

KERAGAMAN DNA MIKROSATELIT SAPI FRIESIAN HOLSTEIN (FH) DI BALAI PEMBIBITAN TERNAK UNGGUL (BPTU) SAPI PERAH BATURRADEN

(Microsatellite DNA Variation of Holstein Friesian (HF) Dairy Cattle in BPTU Baturraden)

CECE SUMANTRI¹, DYAH PERWITASARI², ACHMAD FARAJALLAH² dan ANNEKE ANGGRAENI³

Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor
Departemen Biologi Fakultas Matematika dan IPA Institut Pertanian Bogor
Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002

ABSTRACT

Eight microsatellite loci located on chromosome 6/BTA-6 (CSN-3, BM 143 and BM 415), on chromosome 9/BTA-9 (ETH 225 and BM 4208) on chromosome 10 /BTA-10 (BP 31, BM 1237 and BM 888) were used to analyze the genetic variation of Holstein Friesian (HF) in Baturraden Dairy Cattle Breeding Centre. The research activities were carried out through blood collecting, DNA isolating by SAMBROOK *et al.* (1989), fragment DNA amplified by PCR (*polymerase chain reaction*) and the gene frequency calculated the by NEI methods (1987). The results showed that the eight microsatellites loci exhibited a total of 33 alleles, and 14 alleles out of 33 alleles supposed alleles specific for dairy cattle in BPTU Baturraden. There were five allele had been detected in locus BM 143 and BM 4208, four alleles in locus BM415, CSN3, ETH225, BM1237, BM888 and three alleles in locus BP31. The lowest Heterozygosis per locus (h) was 0.6151 for BM415 and the highest was 0.7301 for BM888. And the average heterozygosis for all loci (H) detected was 0.6768. The genotype BB on locus BM 143 and AC on locus CSN-3 had significantly affected estimated breeding value (EBV) for milk production.

Key Words: Microsatellite DNA, HF Dairy Cattle, Estimated Breeding Value (EBN)

ABSTRAK

Delapan mikrosatelit yaitu: lokus CSN-3, BM 143 dan BM 415 terletak pada kromosom 6 (BTA-6), lokus ETH 225 dan BM 4208 pada kromosom 9 (BTA-9), dan lokus BP 31, BM 1237 dan BM 888 pada kromosom 10 (BTA-10) digunakan untuk mendeteksi keragaman genetik pada sapi Friesian Holstein (FH) di Balai Penelitian Ternak Unggul (BPTU) Sapi Perah Baturraden. Tahapan kegiatan meliputi pengambilan sampel darah sapi laktasi, dan ekstraksi DNA yang dimodifikasi, amplifikasi fragment DNA dengan delapan primer khusus melalui teknik PCR (*polymerase chain reaction*), genotiping dan identifikasi alel, menghitung tingkat heterosigositas, frekuensi genotipe dan alela berdasarkan NEI (1987). Hasil penelitian menunjukkan ada 33 alel yang terdeteksi pada kedelapan lokus tersebut. Lima alel pada BM 143 dan BM 4208. Empat alel pada BM415, CSN3, ETH225, BM1237 dan BM888. Tiga alel pada BP 31. Ada 14 alel dari 33 alel terdeteksi kemungkinan alel spesifik sapi perah di Baturraden. Heterozigositas per lokus (h) paling rendah 0,6151 untuk lokus BM415 dan tertinggi 0,7301 untuk lokus BM888. Rataan heterozigositas (H) untuk kedelapan lokus sebesar 0,6768. Genotipe BB pada lokus BM 143 dan genotipe AC pada lokus CSN-3 berpengaruh nyata terhadap nilai pemuliaan produksi susu.

Kata Kunci: DNA Mikrosatelit, Sapi Perah FH, Nilai Pemuliaan Produksi Susu (NPS)

PENDAHULUAN

Mikrosatelit adalah runutan DNA pendek berulang (1 sampai 5 pasangan basa), dan runutan yang paling banyak ditemukan pada mamalia adalah (dC-dA)_n dan (dT-dG)_n

(MOORE *et al.*, 1991). Mikrosatelit DNA merupakan salah satu penciri genetik yang sudah diaplikasikan secara meluas dalam bidang peternakan, selain untuk uji test keturunan, dapat pula di pakai untuk mengidentifikasi sejumlah sifat dengan nilai

ekonomis tinggi pada banyak spesies, dikarenakan mikrosatelit DNA sangat polimorfik dan terdapat banyak dalam DNA genom (BAWDEN dan NICHOLAS, 1999).

