menyebabkan dalam pewarisannya sering bersifat sebagai klaster. Gen-gen kasein oleh karenanya sangat potensial untuk

dieksplorasi sebagai cara untuk menseleksi sifat protein susu dan juga kualitas susu lainnya. *Whey* sendiri merupakan fraksi protein yang mengandung jenis protein lebih bervariasi, tetapi mempunyai dua jenis protein terbanyak, yaitu β -laktoglobulin dan α -laktalbumin.

HAPLOTIPE GEN PROTEIN SUSU

Dalam pemanfaatan gen-gen major protein sebagai cara seleksi kadar protein susu, banyak studi telah dilakukan untuk melihat pengaruh baik hanya satu gen tunggal ataupun kombinasi dua atau lebih dari famili gen kasein dan *whey*. Pemeriksaan secara bersamaan pada dua atau lebih gen akan bermanfaat dalam memperhitungkan kemungkinan adanya pengaruh interaksi antara gen-gen tersebut. Terkait dengan hal ini, sejumlah studi telah melaporkan dengan semakin banyak gen yang dipertimbangkan secara bersamaan, akan memberikan pengaruh semakin besar pada kadar dan komposisi dari protein susu sapi, tergantung kombinasi haplotipe dan varian genotipenya (VELMALA *et al.*, 1995; TSIARAS *et al.*, 2005).

GEN TUNGGAL PROTEIN SUSU

Sejumlah studi telah mempelajari pengaruh dari individual gen protein susu. Apabila ditemukan konsistensi yang cukup jelas dari pengaruh varian genotipe individual gen protein dengan produksi susu, kemungkinan aplikasi seleksi kadar protein susu dapat dilakukan secara lebih praktis.

Tabel 1. Jenis dan fraksi protein susu sapi perah

Protein	Berat molekul	Konsentrasi dalam susu (g/l)	% terhadap total protein	Jumlah asam amino
Kasein		26,00	79,5	
α S1-kasein	23,6	10,00	30,6	
α S2-kasein	25,2	2,60	8,0	207
β -kasein	24,0	9,30	28,0	209
K-kasein	19,0	3,30	10,1	169
<i>Whey</i>		6,30	19,3	
β -laktoglobulin	18,3	3,20	9,8	162
α -laktalbumin	14,2	1,20	3,7	123
Serum albumin	66,3	0,40	1,2	582
Immunoglobulin	25 – 70	0,70	2,1	0
Laktoferin	80,0	0,20	0,6	700
Laktoferoksidase	70,0	0,03	0	612
Glikomakropeptida	6,7	1,20	0	64

Sumber: FARREL *et al.* (2004)

Gen κ -kasein

Pengamatan secara individual pada κ -kasein (kappa kasein) menjadi hal yang menarik dalam industri pengolahan susu, karena κ -kasein diketahui berperan penting dalam menentukan kualitas protein susu segar untuk dijadikan sebagai bahan baku dalam proses dan olahan susu berkualitas prima, seperti dalam proses dan hasil pembuatan keju. BOVENHUIS *et al.* (1992), melaporkan varian genotipe κ -kasein sangat signifikan ($P < 0,001$) mempengaruhi kadar protein susu, dengan sapi induk bergenotipe BB menghasilkan protein 0,08% lebih tinggi terhadap genotipe AA. Keeratan hubungan genotipe κ -kasein dengan kadar protein kasar dan kasein susu memiliki urutan genotipe $BB > AB > AA$, dengan induk BB terhadap induk AA memiliki keunggulan kadar protein susu sekitar 0,1 – 0,2 per 100 g (NG-KWAI-HANG *et al.*, 1986). Studi lainnya memperoleh pula korelasi langsung antara genotipe BB (vs genotipe AA) dengan keunggulan kadar protein susu (LITWINCZUK *et al.*, 2006; MOLINA *et al.*, 2006). Meningkatnya kadar protein ini dikarenakan adanya penambahan kadar kasein dan jumlah kasein (NG-KWAI-HANG *et al.*, 2002). Genotipe BB dari gen κ -kasein juga memberi hasil lebih baik terhadap proses dan hasil olahan susu, seperti pemendekan waktu pembentukan renet dan kehalusan keju (VERDIER-METZ *et al.*, 2001; KUBARSEPP *et al.*, 2005; BEATA *et al.*, 2008).

