

Identifikasi Genetik Menggunakan Marker Mikrosatelit dan Hubungannya dengan Sifat Kuantitatif pada Sapi

Maskur^a, Muladno^b & B. Tappa^c

^aJurusan Produksi Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62 Mataram 83125, email: maskur07@yahoo.co.id

^bDepartemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan,
Institut Pertanian Bogor

^cPusat Penelitian Bioteknologi LIPI
(Diterima 24-11-2006; disetujui 31-10-2007)

ABSTRACT

The occurrence of genetic changes in Bali and Brangus cattle crossing and its relationship to quantitative traits (e.g. growth and birth weight) were identified using microsatellite markers. Sixteen microsatellite loci were amplified using polymerase chain reaction (PCR) technique, the amplified products were then separated on vertical discontinuous polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) and silver-staining method was applied to detect the fragment. The evaluation to the stability and allele inheritance pattern were checked using Chi-Square segregation analysis. The results of this research showed that allele numbers average detected in Brangus and Bali cattle and their progeny were 2.31, 2.56, and 2.75 respectively. At most microsatellite loci, the allele distributions incline to concentrate and to form *bimodal* trend. Of 16 micro satellite loci tested, 5 microsatellite markers namely INRA 037, HEL 9, CSSM 66, INRA 035 and ETH 225 indicated a significant response to average daily gain. In terms of birth weight, a significant response was shown by INRA 037.

Key word: microsatellite, PCR, genotype, inheritance, allele

PENDAHULUAN

Program peningkatan mutu genetik sapi lokal khususnya sapi Bali memiliki arti yang sangat strategis, yaitu dalam rangka mengurangi ketergantungan akan sapi (bibit) impor yang jelas akan berdampak pada terkurasnya devisa negara. Terobosan baru dalam rangka mempercepat proses peningkatan mutu genetik ternak adalah dengan memanfaatkan teknologi reproduksi (inseminasi buatan, transfer embrio, in-vitro fertilisasi dan sex

control) dan teknologi rekayasa DNA (teknologi mikroinjeksi DNA, sidik jari DNA, marker assisted selection dan lain-lain). Melalui integrasi kedua teknologi ini maka interval generasi dapat diperpendek dan intensitas seleksi dapat ditingkatkan sehingga proses perbaikan mutu genetik dapat berjalan lebih cepat.

Perkembangan sejumlah penanda molekuler (DNA Marker) dewasa ini telah memungkinkan untuk melakukan identifikasi terhadap perubahan-perubahan genetik yang terjadi dalam suatu

persilangan serta hubungannya dengan perubahan sifat kuantitatif dan sifat kualitatif ternak. Selain itu, penanda molekuler juga dapat digunakan untuk membedakan antara suatu ras ternak dengan lainnya terutama dalam kaitannya dengan upaya pelestarian dan menjaga kemurnian dari ras tersebut.

Salah satu penanda molekuler (DNA marker) yang sangat populer dewasa ini adalah mikrosatelit. Mikrosatelit merupakan kelas khusus dari *tandem repeat loci* yang terdiri atas suatu motif dengan 1 - 6 pasang basa berulang sampai lebih dari 100 kali. Variasi susunan nukleotida mikrosatelit yang sangat tinggi dapat dibuktikan pada populasi keturunan pertama (F1) dari perkawinan silang antara dua bangsa ternak yang secara genetik berbeda jauh. Adanya kecenderungan bahwa mikrosatelit umumnya adalah *hypervariable*, membuat analisis segregasi dapat dilakukan pada keturunan dalam jumlah yang terbatas. *Microsatellite typing* juga dapat dilakukan dengan cara yang sederhana dan dapat diinterpretasikan dengan mudah dengan menggunakan teknologi PCR. Karakteristik yang menarik dari lokus mikrosatelit dan secara umum tersedia dalam jumlah yang besar pada genom membuat lokus ini menjadi sangat potensial dalam analisis sidik jari DNA (Jeffreys & Pena, 1993), rekonstruksi filogenetik manusia dan makhluk hidup lainnya (Bowcock *et al.*, 1994), dan dalam pembuatan peta fisik dan peta keterpautan gen (Todd *et al.*, 1991).