Keragaman genetik pada sapi FH di BPTU Baturraden sudah dilaporkan oleh RAHMANI *et al.* (2004) dengan menggunakan gen hormon pertumbuhan ditemukan 4 alel dengan frekuensi A (0,21), B (0,09), C (0,04) dan D (0,66) dan SUMANTRI *et al.* (2004) melaporkan pada sapi FH di BPTU Baturraden mempunyai polimorfisme gen κ -kasein dengan frekuensi alel A (0,47) dan B (0,53) dengan komposisi genotipe AA (0,21), AB (0,53) dan BB (0,26). Genotipe BB sangat berpengaruh terhadap kadar protein susu (SUMANTRI *et al.*, 2005). Keragaman DNA mikrosatelit pada sapi perah FH di BPTU Baturraden belum pernah dilakukan, oleh karena itu penelitian ini bertujuan: (1) untuk mempelajari keragaman DNA Mikrosatelit yang terletak pada kromosom 6 (BTA 6), kromosom 9 (BTA-9) dan kromosom 10 (BTA-10); (2) mengidentifikasi alel spesifik yang hanya dimiliki oleh sapi perah FH di BPTU Baturraden, dan (3) mengetahui pengaruh genotipe dengan nilai pemuliaan produksi susu (NPS).

METODE PENELITIAN

Sapi FH pengamatan

Sejumlah 99 ekor sapi betina FH yang sedang berlaktasi di BPTU Baturraden diambil sampel darahnya untuk dianalisa genotipe

DNA mikrosatelitnya. Sapi tersebut sudah dievaluasi nilai pemuliaan produksi susunya selama pengamatan produksi 10 tahun (1988-1998) oleh Tim Peneliti Puslit Peternakan (ANGGRAENI *et al.*, 2000).

Ekstraksi DNA

Setiap sampel darah dimasukan kedalam tabung *falcon*, disentrifugasi 3500 rpm selama 10 menit sehingga terbentuk tiga lapisan yaitu plasma darah, buffy coat (lapisan sel darah putih berinti) dan sel darah merah. *Buffy coat* dipindahkan ke tabung 1.5 ml. yang akan digunakan sebagai sumber DNA. Ekstraksi DNA dilakukan menurut SAMBROOK *et al.* (1989) yang di modifikasi.

Analisa PCR

Analisa PCR dilakukan dengan cara sebagai berikut: 2 μ l 50 ng sampel DNA, 0,25 μ l primer mikrosatelit dan kondisi suhu annealing PCR untuk setiap primer disajikan dalam (Tabel 1). 1,25 μ l mM MgCl₂, 1 μ l 2 mM dNTPs dan 0,25 μ l 4 unit AmpliTaq gold DNA polimerase dan ditambah 7,75 μ l millique water steril sampai total volume 12,75 μ l. Tabung tersebut kedalam mesin PCR *TaKaRa thermocycler* MP4. Genotyping dilakukan dengan memisahkan produk PCR menggunakan teknik elektroforesis gel poliakrilamid 5 – 8% dalam bufer 1 x TBE (Tris 0,5 M, asam borat 0,65 M, EDTA 0,02 M) yang kemudian diikuti dengan pewarnaan sensitif perak.

Tabel 1. Daftar Primer Mikrosatelit DNA (BTA-6, 9 dan 10) yang dipakai dalam penelitian

Nama mikrosatelit	Terletak pada kromosom	Jumlah alel	Panjang DNA *(bp)	Temperatur annealing (°C)
CSN3	6 (BTA-6)	6	216-238	58
BM415	6 (BTA-6)	14	141-171	54
BM143	6 (BTA-6)	12	90-118	58
ETH225	9(BTA-9)	10	141-159	60
BM4208	9(BTA-9)	8	154-174	58
BP31	10(BTA-10)	4	199-205	54
BM1237	10(BTA-10)	9	187-223	58
BM888	10(BTA-10)	7	173-183	58

*BISHOP *et al.* (1994)

Analisis data

Frekuensi masing-masing alel setiap lokus mikrosatelit dihitung berdasarkan rumus NEI (1987):

$$X_i = \frac{2 n_{ii} + \sum_{j \neq i} n_{ij}}{(2 N)}$$

dimana:

- X_i = frekuensi alel lokus ke- i
- n_{ij} = jumlah individu untuk genotipe A_iA_j
- n_{ii} = jumlah individu untuk genotip A_iA_i
- N = jumlah sampel

Derajat heterozigositas (\hat{h}) dihitung berdasarkan frekuensi alel pada tiap lokus DNA mikrosatelit dengan rumus NEI (1987) sebagai berikut:

$$\hat{h} = \frac{2 n (1 - \sum x_i^2)}{2 n - 1}$$

dimana:

- \hat{h} = heterozigositas lokus
- x_i = frekuensi alel lokus ke- i
- n = jumlah sampel

Ragam heterozigositas ($Vsl(\hat{h})$) diantara individu dalam satu kesatuan frekuensi alel populasi pada tiap lokus DNA mikrosatelit dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$vsl(\hat{h}) = \frac{2}{2n(2n-1)} \{2(2n-2)(\sum x_i^3 - (\sum x_i^2)^2) + \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\}$$

dan standar error (SE) diperoleh dari akar ragam heterozigositas.

Rataan heterozigositas (\hat{H}) dari semua lokus DNA mikrosatelit yang diuji (r) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

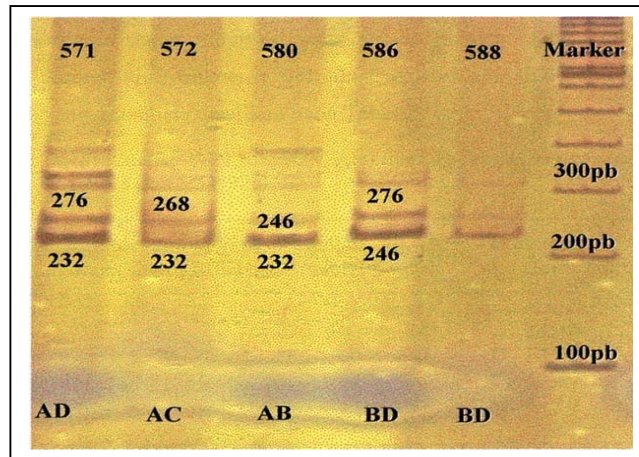
$$\hat{H} = \sum_{j=1}^r \hat{h}_j / r$$

dimana:

- \hat{h}_j = derajat heterozigositas untuk lokus ke- j
- r = jumlah lokus yang diuji
- \hat{H} = rata-rata heterozigositas

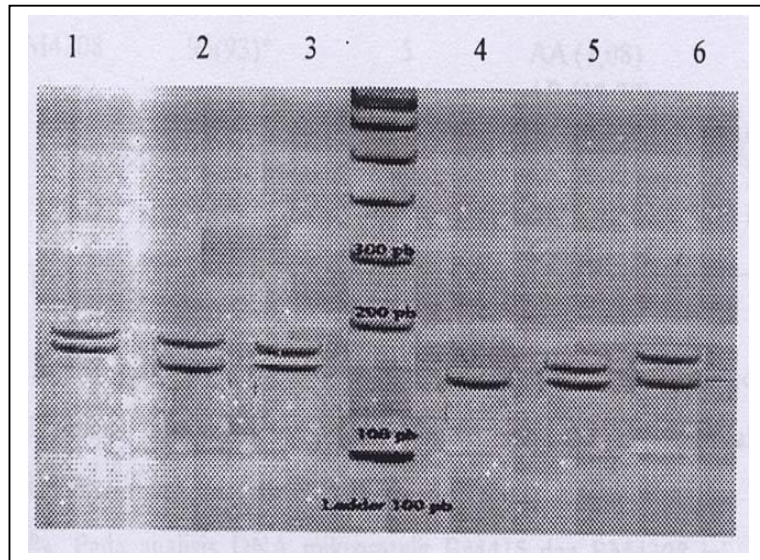
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2, memperlihatkan keragaman dan frekuensi genotipe lokus yang terletak pada BTA-6, BTA-9 dan BTA-10. 1) Hasil visualisasi elektroforesis untuk CSN3 diperlihatkan pada Gambar 1, BM 4208 (Gambar 2), BM 1237 (Gambar 3) dan BM 888 (Gambar 4), sedangkan untuk BM 143, BM 415, ETH dan BP 31 gambar tidak ditampilkan. Pada lokus CSN-3 frekuensi genotipe AD paling rendah 3,13% dan paling