Peluang untuk mengaplikasikan gen κ -kasein sebagai marka seleksi kadar protein susu sapi FH di dalam negeri telah dilakukan ANGGRAENI *et al.* (2009). Verifikasi konsistensi genotipe BB terhadap keunggulan kadar protein susu dilakukan atas dasar produksi protein susu hasil uji satu hari pada induk laktasi pada pemeliharaan intensif di BPPT-SP Cikole, Lembang (56 ekor) dan sejumlah peternak rakyat binaan KPSBU Lembang (111 ekor). Setelah dilakukan eliminasi pengaruh perbedaan periode laktasi dan bulan laktasi, hasil diperoleh adanya konsistensi yang cukup baik dari kontrol genotipe BB terhadap keunggulan kadar protein susu dibandingkan genotipe AB dan AA. Sapi bergenotipe BB memiliki keunggulan kadar protein susu sekitar 3,37 – 3,84% terhadap genotipe AA, dan sekitar 0,29 – 1,18% terhadap genotipe AB, meskipun secara statistik perbedaan tersebut tidak nyata ($P > 0,05$). Diperoleh kecenderungan sapi genotipe AA menghasilkan kadar lemak susu lebih tinggi dibandingkan dengan sapi genotipe BB. Berdasarkan hasil tersebut terbuka peluang untuk menseleksi keunggulan kadar protein susu (κ -kasein) sapi FH domestik melalui identifikasi sapi pembawa genotipe BB.

ANGGRAENI *et al.* (2010a) melakukan pemeriksaan lebih lanjut tentang tingkat variasi genotipe gen kasein

dalam hubungannya melihat potensi dari sapi FH pembawa genotipe BB baik di stasiun bibit (BIB/BBIB dan BET) dan peternak rakyat binaan KPSBU Lembang. Hal ini dapat dijadikan informasi tentang potensi sapi FH dalam menghasilkan susu berkadar protein tinggi. Hasil menunjukkan Balai IB Nasional dengan jumlah pejantan aktif IB yang diamati masing-masing 10 ekor (BIB Lembang) dan 23 ekor (BBIB Singosari), membawa genotipe BB sangat rendah, mulai dari 0,00% sampai 0,04%. Sangat sedikitnya pejantan sebagai sumber semen beku bergenotipe BB tersebut, diperkirakan telah berkontribusi terhadap rendahnya genotipe BB, dari 190 ekor sapi FH laktasi pengamatan, mempunyai frekuensi sekitar 0,02 – 0,06. Dalam upaya menghadapi permintaan susu berkadar protein susu tinggi khususnya dari industri pengolahan susu, telah disarankan agar Balai IB Nasional lebih meningkatkan penggunaan pejantan sumber penghasil semen beku yang memiliki gen κ -kasein genotipe BB (ANGGRAENI *et al.*, 2010b).

Gen β -laktoglobulin

Gen β -laktoglobulin pada ternak perah merupakan gen pengontrol komponen protein *why* terbesar. Gen β -laktoglobulin pada sapi perah terletak pada kromosom 11 (DANIELA *et al.*, 2008). Struktur gennya memiliki 6 intron dan 7 ekson dengan panjang sebesar 7.877 pb. Pemeriksaan varian genetik gen β -laktoglobulin telah dilakukan pada sapi FH pejantan di BBIB/BIB Nasional dan peternak rakyat di KPSBU Lembang. Sapi FH di peternakan rakyat diketahui memiliki frekuensi genotipe AB sangat tinggi (0,60 – 0,80), dengan genotipe AA paling rendah (0,06). Seperti halnya pada identifikasi frekuensi gen κ -kasein, tingginya genotipe AB dikarenakan penggunaan pejantan aktif IB banyak bergenotipe AB (0,45 – 0,55) dibandingkan dengan BB (0,19 – 0,39) dan AA (0,09 – 0,36). Sapi FH induk bergenotipe AB gen β -laktoglobulin cenderung menghasilkan protein susu lebih tinggi dari genotipe BB. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya pada ternak domba dimana genotipe AA secara nyata menghasilkan protein susu lebih tinggi dibandingkan genotipe BB (SCHLEE dan ROTTMANN, 1992). Demikian halnya pengamatan pada sapi perah lokal Czech Fleckvieh diperoleh nilai pemuliaan protein susu tertinggi diasosiasikan dengan genotipe AA dibandingkan terhadap genotipe AB dari gen β -laktoglobulin (KUCEROV *et al.*, 2006).