Mikrosatelit cenderung terpusat pada daerah inisiasi transkripsi, dan tidak ditemukan pada posisi *intergene* dan dalam *pseudogenes*. Mikrosatelit yang kaya akan basa purin dan pirimidin seperti (CA)_n, dapat membentuk Z-Dna di bawah kondisi-kondisi fisiologis (Comings, 1998). Fakta ini menunjukkan peran yang potensial dari mikrosatelit dalam regulasi gen. Beberapa laporan menunjukkan adanya asosiasi yang signifikan antara lokus mikrosatelit dengan sifat kuantitatif seperti sifat produksi susu (Kantanen *et al.* 2000), lemak karkas (Fitzsimmons *et al.* 1998), perbedaan tingkat fertilitas (Oliveira *et al.*, 2002) dan efisiensi

reproduksi (João *et al.*, 2005) pada beberapa bangsa sapi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan-perubahan genetik yang terjadi pada lokus mikrosatelit dalam hubungannya dengan perubahan sifat kuantitatif seperti pertumbuhan dan bobot lahir anak pada persilangan sapi Bali dan sapi Brangus.

MATERI DAN METODE

Ternak Penelitian

Objek penelitian adalah 20 keluarga acuan (reference family) dengan struktur terdiri atas 4 ekor sapi pejantan Brangus, 20 ekor sapi induk Bali dan 20 ekor keturunan I hasil persilangan keduanya. Populasi ternak yang dikaji terkonsentrasi pada dua kandang kolektif dengan pola pemeliharaan yang sama. Pakan utama adalah rumput lapangan dan dedak padi.

Pengukuran Bobot Lahir dan Pertambahan Bobot Hidup Harian Ternak

Data primer mengenai bobot lahir dan pertumbuhan prasapih (umur 1 – 6 bulan) dan lepas sapih (umur 6 – 12 bulan) sapi hasil persilangan diperoleh melalui pencatatan dan pengukuran langsung di lapangan oleh tim peneliti dan dibantu oleh teknisi lapangan/peternak.

Ekstraksi DNA Genom dan Genotyping Mikrosatelit

Ekstraksi DNA genom. Materi utama penelitian ini adalah DNA genom yang diperoleh dari darah sapi Bali, Brangus dan keturunannya (F1). Ekstraksi DNA genom dilakukan mengikuti petunjuk Sambrook *et al.*, (1989) dengan menggunakan buffer lisis sel untuk mendegradasi dinding sel dan fenol-kloroform untuk mendegradasi protein dan lemak kemudian dipresipitasi menggunakan etanol

absolut. Proses berikutnya adalah pemurnian menggunakan RNase.

Amplifikasi DNA dengan *polimerase chain reaction* (PCR). Sampel DNA masing-masing individu digunakan sebagai cetakan (template) untuk mengamplifikasi lokus-lokus mikrosatelit melalui reaksi PCR dengan sekuen nukleotida pengapit masing-masing (Forward & Reverse Primer). Amplifikasi dilakukan mengikuti metode yang digunakan sebelumnya oleh Jianbo *et al.*, (1996). PCR dikondisikan pada volume reaksi 25 μ l terdiri atas 100 ng DNA (1,0 μ l), 0,5 μ M masing-masing primer (1,0 μ l), 1 x buffer PCR (10mM Tris-HCl pH 9.0) (3,0 μ l), 1,5 mM MgCl dan 50 mM KCl (1,0 μ l), 5 % *deionized formamide* (1,0 μ l), 200 μ M dNTP (2,5 μ l), dan 0,025 U Taq DNA polimerase (0,5 μ l) dan MiliQ water (13,0 μ l) (Pharmacia). Amplifikasi dilakukan selama 35 siklus dimana siklus pertama pada 94°C selama 5 menit diikuti 33 siklus berikutnya masing 92°C x 30 detik, 58/59°C x 80 detik, dan 72°C x 90 detik kemudian diakhiri satu siklus berikutnya pada 72°C selama 5 menit, menggunakan DNA *thermal Cycler* (Perkin Elmer Cetus Corp.)