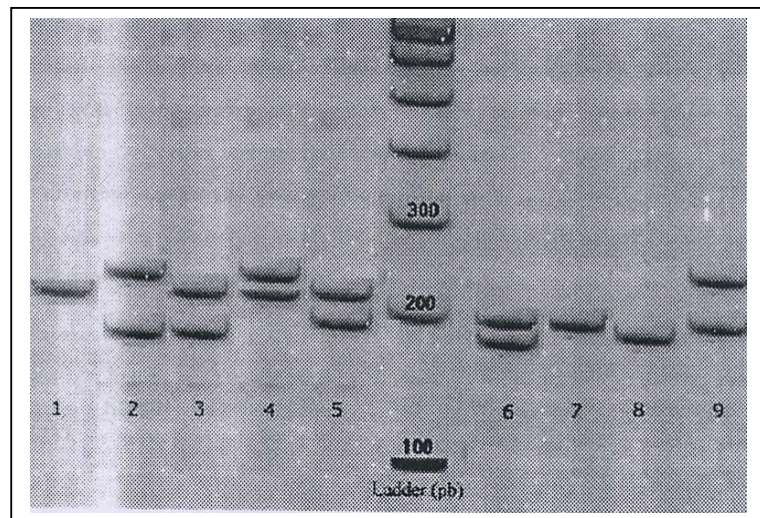
Gambar 1. Pola Elektroforesis Lokus CSN-3

Individu no. 571 (genotipe AD); no. 572 (genotipe AC), no. 580 (genotipe AB), no. 586 dan no. 588 (genotipe BD)



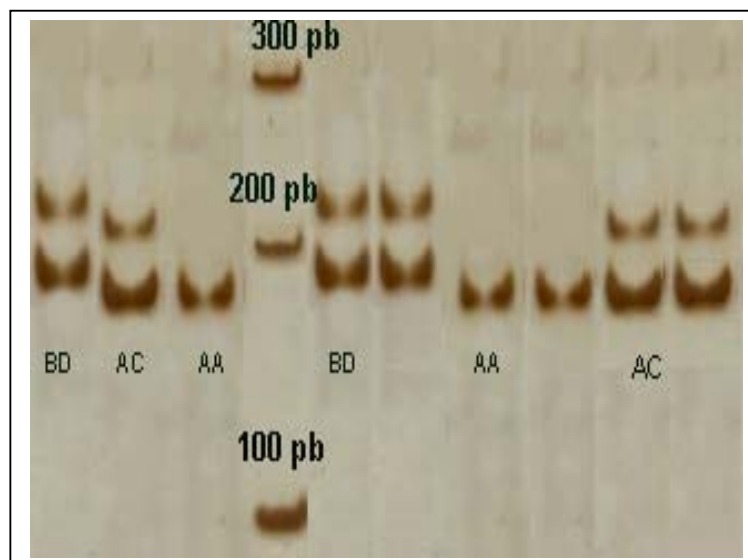
Gambar 2. Pola elektroforesis lokus BM4208

Individu no 1) bergenotipe CE; no 2) bergenotipe BD; no 3) bergenotipe BC; 4) bergenotipe AA; 5) bergenotipe AC dan 6) bergenotipe BD



Gambar 3. Pola Elektroforesis Lokus BM1237

Individu no 1) bergenotipe CC; no 2) bergenotipe AD; no 3) bergenotipe AC; no 4) bergenotipe CD; no 5) bergenotipe BC; no 6) bergenotipe AB; no 7) bergenotipe BB; no 8) bergenotipe AA; no 9) bergenotipe BD



Gambar 5. Pola Elektroforesis Lokus BM888

Individu no 1, 5, 6 bergenotipe BD; Individu no 2, 8, 9 bergenotipe AC; Individu no 3, 6, 7 bergenotipe AA; M = Penanda 100 pb

tinggi genotype AC 17,71%. BM 415 frekuensi genotype AA paling rendah 2,25% dan paling tinggi BD 73,03% dan pada lokus BM 413 genotype paling rendah BB 1,02% dan paling tinggi BC 56,12%. Pada lokus ETH 225 frekuensi genotype AD (1,01%) dan tertinggi BD (60,61%), dan lokus BM 4208 genotype AA (1,08%) dan BD (64,52%). Pada lokus BP 31 genotype BC (13,41% dan AB 35,37%. Lokus BM 1237 genotype AD 3,13% dan BC 30,21%, lokus BM 888 genotype AA (5,15%) dan tertinggi AC (59,79%).