Gen laktoferin

Laktoferin merupakan komponen dari protein susu bersifat antimikroba. Laktoferin yang terdapat dalam

susu berfungsi untuk mencegah diare, sedangkan bagi sapi laktoferin berfungsi untuk mencegah mastitis. Protein ini disintesis oleh granulosit dan sel-sel epitel susu sebagai respon terhadap infeksi seperti mastitis. Laktoferin mampu mengikat ion besi dari mikroba, sehingga menghambat pertumbuhan mikroba tersebut. Laktoferin juga berperan penting dalam sistem kekebalan tubuh hewan mamalia. Pengamatan variasi genetik dari gen laktoferin pada sapi FH di stasiun bibit (BIB dan BET Nasional) telah dilakukan untuk mengetahui variasi genotipe gen laktoferin dari sapi FH sebagai sumber bibit. Identifikasi sapi-sapi pengamatan hanya menghasilkan genotipe AA (0,55) dan AB (0,45), sedangkan genotipe BB tidak ditemukan. Studi lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh varian genotipe gen laktoferin terhadap kandungan *score somatic cell* (SCC) dilakukan pada sapi FH di peternak binaan KPSBU Lembang. Genotipe AB teridentifikasi memiliki frekuensi tinggi (0,75%) pada sapi yang mengandung SCC rendah, sedangkan genotipe AA tinggi pada sapi dengan SCC tinggi (0,60%).

Apabila varian genotipe gen laktoferin memiliki konsistensi dengan kandungan SCC pada sapi perah, maka seleksi menggunakan gen laktoferin akan bermanfaat dalam mengidentifikasi sapi yang memiliki ketahanan tubuh cukup baik terhadap mastitis dan beberapa penyakit lainnya. Selain itu, laktoferin tinggi dalam susu diharapkan akan dapat membantu mengurangi masalah diare bagi konsumen yang cukup sensitif terhadap sapi perah.

KESIMPULAN

1. Perbaikan genetik pada sapi FH di dalam negeri perlu dilakukan melalui seleksi untuk mendapatkan sapi-sapi perah bibit dengan keunggulan pada sifat produksi susu dan protein susu sesuai kondisi budidaya di peternak rakyat dan dibawah cekaman iklim tropis Indonesia.
2. Uji progeni dalam menghasilkan pejantan FH unggul di dalam negeri memberi manfaat dalam meminimalkan pengaruh interaksi genetik dan lingkungan, serta mengurangi ketergantungan pejantan unggul impor.
3. Gen-gen major protein (kasein dan *whey*) dapat dijadikan sebagai gen-gen kandidat dari seleksi keunggulan kadar protein susu dari sapi FH di dalam negeri.
4. Beberapa gen protein *whey* memiliki fungsi penting dari sistem pertahanan tubuh terhadap penyakit, sehingga bisa dipertimbangkan sebagai gen kandidat seleksi untuk mengurangi insiden penyakit secara genetik pada sapi perah, misal pada penyakit mastitis.