Analisis produk PCR dan deteksi alel DNA. Pada penelitian ini, analisis produk PCR dan deteksi terhadap alel mikrosatelit dilakukan dengan elektroforesis pada gel poliakrilamida dan pewarnaan dengan perak mengikuti metode Guillemet dan Lewis yang telah dimodifikasi oleh Tegelstrom (1986).

a. Elektroforesis pada gel poliakrilamida

Komponen gel poliakrilamida terdiri atas campuran 50 bis-akrilamida sebanyak 4 ml, 10 X TBE sebanyak 1,25 ml, H₂O sampai mencapai volume 25 ml, *temed* sebanyak 15 μ l, 10 APS sebanyak 240 μ l. Sampel DNA diwarnai 0,25 bromofenol biru, 0,25 xilen sianol, dan 30 gliserol dalam air. Sampel DNA tersebut kemudian dimasukkan ke dalam sumur gel setelah gel diletakkan pada tangki elektroforesis yang telah berisi penyangga 1X TBE. Elektroforesis dilakukan

pada voltase konstan 180 V selama 65 menit pada suhu ruang.

b. Pewarnaan perak

Pewarnaan dengan perak dilakukan melalui serangkaian proses yaitu pencucian gel dengan larutan buffer CTAB (0,2 g CTAB/200 ml akuades) selama 20 menit, kemudian dengan akuades selama 20 menit. Gel direndam dalam NH₄OH (2,4 ml stock/200 ml DW) selama 15 menit, kemudian dalam larutan yang terdiri atas 0,32 g AgNO₃; 80 μ l NaOH 10 N; 0,8 ml NH₄OH; 200 ml akuades selama 15 menit. Gel kemudian dicuci kembali dengan akuades selama 20 menit sambil digoyang untuk menghilangkan perak yang tidak berikatan dengan DNA. Fragmen DNA yang berikatan dengan perak dapat dideteksi dengan merendam gel dalam larutan Na₂CO₃ 0,02 g/ml + formalin. Setelah fragmen DNA tampak, reaksi kemudian dihentikan menggunakan asam asetat glasial (0,2 ml /200 ml akuades). Pengawetan gel dilakukan dengan menggunakan gliserol 20.

c. Penentuan posisi pita DNA

Penentuan posisi pita DNA pada gel poliakrilamida dilakukan secara manual. Ukuran dan jumlah dari alel yang muncul pada gel ditentukan berdasarkan asumsi bahwa semua pita DNA dengan laju migrasi yang sama adalah homolog (Leung *et al.*, 1993), sedangkan alel dengan migrasi paling cepat ditetapkan sebagai alel A, berikutnya adalah alel B dan seterusnya.

Analisis data sidik jari mikrosatelit. Data sidik jari mikrosatelit yang diperoleh dalam penelitian ini selanjutnya dianalisis menggunakan beberapa uji statistik.

Pola segregasi alel setiap lokus mikrosatelit dianalisis menggunakan uji khi-kuadrat (X^2) pada $\alpha = 0,05$ dan $db = k - 1$ (Clamp *et al.*, 1992). Perbandingan nilai X^2_{hitung} dengan nilai X^2_{tabel} menunjukkan terjadinya distorsi segregasi. Jika $X^2_{hitung} \leq X^2_{tabel}$ maka hasil pengamatan tidak berbeda nyata dengan teori/hipotesis "mandel", sebaliknya jika $X^2_{hitung} \geq X^2_{tabel}$ berarti hasil pengamatan tidak sesuai dengan teori.

Asosiasi antara genotipe individu pada tiap-tiap lokus dengan bobot lahir dan rata-rata pertambahan bobot badan harian dianalisis menggunakan program *statistic analysis system* (SAS, 1999) dengan prosedur *general linear model* (GLM) dan rata-rata kuadrat terkecil (*least square means*) untuk genotipe masing-masing mikrosatelit dibandingkan menggunakan F-test pada $\alpha = 0,01$ dan $db=k - 1$. Masing-masing lokus mikrosatelit merupakan variabel bebas sedangkan bobot lahir dan pertambahan bobot hidup harian adalah variabel terikat sebagai respon terhadap genotipe individu pada tiap-tiap lokus mikrosatelit tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

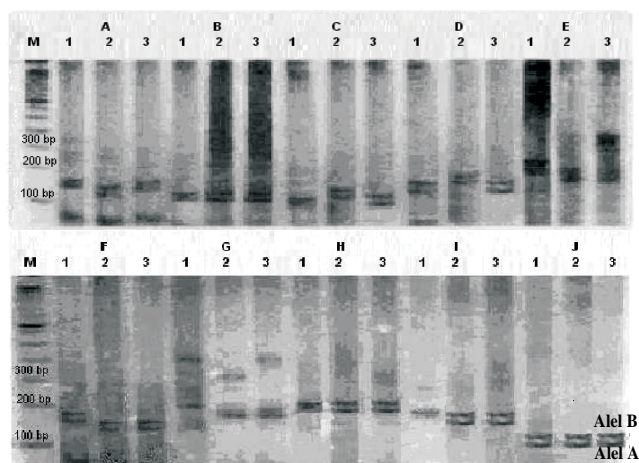
Distribusi Frekuensi Alel

Enam belas lokus mikrosatelit yang berlokasi pada berbagai kromosom telah dianalisa pada keluarga acuan (*reference family*) yang masing-masing terdiri atas sapi Brangus (pejantan), sapi Bali (induk), dan keturunan pertamanya (F1). Sebagai ilustrasi dari hasil amplifikasi lokus