Ukuran dan jumlah alel terdeteksi untuk setiap lokus ditampilkan pada Table 4. Hasil menunjukkan adanya beberapa alel berukuran diluar yang dilaporkan BISHOP *et al.* (1994). Pada lokus CSN 3, alelnya berukuran 232–276 pasangan basa (pb), sedangkan menurut BISHOP *et al.* (1994) ukuran alelnya berkisar 216–238 (pb) dengan demikian ada tiga alel yang ukurannya lebih besar dari 238 pb yaitu alel B (246 pb), C (268pb), dan D (276pb). Pada lokus BM 143 ukuran alelnya berkisar dari 94–130 (pb), sedangkan menurut BISHOP *et al.* (1994) alelnya berkisar 90–118 (pb) dengan demikian ada dua alel yang ukurannya lebih besar dari 118 (pb) yaitu alel D (120pb)

dan E (130bp). Pada lokus BM 415 ukuran alelnya berkisar 142 sampai 170 pb, hampir sama dengan BISHOP *et al.* (1994) alelnya berukuran 141–171. Pada lokus ETH 225 ukuran alelnya berkisar 146–176 pb, sedangkan menurut BISHOP *et al.* (1994) alelnya berkisar 141–159 (pb), dengan demikian ada dua alel yang ukurannya melebihi 159 pb yaitu alel C (164 pb) dan alel D (176 pb). Pada lokus BM 4208 ukuran alelnya berkisar 158–196 pb, sedangkan menurut BISHOP *et al.* (1994) alelnya berkisar 154–174 pb, dengan demikian ada dua alel yang ukurannya lebih besar dari 174 pb yaitu alel D (186 pb) dan E (196). Pada lokus BP 31 ukuran alelnya berkisar 189–227 pb, sedangkan menurut BISHOP *et al.* (1994) alelnya berkisar 199–205 pb, dengan demikian ada satu alel yang lebih besar dari 205 pb yaitu alel C 227 pb. Pada lokus BM1237 alelnya berkisar 185–239 pb, sedangkan menurut BISHOP *et al.* (1994) alelnya berkisar 187–223 pb, dengan demikian ada dua alel yang berbeda yaitu alel A 185 pb lebih kecil dari 187 pb dan alel D 239 pb lebih besar dari 223. Pada lokus BM 888 ukuran alelnya berkisar 179–205 pb, sedangkan menurut BISHOP *et al.* (1994) alelnya berkisar 173–183, dengan demikian

Tabel 2. Keragaman dan frekuensi Genotipe DNA mikrosatelit lokus CSN 3, BM 415, BM 143, ETH 225, BM 4208, BP 31 BM 123 dan BM 888.

Lokus	Genotipe (%)										
	AA	AB	AC	AD	BB	BC	BD	CC	CD	CE	DD
CSN-3		8 (8,33)	17 (17,71)	3 (3,13)	2 (2,08)	29 (30,21)	13 (13,54)	9 (9,38)	11 (11,46)		4 (4,47)
BM415	2 (2,25)	7 (7,87)	5 (5,62)		6 (6,74)	4 (4,49)	65 (73,03)				
BM143		5 (5,10)			1 (1,02)	55 (56,12)	16 (16,33)		6 (6,12)	15 (15,31)	
ETH225		25 (25,25)	13 (13,13)	1 (1,01)			60 (60,61)				
BM4208	1 (1,08)	7 (18,28)	6 (6,45)			6 (6,45)	60 (64,52)			3 (3,23)	
BP31		29 (35,37)	16 (19,51)		13 (15,85)	11 (13,41)		13 (15,85)			
BM1237		8 (8,33)	17 (17,71)	3 (3,13)	2 (2,08)	29 (30,21)	13 (13,54)	9 (9,38)	11 (11,46)		4 (4,17)
BM888	5 (5,15)		58 (59,80)	34 (35,05)							

Tabel 3. Jenis alel dan frekuensi alel (CSN 3, BM 415, BM 143, ETH 225, BM 4208, BP 31 BM 123 dan BM 888)