DAFTAR PUSTAKA

- ALI, T.E. and L.R. SCHAEFFER. 1987. Accounting for covariances among test day milk yield in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 637 – 644.
- ANGGRAENI, A. 2000. Keragaan produksi susu sapi perah: Kajian pada faktor koreksi pengaruh lingkungan internal. *Wartazoa* 9(2): 41 – 49.
- ANGGRAENI, A. 2006a. Pengaruh pejantan pada produksi susu keturunannya: Studi kasus pada sapi Friesian-Holstein di BPTU Baturraden. *Pros. Lokakarya Nasional Sapi Perah*. Bogor, 23 November 2006. Puslitbang Peternakan, Bogor. hlm. 113 – 119.
- ANGGRAENI, A. 2006b. Konstanta standarisasi produksi susu sebagian sapi Friesian-Holstein pada pemeliharaan intensif dan semi intensif. *Pros. Lokakarya Nasional Sapi Perah*. Bogor, 23 November 2006. Puslitbang Peternakan, Bogor. hlm. 120 – 126.
- ANGGRAENI, A. 2007a. Pengaruh lama kering pada produksi susu sapi perah. *Pros. Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia XXVII*. Badan Litbang Pertanian. hlm. 167 – 173.
- ANGGRAENI, A. 2007b. Pengaruh umur, musim, dan tahun beranak terhadap produksi susu sapi Friesian-Holstein pada pemeliharaan intensif dan semi intensif di Kabupaten Banyumas. *Pros. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. Bogor, 21 – 22 Agustus 2007. Puslitbang Peternakan, Bogor. hlm. 156 – 166.
- ANGGRAENI, A. 2009. Reproductive indices in determining regular calving of Holstein-Friesian cows maintained under intensive and semi-intensive management in Central Java. *Proc. of the 1st International Seminar of Animal Industry 2009*. Bogor, 23 – 24 November 2009. Faculty of Animal Science, Bogor Agricultural University, Bogor. pp. 239 – 247.
- ANGGRAENI, A. and S. ISKANDAR. 2008. Peran budidaya sapi perah dalam mendorong berkembangnya industri persusuan nasional. *Wartazoa* (18)2: 57 – 67.
- ANGGRAENI, A., C. SUMANTRI, A. FARAJALAH dan E. ANDREAS. 2009. Verifikasi kontrol gen Kappa Kasein pada protein susu sapi Friesian-Holstein di daerah sentra produksi susu Jawa Barat. *JITV* 14(2): 131 – 141.
- ANGGRAENI, A., C. SUMATRI and E. ANDREAS. 2010b. The use of frozen semen of Holstein-Friesian bulls with the BB genotype of the kappa casein gene in Indonesia. *Proc. Part 2. 5th ISTAP International Seminar Animal Production*. Yogyakarta, 19 – 22 October 2010. Faculty of Animal Science, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta. pp. 603 – 608.
- ANGGRAENI, A., C. SUMATRI, A. FARAJALLAH and E. ANDREAS. 2010a. Kappa-Casein genotyping in Holstein-Friesian Dairy cattle in West Java Province. *Media Peternakan* (33)2: 61 – 67.