mikrosatelit pada masing-masing keluarga acuan (*reference family*) terdapat pada Gambar 1.

Lokus ETH 3 memiliki jumlah, frekuensi dan jenis alel yang sama (A dan B) pada kedua tetua dan keturunannya dari enam belas lokus mikrosatelit yang dianalisis pada keluarga acuan (*reference family*). Pada lokus INRA 035, ETH 10 dan ILSTS 005 juga terdapat 2 alel (A dan B) tetapi terdapat perbedaan frekuensi pada kedua tetua dan keturunannya, sedangkan pada lokus lainnya bervariasi antara 2 - 4 alel. Secara keseluruhan jumlah alel yang terdeteksi pada sapi Brangus (pejantan) berkisar antara 2 - 3 dengan rata-rata 2,31, pada sapi Bali (induk) berkisar 2 - 4 dengan rata-rata 2,56 sedangkan pada keturunannya (F1) berkisar antara 2 - 4 dengan rata-rata 2,75. Semua alel dari setiap lokus diwariskan pada keturunannya, kecuali alel C lokus HEL 1 pada sapi Bali (induk) dan alel C lokus HAUT 24 pada sapi Brangus (pejantan) yang tidak terdeteksi pada keturunannya.

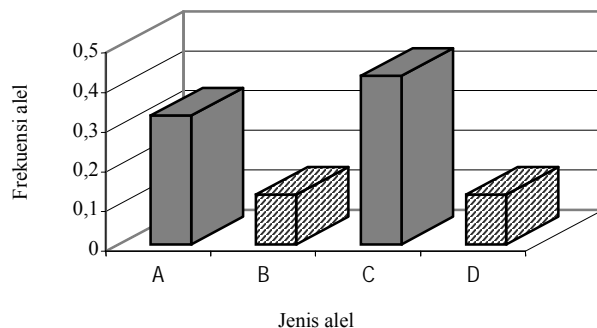
Peningkatan jumlah alel pada F1 merupakan suatu indikasi adanya peningkatan variasi genetik pada hasil persilangan. Secara keseluruhan, jumlah alel yang terdeteksi pada penelitian ini lebih rendah



Gambar 1. Varian alel 10 lokus Mikrosatelit (A – J) yang terdeteksi pada keluarga acuan yang terdiri atas: lajur 1 – 3 berturut-turut pejantan, induk dan anak (F1), M (DNA Leader), A (BM2113), B (ETH3), C (HEL1), D (ETH225), E (CSSM), F (HEL9), G (INRA025), H (ILSTS005), I (HEL5) dan J (INRA035)

jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Varvio & Kaukinen (1993) pada tiga bangsa sapi (Ayrshire, Friesian, Landrace) dengan 8 lokus mikrosatelit. Varvio & Kaukinen (1993) menemukan 4 - 6 alel pada tiga lokus: HEL 1, HEL 5 dan HEL 9, sedangkan dalam penelitian ini diperoleh 2 - 3 alel. Rendahnya jumlah alel yang terdeteksi pada penelitian ini mungkin disebabkan oleh terbatasnya ukuran populasi sampel sehingga cenderung lebih homogen dan kemungkinan antara setiap individu pada populasi sampel yang digunakan masih ada hubungan kekerabatan yang dekat terutama dari induk (sapi bali) karena pengambilan sampel terkonsentrasi pada dua lokasi.