Jenis alel	Mikrosatelit kromosom 6 (BTA-6), panjang alel (pb) dan frekuensinya			Mikrosatelit pada kromosom 9 (BTA-9) panjang alel (pb) dan frekuensinya		Mikrosatelit pada kromosom 10 (BTA-10) panjang alel (pb) dan frekuensinya		
	CSN3	BM 415	BM 143	ETH 225	BM 4208	BP 31	BM 1237	BM 888
A	232 (0,15)	142 (0,09)	94 (0,03)	146 (0,20)	158 (0,13)	189 (0,27)	185 (0,15)	179 (0,35)
B	246 (0,28)	154 (0,49)	112 (0,40)	160 (0,43)	166 (0,45)	205 (0,40)	195 (0,28)	183 (0,18)
C	268 (0,39)	164 (0,05)	114 (0,39)	164 (0,06)	174 (0,08)	227 (0,32)	219 (0,39)	201 (0,29)
D	276 (0,18)	170 (0,37)	120 (0,12)	176 (0,31)	186 (0,32)		239 (0,18)	205 (0,18)
E			130 (0,08)		196 (0,02)			

ada dua alel yang berbeda yaitu alel C 201 pb dan alel D (205 pb). Total ada 14 alela yang berbeda tersebut kemungkinan besar merupakan alela baru yang belum pernah terdeteksi dari populasi sapi sebelumnya.

Frekuensi alel untuk masing-masing mikrosatelit BTA-6 (lokus CSN3, BM 415 dan 143), BTA-9 (lokus ETH 225 dan BM 4208), BTA-10 (lokus BP 31, BM 1237 dan BM 888) ditabulasikan pada Tabel 3. Pada lokus CSN3 terdapat empat alel dengan frekuensi alel (C) tertinggi (0,39) dan alel A terendah (0,15). Lokus BM415 alelnya ada empat dengan frekuensi alel B tertinggi (0,49) dan alel C terendah (0,05). Lokus BM143 alelnya ada lima dengan frekuensi alel B dan C tertinggi (0,40) dan alel A terendah (0,03). Lokus ETH 225, sedangkan jumlah alelnya ada empat dengan frekuensi alel B tertinggi (0,43) dan alel C terendah (0,07). Lokus BM 4208 alelnya ada lima dengan frekuensi alel B tertinggi (0,45) dan alel E terendah (0,02). Pada lokus BP 31 alelnya ada tiga dengan frekuensi alel B tertinggi (0,40) dan frekuensi alel A terendah (0,28). Lokus BM 1237 alelnya ada empat dengan frekuensi alel C tertinggi (0,39) dan alel A terendah (0,15) Lokus BM 888 alelnya ada empat dengan frekuensi alel tertinggi A (0,35) dan alel terendah B dan D (0,18).

Nilai heterozigositas

Nilai heterozigositas per lokus (\hat{h}) pada penelitian ini berkisar 0,6151–0,7301 (Tabel 4). Lokus BM415 (BTA 6) mempunyai nilai

terendah 0,6151 dan lokus BM 888 (BTA 10) mempunyai nilai tertinggi 0,7301, sedangkan nilai rata-rata untuk semua lokus sebesar (\hat{H}) 0,6766. Nilai heterozigositas merupakan cara yang paling akurat untuk mengukur variasi genetik suatu populasi (NEI dan KUMAR, 2000).

Hubungan genotipe mikrosatelit DNA dengan produksi susu

Hasil penelitian dari delapan lokus mikrosatelit yang di uji, hanya dua menunjukkan adanya hubungan yang positif antara genotipe BB pada lokus BM 143 dan genotipe AC pada lokus CSN-3 dengan nilai pemuliaan produksi susu (Tabel 5).