- ANGGRAENI, A., C. SUMATRI, A. FARAJALLAH and E. ANDREAS. 2010a. Kappa-Casein genotyping in Holstein-Friesian Dairy cattle in West Java Province. *Media Peternakan*. (33)2: 61 – 67.
- ANGGRAENI, A., K. DIWYANTO and C. TALIB. 2000. Ketepatan *test interval method* (TIM) dalam mengestimasi produksi susu sebenarnya dan daya produksi susu sapi Friesian-Holstein di Balai Pengembangan Perbibitan Ternak Sapi Perah Cikole, Lembang. *Pros. Simposium Nasional Pengelolaan Pemuliaan dan Plasma Nutfah*. Bogor, 22 – 23 Agustus 2000. hlm. 647 – 655.
- ANGGRAENI, A., Y. FITRIYANI, A. ATABANY dan I. KOMALA. 2008. Penampilan produksi susu dan reproduksi sapi Friesian-Holstein di Balai Pengembangan Perbibitan Ternak Sapi Perah Cikole, Lembang. *Pros. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. Bogor, 11 – 12 November 2008. Puslitbang Peternakan, Bogor. hlm. 137 – 145.
- BEATA, S., N. WOJCIECH, and W. EWA. 2008. Relations between kappa-casein polymorphism (CSN3) and milk performance traits in heifer cows. *J. Cent. Eur. Agric*. 9: 641 – 644.
- BOVENHUIS, H., J.A.M. VAN ARENDONK, and S.KERVER. 1992. Associations between milk protein polymorphism and milk production traits. *J. Dairy Sci*. 75: 2549 – 2559.
- BUCHORI, N., PALLAWARUKKA dan A. ANGGRAENI. 2007. Tingkat akurasi dari metode rasio dan regresi dalam mengestimasi produksi susu sapi perah. *Pros. Seminar Nasional XIII PERSADA*. Bogor, 9 Agustus 2007. Institut Pertanian Bogor, Bogor. hlm. 145 – 153.
- CHACKO, C.T. and F. SCHNEIDER. 2005. *Breeding Services for Small Dairy Farmers: Sharing the Indian Experience*. Science Pub, Inc. Enfield, USA.
- DANELL, B. and J.A. ERIKSSON. 1981. The direct sire comparison method for ranking of sires for milk production in the Swedish dairy cattle population. *Acta Agric. Scand*. 32(1): 47 – 64.
- DANIELA, I., S. AURELIA, M. ANUTA, S. CLAUDIA and I. VINTILA. 2008. Genetic polymorphism at the β -lactoglobulin locus in a dairy herd of Romanian Spotted and Brown of Maramures breeds. *Zoo Biotech*. 41: 104 – 107.
- DITJENNAK. 1991. *Statistik Peternakan*. Direktorat Jenderal Peternakan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- DITJENNAK. 2010. *Statistik Peternakan*. Direktorat Jenderal Peternakan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- DRÖGEMÜLLER, C., A. BADER, H. KUIPER, T. LEEB, J.L. WILLIAMS and O. DISTL. 2001. Assignment of the bovine runt-related transcription factor 1 gene (RUNX1) to bovine chromosome 23q21 by fluorescence in situ hybridization and radiation hybrid mapping. *Cytogenet. Cell Genet*. 94:248 – 249.
- FARRELL, H.M.JR, R. JIMENEZ-FLORES, G.T. BLECK, E.M. BROWN, J.E. BUTLER, L.K. CREAMER, C.L. HICKS, C.M. HOLLAR, K.F. NG-KWAI-HANG and H.E. SWAISGOOD. 2004. Nomenclature of the proteins of cows' milk--sixth revision. *J. Dairy Sci*. 87: 1641 – 1674.
- IKONEN, T., M. OJALA and O. RUOTTINEN. 1999. Association between milk protein polymorphism and first lactation milk production traits in Finnish Ayrshire cows. *J. Dairy Sci*. 82(5): 1026 – 1033.
- KAMAYANTI, Y.D., PALAWARUKKA dan A. ANGGRAENI. 2006. Pemeriksaan interaksi genetik dan lingkungan dari daya pewarisan produksi susu pejantan Friesian-Holstein impor yang dipakai sebagai sumber bibit pada perkawinan IB. *Pros. Lokakarya Nasional Pengelolaan dan Pelindungan Sumberdaya Genetik di Indonesia*. Bogor, 20 Desember 2006. Badan Litbang Pertanian. hlm. 149 – 156.
- KÜBARSEPP, I., M. HENNO, H. VIINALASS and D. SABRE. 2005. Effect of k-casein and β -lactoglobulin genotypes on the milk rennet coagulation properties. *Agron. Res*. 3(1): 55 – 64.
- KUCEROV, J., A. MATEJCK, O.M. JANDUROV, P. SENSEN, E. NĚMCOV, M. STKOV, T. KOTT, J. BOUSKA and J. FRELICH. 2006. Milk protein genes *CSN1S1*, *CSN2*, *CSN3*, *LGB* and their relation to genetic values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. *Czech J. Anim. Sci*. 51 (6): 241 – 247.
- LITWIŃCZUK, Z., J. BARŁOWSKA, J. KROL and A. LITWIŃCZUK. 2006. Milk protein polymorphism as markers of production traits in dairy and meat cattle. *Med. Weter*. 62: 6 – 10.
- MOLINA, L.H., J. KRAMM, C. BRITO, B. CARRILLO, M. PINTO and A. FERRANDO. 2006. Protein composition of milk from Holstein-Friesian dairy cows and its relationship with the genetic variants A and B of κ -casein and β -lactoglobulin (Part I). *Int. J. Dairy Technol*. 59: 183 – 187.
- MORALES, F., R.W. BLAKE, T.L. STANTON and M.V. HAHN. 1989. Effects of age, parity, season of calving, and sire on milk yield of Carora cows in Venezuela. *J. Dairy Sci*. 72(8): 2161 – 2169.
- NG-KWAI-HANG, K.F., D.E. OTTER, E. LOWE, M.J. BOLAND and M.J. AULDIST. 2002. Influence of genetic variant of β -lactoglobulin on milk composition and size of casein micelles. *Milchwissenschaft* 57: 303 – 306.
- NG-KWAI-HANG, K.F., H.G. MONARDES and J.F. HAYES. 1990. Association between genetic of milk proteins and production traits during three lactations. *J Dairy Sci*. 73: 3414 – 3420.
- NG-KWAI-HANG, K.F., J.F. HAYES, J.E. MOXLEY and H.G. MONARDES. 1986. Relationships between milk protein polymorphisms and major milk constituents in Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci*. 69: 22 – 26.
- OLTENACU, P.A., T.R. ROUNSAVILLE, R.A. MILLIGAN and R.L. HINTZ. 1980. Relationship Between Days Open and Cumulative Milk Yield at Various Intervals from Parturition for High and Low Producing Cows. *J. Dairy Sci*. 63(6): 1317 – 1327.