Distribusi alel cenderung memusat membentuk pola *bimodal* pada sebagian besar lokus yang dianalisa. Dua alel memiliki frekuensi yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan alel-alel lainnya. Pola seperti ini tampak pada hampir semua lokus dan semua individu, baik pada sapi Brangus (pejantan), sapi Bali (induk) maupun pada keturunannya (F1). Pola distribusi alel terdapat pada Gambar 2. Pola distribusi bimodal juga ditemukan oleh Varvio & Kaukinen (1993) pada 8 lokus mikrosatelit yang dianalisis pada bangsa sapi Ayrshire, Friesian dan Landrace. Pola distribusi alel *bi-multimodal* juga merupakan fenomena umum distribusi alel mikrosatelit pada manusia (Boerwinkle *et al.*, 1989; Ludwig *et al.*, 1989; Weber & May 1989; Edward *et al.*, 1992; Fornage *et al.*, 1992).



Gambar 2. Distribusi frekuensi alel lokus BM 2113 pada keturunan pertama (F1)

Segregasi Alel Mikrosatelit

Hasil identifikasi produk PCR menunjukkan pola segregasi “Mandelian” pada hampir semua lokus mikrosatelit (Gambar 1). Sebagai ilustrasi adalah pada lokus BM2113 (A) yang menunjukkan bahwa persilangan antara sapi Brangus genotipe BC (kolom 1) dengan sapi Bali genotipe AB (kolom 2) menghasilkan keturunan dengan genotipe BC (kolom 3).

Perbandingan nilai X^2_{hitung} dengan nilai X^2_{tabel} pada uji khi-kuadrat (X^2) menunjukkan apakah telah terjadi distorsi segregasi atau tidak. Jika $X^2_{hitung} \leq X^2_{tabel}$ maka hasil pengamatan tidak berbeda nyata dengan teori/hipotesis “mandel”, sebaliknya jika $X^2_{hitung} \geq X^2_{tabel}$ berarti hasil pengamatan tidak sesuai dengan teori.

Analisis segregasi alel menggunakan uji khi-kuadrat (Tabel 1) menunjukkan bahwa secara keseluruhan segregasi alel pada tiap-tiap lokus mengikuti pola “Mandel”, kecuali pada lokus HEL 9. Distorsi segregasi terjadi pada lokus HEL 9. Hasil pengamatan tidak sesuai dengan hipotesis “Mandel” bahwa alel-alel akan bersegregasi secara bebas dengan peluang yang sama pada saat pembentukan gamet. Penyimpangan ini kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan jumlah sampel. Secara statistik, segregasi alel masih sesuai dengan teori/hipotesis “Mandel” pada lima belas lokus lainnya.

Respon Pertumbuhan dan Bobot Lahir terhadap Marker Mikrosatelit

Rata-rata bobot lahir dan pertambahan bobot badan harian 20 individu keturunan pertama hasil persilangan sapi Brangus dan sapi Bali adalah 26,3 kg (berkisar antara 20 - 30 kg) dan 621 g/ekor/hari (berkisar antara 496 - 711 g). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat lima marker mikrosatelit yaitu INRA 037, HEL 9, CSSM 66, INRA 035 dan ETH 225 yang memberikan respon yang signifikan terhadap pertambahan bobot hidup harian ternak dan satu marker mikrosatelit yaitu

Tabel 1. Segregasi alel setiap lokus mikrosatelit pada keturunan pertama (F1) persilangan sapi Brangus dan sapi Bali

Lokus mikrosatelit	Jenis dan frekuensi alel (%)						Nilai observasi	Nilai harapan	X ²
	Pejantan/Brangus		Induk/Bali		Keturunan (F1)				
HEL1	A = 50	B = 50	A =28,95 B = 50	C = 21,05	A = 55	B = 45	20	10,00	0,20
HEL5	B = 50	C = 50	A = 50	B = 50	A = 19,45 B = 50	C = 30,55	20	6,67	2,87
HEL9	B = 50	C = 50	A = 50	B = 50	A = 42,5 B = 50	C = 7,5	20	6,67	6,17
BM 2113	B = 12,5 C = 50	D = 37,5	A = 40 B = 12,5	C = 37,5 D = 10	A = 32,5 B = 12,5	C = 42,5 D = 12,5	20	5,00	5,40
INRA 023	A = 50	B = 50	A = 37,5 B = 30	C = 10 D = 22,5	A = 27,5 B = 32,5	C = 25 D = 15	20	5,00	1,30
INRA 032	A = 20 C = 50	D = 30	A = 27,5 B = 20	C = 42,5 D = 10	A = 23,69 B = 15,79	C = 39,47 D = 21,05	19	4,75	2,28
INRA 035	A = 50	B = 50	A = 50	B = 50	A = 61,11	B = 38,89	18	9,00	0,89
INRA 037	B = 50	C = 50	A = 50	B = 50	A = 20 B = 50	C = 30	20	6,67	2,79
ETH 3	A = 50	B = 50	A = 50	B = 50	A = 50	B = 50	20	10,00	0,00
ETH 10	A = 50	B = 50	A = 50	B = 50	A = 47,5	B = 52,5	20	10,00	0,04
ETH 152	B = 50	C = 50	B = 52,78	C = 47,22	A = 50	B = 50	17	8,50	0,00
ETH 185	A = 37,5 B = 12,5	C = 50	A = 35,29 B = 26,47	C = 38,24	A = 40 B = 10	C = 50	20	6,67	5,19
ETH 225	A = 50	B = 50	B = 50	C = 50	A = 20 B = 52,5	C = 27,5	20	6,67	3,45
ILSTS 005	A = 50	B = 50	A = 52,63	B = 47,37	A = 50	B = 50	20	10,00	0
CSSM 66	A = 20 B = 50	C = 30	A = 30 B = 50	C = 20	A = 22,5 C = 27,5	B = 50	20	6,67	2,57
HAUT 24	A = 10 B = 50	C = 40	A = 57,89	B = 42,11	A = 50	B = 50	18	9,00	0,00