Beberapa penelitian juga telah mengindikasikan adanya pengaruh yang jelas dari genotipe mikrosatelit DNA terhadap produksi dan kualitas susu yang dihasilkan. RON *et al.* (1994) melaporkan pada Sapi FH Israel dari 10 mikrosatelit DNA yang digunakan hanya mikrosatelit D21S4 berpengaruh sangat nyata terhadap produksi susu dan protein. GEORGES *et al.* (1995) menggunakan 159 mikrosatelit DNA yang tersebar pada genom sapi perah melaporkan bahwasanya QTL produksi susu terletak menyebar pada lima kromosom yaitu kromosom no 1, 6, 9, 10 dan 20 yang pengaruhnya sangat bervariasi pada produksi susu, persentase protein dan lemak. ASWHELL *et al.* (1997) membuktikan QTL untuk produksi susu terletak pada kromosom nomor 21 dengan mikrosatelit BM103 berpengaruh terhadap

Tabel 4. Jumlah alel dan nilai Heterosigositas sapi FH Baturraden

Nama lokus	Jumlah alel terdeteksi	Nilai Heterozigositas per lokus (\hat{h})	Rataan Heterosigositas semua lokus (\hat{H})
CSN3 (BTA-6)	6(4)	0,6572	0,6766
BM415 (BTA-6)	14 (4)	0,6151	
BM143 (BTA-6)	12(5)	0,6756	
ETH225 (BTA-9)	10(4)	0,6811	
BM4208 (BTA-9)	8(5)	0,6756	
BP31 (BTA-10)	4(3)	0,6624	
BM1237 (BTA-10)	9(4)	0,7176	
BM888 (BTA-10)	7(4)	0,7301	

Tabel 5. Hubungan Genotipe Mikrosatelit DNA Lokus BM 143 dan Lokus CSN-3 dengan nilai pemuliaan produksi susu (NPS)

Genotipe	Lokus BM 143		Lokus CSN-3	
	Jumlah (n)	Rataan NPS	Jumlah (n)	Rataan NPS
AB	4	-27,8 ^b	4	100,3 ^{ab}
AC			5	119,2 ^a
AD			34	36,2 ^{ab}
BB	1	524,0 ^a		
BC	42	44,0 ^b		
BD	12	-35,8 ^b	20	-16,5 ^b
CD	5	-20,0 ^b		
CE	9	31,3 ^b		

Huruf superscript berbeda menunjukkan ($P < 0,05$)

persentase lemak dan protein, sedangkan mikrosatelit BM 3413 berpengaruh terhadap produksi lemak dan protein. ARRANZ *et al.* (1998) menyatakan mikrosatelit TGLA 153, AGLA 29, dan BM.5004 yang terletak pada kromosom nomor 20 sangat berpengaruh terhadap persentase protein dan persentase lemak. KUHN *et al.* (1999) dan VELMALA *et al.* (1999) menyatakan bahwa kromosom 6 berperan langsung dalam pengontrolan sifat produksi susu karena merupakan lokasi dari gen kasein, dan terdapat tiga QTL untuk produksi susu, persentase protein, dan lemak.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan ada 33 alel yang terdeteksi pada kedelapan lokus tersebut. Lima alel pada BM 143 dan BM 4208. Empat alel pada BM415, CSN3, ETH225, BM1237, dan BM888. Tiga alel pada BP 31. Ada 14 alel dari 33 alel terdeteksi kemungkinan alel spesifik sapi perah di Baturaden. Heterozigositas per lokus (h) paling rendah 0,6151 untuk lokus BM415 dan tertinggi 0,7301 untuk lokus BM888. Rataan heterozigositas (H) untuk kedelapan lokus sebesar 0,6768.

Genotipe BB pada lokus BM 143 dan genotipe AC pada lokus CSN-3 berpengaruh nyata terhadap nilai pemuliaan produksi susu.

DAFTAR PUSTAKA

- ANGGRAENI, A. 2000. Identifikasi Keunggulan Genetik Produksi Susu Sapi Perah Fries Holland sebagai Penghasil Sapi Perah Bibit. Laporan Balitnak tahun 1999 dan 2000. Bogor.
- ARRANZ, J.J., W. COPPIETERS, P. BERZI, N. CAMBISANO, B. GRISART, L. KARIM, F. MARCQ, L. MOREAU, C. MEZER, J., RIQUET, P. SIMON, P., VANMANSHOVEN, D. WAGENAAR and M. GEORGES. 1998. A QTL affecting milk yield and composition maps to bovine chromosome 20: a confirmation. *Anim. Genetics*. 28: 107 – 115.
- ASWELL, M.S., C.E. REXROAD JR, R.H. MILLER and P.M. VANRADEN. 1997. Detection of loci affecting production and health traits in an elite US Holstein population using microsatellite markers. *Anim. Genetics*. 28: 216 – 222.
- BAWDEN, W.S. and K.R. NICHOLAS. 1999. Molecular Genetics of Milk Production. In: The Genetics of Cattle. FRIES, R. and A. RUVINSKY (Eds.). CAB International. New York. USA.
- BISHOP, M.D., S.M. KAPPES, J.W. KEELE, R.T. STONE, S.L.F. SUNDEN, G.A. HAWKINS, S.S. TOLDO, R. FRIES, M.D. GROSZ, J. YOO and C.W. BEATTIE. 1994. A genetic linkage map for cattle. *Genetics* 136: 619 – 639.
- GEORGES, M., D. NIELSON and M. MACKINNON. 1995. Mapping quantitative trait loci controlling milk production in dairy cattle by exploiting progeny testing. *Genetics* 139: 907 – 920.