- PALLAWARUKKA dan C. THAIB. 2005. Uji progeny untuk menjangking bibit pejantan unggul sapi perah di Indonesia. Pros. Lokakarya Nasional: Inovasi Teknologi Sapi Perah Ungul Indonesia yang Adaptif pada Kondisi Agroekosistem Berbeda untuk Meningkatkan Daya Saing. Ciawi, 23 Nopember 2006. Puslitbang Peternakan bekerjasama dengan Direktorat Perbibitan Ditjennak, Fak. Peternakan IPB, Bogor. hlm. 21 – 30.
- PRIBYL, J. 1995. A way of using markers for farm animal selection. Czech J. Anim. Sci. 40: 375 – 382.
- RIJNKELS, M., P.M. KOOIMAN, H.A. DEBOER and F.R. PIEPER. 1997. Organization of the bovine casein gene locus. Mammalian Genome 8: 148 – 152.
- SCHAEFFER, L.R. and C.R. HENDERSON. 1972. Effects of days dry and days open on Holstein milk production. J. Dairy. Sci. 55(6): 1891 – 1896.
- SCHLEE, P. and O. ROTTMANN. 1992. Sheep Lactoglobulin of Allele-A and -B by PCR and RFLP Wood Analysis Using Plucked Hair as A Source of DNA, Genetic Conservation of Domestic Livestock. Red Wood Press Ltd. Melksham.
- SCHMIDT, G.H., L.D. VAN VLECK and M.F. HUIJENS. 1988. Principles of Dairy Sci. 2nd Ed. Prentice Hall, N.J. 07632.
- TALIB, C., A. ANANG dan H. INDRIJANI. 2009. Evaluasi Genetik pada Sapi Perah. Profil Usaha Peternakan Sapi Perah di Indonesia. Puslitbang Peternakan, Bogor. LIPI Press, Jakarta. hlm. 71 – 116.
- THREADGILL, D.W. and J.E. WOMACK. 1990. Genomic analysis of the major bovine milk protein genes. Nucleic Acids Res. 18: 6935 – 6942.
- TSIARAS, A.M., G.G. BARGOULI, G. BANOS and C.M. BOSCO. 2005. Effect of Kappa-casein and β -lactoglobulin loci on milk production traits and reproductive performance of Holstein cows. J Dairy Sci. 88: 327 – 334.
- UK LIVESTOCK STATISTIC. 2010. <http://www.defra.gov.uk/statistics/foodfarm/landuselivestock>. (19 Juli 2011).
- USA HOLSTEIN ASSOCIATION. 2011. Learn more about USA Holstein Association <http://www.holsteinusa.com/> (13 Febuari 2012).
- VELMALA, R., J. VILKKI, K. ELO and A. MAKI-TANILA. 1995. Kasein haplotypes and their association with milk production traits in the Finnish Ayrshire cattle. Anim. Genet. 26(6): 419 – 425.
- VERDIER-METZ I., J.B. COULON and P. PRADEL. 2001. Relationship between milk fat and protein contents and cheese yield. Anim. Res. 50: 365 – 371.
- WIGGANS, G.R. and L.D. VAN VLECK. 1977. Age-season adjustment factors considering herd feeding practices. J. Dairy Sci. 60: 1734 – 1738.
- WIGGANS, G.R., F.N. DICKINSON, G.J. KING and J.I. WELLER. 1984. Genetic evaluation of dairy goat bucks for daughter milk and fat. J. Dairy Sci. 67: 201 – 207.