Keterangan: Perbedaan jumlah ternak disebabkan adanya alel yang tidak terdeteksi (null allele).

INRA 037 yang memberikan respon signifikan terhadap bobot lahir.

Adanya respon terhadap genotipe individu pada tiap-tiap lokus mikrosatelit pada bobot lahir dan pertambahan bobot hidup ternak menunjukkan bahwa perubahan genetik yang terjadi dalam persilangan sapi Bali dengan sapi Brangus memberi dampak pada perubahan sifat kuantitatif ternak (Tabel 2). Respon bobot lahir dan pertambahan bobot hidup harian yang sangat signifikan terhadap 5 marker mikrosatelit merupakan indikasi adanya kemungkinan bahwa marker tersebut berasosiasi dengan lokus-lokus sifat kuantitatif (QTL). Beberapa laporan menunjukkan adanya asosiasi antara lokus mikrosatelit dengan sifat kuantitatif

seperti CSSM 66 dengan produksi susu, komposisi lemak dan protein susu (Kantanen *et al.* 2000), BM1500 dengan kandungan lemak karkas (Fitzsimmons *et al.* 1998), dan antara ETH225 dan Hel 5 dengan efisiensi reproduksi (João *et al.*, 2005) pada beberapa bangsa sapi.

Tabel 2 menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara genotipe tiap-tiap individu dengan bobot lahir dan pertambahan bobot hidup harian. Dua genotipe pada lokus INRA 037 terdapat pada individu F1, yaitu 8 ekor genotipe AB dan 12 ekor genotipe BC. Pertambahan bobot hidup harian pada ternak genotipe AB berkisar antara 496 - 611 g dengan rata-rata 558,125 g dan pada ternak genotipe BC adalah 625 - 711 g

Tabel 2. Asosiasi antara genotipe masing-masing individu F1 pada 5 lokus mikrosatelit dengan bobot lahir dan penambahan bobot hidup harian

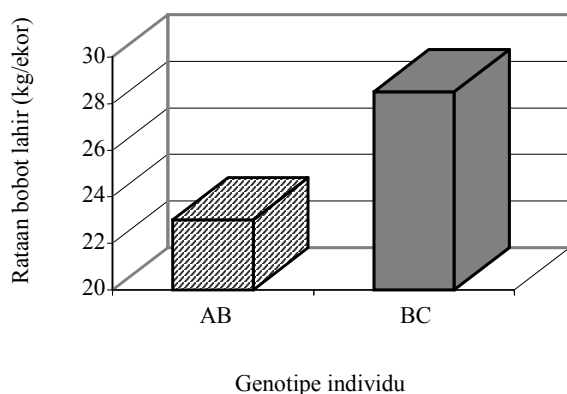
Mikrosatelit	Panjang basa	Genotipe	ADG ± SD	BWT ± SD
INRA 037	110 bp	AB	0,558 ± 0,047 ^a	23,0 ± 2,138 ^a
		BC	0,662 ± 0,035 ^b	28,5 ± 1,445 ^b
INRA 035	120 bp	AB	0,606 ± 0,059 ^a	-
		AA	0,627 ± 0,070 ^b	-
CSSM 66	185 bp	AB	0,593 ± 0,079 ^a	-
		BC	0,643 ± 0,042 ^b	-
HEL 9	100-114 bp	AB	0,615 ± 0,068 ^a	-
		BC	0,649 ± 0,048 ^b	-
ETH 225	149 bp	AB	0,637 ± 0,043 ^a	-
		BB	0,675 ± 0,000 ^b	-
		BC	0,603 ± 0,077 ^c	-

Keterangan: BWT= Birth Weight, ADG = Average Daily Gain; superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata (P<0,05).