- KUN, C.H., G. FREYER, R. WEIKARD, T. GOLDAMMER and M. SCHWERIN. 1999. Detection of QTL for milk production traits in cattle by application of specifically developed marker map of BTA6. *Anim. Genetics* 30: 333 – 340.
- MOORE, S.S., L.L. SARGENT, J.J. KING, J.S. MATTICK, M. GEORGES and D.J.S. HETZEL. 1991. The conservation of dinucleotide microsatellites among mammalian genomes allow the heterologous DCR Primer pairs closely related species. *Genomics* 10: 654 – 660.
- NEI, M. 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press. New York.
- NEI, M. and S. KUMAR. 2000. *Molecular Evolution and Phylogenetics*. Oxford University Press. Inc. New York.
- RAHMANI, N., MULADNO dan C. SUMANTRI. 2004. Analisis polimorfisme gen *bovine growth hormone* (BGH) pada sapi perah Friesian Holstein di BPTU Baturraden. Pros. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 4 – 5 Agustus. 2004. Puslitbang Peternakan, Bogor. hlm. 183 – 194.
- RON, M., M. BAND, A. YANAI and J.J. WELLER. 1994. Mapping quantitative trait loci with DNA microsatellite in a commercial dairy cattle population. *Anim. Gen.* 25: 259 – 294.
- SAMBROOK, J., E.F. FRITSCH and T. MANIATIS. 1989. *Molecular Cloning Laboratory Manual* 3rd Ed. Cold Spring Harbour Lab. Press. New York.
- SUMANTRI, C., A. ANGGRAENI, R.R.A. MAHESWARI, K. DIWYANTO, A. FARAJALLAH dan B. BRAHMANTYO. 2004. Frekuensi gen kappa kasein (κ -kasein) pada sapi perah FH berdasarkan produksi susu di BPTU Baturraden. Pros. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 4 – 5 Agustus 2004. Puslitbang Peternakan, Bogor. hlm. 175 – 182.
- SUMANTRI, C., R.R.A. MAHESWARI, A. ANGGRAENI, K. DIWYANTO dan A. FARAJALLAH. 2005. Pengaruh genotype kappa kasein (κ -kasein) terhadap kualitas susu pada sapi perah FH di BPTU Baturraden. Pros. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 12 – 13 September 2005. Puslitbang Peternakan, Bogor. hlm. 358 – 365.
- VELMALA, R., J. VILKKI, K. ELO, D.J. DEKONING and A.V. MAKI-TANILA. 1999. A search for quantitative trait loci for milk production traits on chromosome 6 in Finnish Ayrshire cattle. *Anim. Genetics* 30: 136 – 143.

DISKUSI

Pertanyaan:

1. Berapa produksi susu sapi betina di Baturraden?
2. Apakah dilakukan seleksi terhadap sapi induk dan analisis genetik?
3. Apa tujuan dari penelitian yang dilakukan?
4. Bagaimana aplikasinya di lapang?

Jawaban:

1. Produksi susu sapi betina tergantung dari grade-nya yaitu: grade A = 6000 – 7000 laktasi; grade B = 5000 – 6000 laktasi; grade C = \pm 5000 laktasi.
2. Seleksi dilakukan terhadap sapi induk, analisis genetik juga dilakukan.
3. Tujuan penelitian: a) mengetahui keragaman genetik; b) mengetahui ada atau tidak ada alel-alel yang dicari; c) mencari hubungan genotype dengan produksi susu, produksi susu dipengaruhi oleh banyaknya gen.
4. Aplikasi di lapang belum banyak diterapkan.