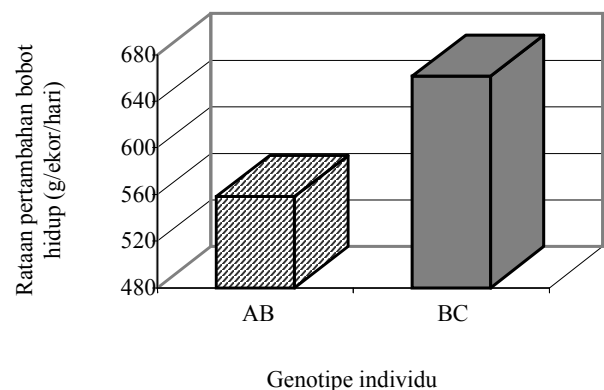
dengan rata-rata 661,917 g, sedangkan rata-rata penambahan bobot hidup harian secara keseluruhan adalah 621 g. Genotipe AB pada lokus ini memberikan respon penambahan bobot hidup harian secara umum dibawah rata-rata penambahan bobot hidup harian keseluruhan (621 g) dan genotipe BC adalah sebaliknya. Demikian juga halnya pada bobot lahir ternak, ternak genotipe AB memiliki bobot lahir dibawah rata-rata bobot lahir keseluruhan (26,3 kg), sedangkan genotipe BC

adalah sebaliknya. Sebagai ilustrasi adanya respon bobot lahir dan penambahan bobot hidup harian terhadap genotipe ternak dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

Asosiasi antara penambahan bobot hidup dengan lebih dari satu marker (5 marker) mungkin merupakan suatu fenomena yang umum bahwa ekspresi suatu sifat kuantitatif dikontrol oleh banyak gen (polygenic) (Dolf *et al.*, 1993). Fenomena bahwa sifat pertumbuhan dikontrol oleh lebih dari



Gambar 3. Respon rata-rata bobot lahir terhadap genotipe pada lokus Inra 037



Gambar 4. Respon rata-rata penambahan bobot hidup terhadap genotipe pada lokus Inra 037

satu gen ditunjukkan oleh Clamp *et al.* (1992) dengan adanya keterpautan antara marker GPI dan PGD terhadap sifat pertumbuhan pada Babi, disamping gen *Halothane* yang sudah ditemukan sebelumnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan. 1) Perubahan genetik yang terjadi dalam suatu perkawinan antar ras dapat diidentifikasi menggunakan marker mikrosatelit, 2) pola distribusi alel pada setiap lokus dan pada setiap individu baik pada tetua maupun keturunannya (F1) membentuk pola bimodal, 3) lima marker mikrosatelit berturut-turut: INRA 037, HEL 9, CSSM 66, INRA 035 dan ETH 225 memberikan respon yang signifikan terhadap penambahan bobot hidup harian ternak, sedangkan terhadap bobot lahir terdapat satu marker yang memberikan respon yang signifikan yaitu INRA 037.

DAFTAR PUSTAKA

- Boerwinkle, E., W. Xiong, W. Fowest & L. Chan.** 1989. Rapid typing of tandemly repeated hypervariable loci by polimerase chain reaction : application to the apolipoprotein B 3' hypervariable region. *Proc Natl Acad Sci USA* 86 : 212 - 216.
- Bowcock, A.M., A. Ruth-Linarez, J. Tompohrde, E. Minch & Kidd.** 1994. High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites. *Nature*, 368: 455-457.
- Clamp PA., J.E. Beever, R.L. Fernando, D.G. McLaren & L.B. Schook.** 1992. Detection of linkage between genetic markers and genes that affect growth and carcass traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 70: 2695 - 2706.
- Comings, D.E.** 1998. Polygenic inheritance and micro/minisatellites. *Molecular Psychiatry* 3:21-31.
- Dolf, G., J. Schlapfer, C. Hagger, G. Stranzinger & C. Gaillard.** 1993. Quantitative Traits in Chicken Associated with DNA Fingerprint Band. In: Pena, S.D.J., R. Chakraborty, J.T. Epplen & A.J. Jeffreys (Eds). *DNA Fingerprinting: State of the Science*, Birkhauser Verlag, Basel.
- Edwards, A., H.A. Hammond, L. Jin, T. Caskey & R. Chacraborty.** 1992. Genetic variation at five trimeric and tetrameric tandem repeat loci in four human population groups. *Genomics* 12: 241-253.
- Fitzsimmons, C.J., S.M. Schmutz, R.D. Bergen & J.J. McKinnon.** 1998. A potential association between the BM1500 microsatellite and fat deposition in beef cattle. *Mamm. Genome* 9:432-434.
- Fornage, M., L. Chan, G. Siest & E. Boerwinkle.** 1992. Allele frequency distribution of The (TG)_n(AG)_m microsatellite in the apolipoprotein C - II gene. *Genomics* 12: 63 - 68.
- Jeffreys, A.J. & S.D.J. Pena.** 1993. Brief Introduction to Human DNA Fingerprinting. In: Pena, S.D.J., R. Chakraborty, J.T. Epplen & A.J. Jeffreys (Eds). *DNA Fingerprinting: State of the Science*, Birkhauser Verlag, Basel.
- Jianbo, Y., E. Samuel, Aggrey, D. Zadworny, J. Flan Hayes & U. Kuhnlein.** 1996. Sequence variations in the bovine growth hormone gene characterized by single strand conformation polymorphism (SSCP) analysis and their association with milk production traits in Holsteins. *Genetics*, 138 : 1809 – 1816.
- João F.C. de Oliveira, J.P. Neves, E.A. Almeida, C.S. Steigleder, J.C.F. Moraes, P.B.D. Gonçalves & T.A. Weimer.** 2005. Association between reproductive traits and four microsatellites in Brangus-Ibagé cattle. *Genetics and Molecular Biology*, 28: 54-59.
- Kantanen, J., I. Olsaker, L.-E. Holm, S. Lien, J. Vilkki, K. Brusgaard, E. Eythorsdottir, B. Danell & S. Adalsteinsson.** 2000. Genetic diversity and population structure of 20 North European cattlebreeds. *Journal of Heredity* 91: 446–57.
- Leung H., R.J. Nelson & J.E. Leach.** 1993. Population structure of plant pathogenic fungi and bacteria. *Adv. Plant Pathol.* 10: 157 - 205.
- Ludwig, E.H., W. Friedl & B.J. McCarthy.** 1989. High resolution analysis of hypervariable region in the human apolipoprotein B gene. *Am J Hum Genet*, 45 : 458 - 464.
- Oliveira, J.F.C., J.P. Neves, J.C.F. Moraes, P.B.D. Gonçalves, J.M. Barr, A.G.V. Hernandez & G. Bonotto.** 2002. Follicular population and steroid levels in Brangus Ibagé

- with distinct levels of fertility. *Anim. Reprod. Sci.* 73:1-10.
- Sambrook, J., E.F. Fritsch & T. Maniatis.** 1989. *Molecular Cloning : A laboratory Manual*. 2nd edition. Cold Spring Harbor Laboratory Press, USA.
- SAS.** 1999. *SAS/STAT User's Guide*: SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Tegelstrom, H.** 1986. Mitochondrial DNA in Natural Population: An improved routine for the screening of genetic variation based on sensitive silver stain. *Electrophoresis* 7: 226–229.
- Todd, J.A., C.M. Hearne, M.A. McAleer, J.M. Love, T.J. Aitman & R.J. Cornell.** 1991. Mouse Microsatellite. In: M.J. McPherson, P. Quirke, & G.R. Taylor (Eds). *PCR : A Practical Approach*. PP : 101 - 105. Oxford University Press.
- Varvio S.L. & J. Kaukinen.** 1993. Bovine Microsatellites: Racial Differences and Association with SINE-Elements. In: Pena, S.D.J., R. Chakraborty, J.T. Eppelen & A.J. Jeffreys (Eds). *DNA Fingerprinting: State of the Science*, Birkhauser Verlag, Basel.
- Weber, J.L. & P.E. May.** 1989. Abundant class of human DNA polymorphism which can be typed using the polymerase chain reaction. *Am. J. Hum. Genet.* 44: 388 - 396.