

# **BAB 6**

## **Analisis Frekuensi Gen *GHP* Pada Populasi Sapi PO**

Dalam usaha perternakan, sifat pertumbuhan selalu menjadi perhatian utama dalam pemuliaan sebagai penentu nilai ekonomi. Dengan perkembangan biologi molekular dan bioteknologi, ilmuwan mampu mencapai tujuan seleksi yang lebih efisien dan akurat melalui seleksi berbantu penanda (*marker-assisted selection, MAS*). Secara umum, keabsahan penanda-penanda genetik (genetic markers) sifat-sifat pertumbuhan merupakan langkah awal sangat penting untuk menetapkan sistem *MAS* (Allan et al., 2007).

Efek hormon pertumbuhan (*Growth hormone, GH*) terhadap pertumbuhan telah diamati dalam beberapa jaringan termasuk tulang, otot dan jaringan adipose, sehingga gen *GH* dengan potensi dan fungsinya telah dipakai secara luas untuk penanda dalam beberapa spesies ternak, termasuk sapi seperti *Bos taurus* dan *Bos indicus* (Beauchemin et al., 2006). Telah dilaporkan bahwa “restriction fragment length polymorphisms (RFLP) dari *GH* dapat berkaitan dengan panjang badan pada induk sapi perah Grati (Maylinda, 2011).

Kajian lokus gen *GH* restriksi *MspI* telah dilaporkan pada ternak sapi PO (Sutarno et al., 2005), sapi Brahman (Beauchemin et al., 2006), sapi Zebu India (Shodi et al., 2007) dan sapi pesisir pantai Barat Sumatera (Jakaria et al., 2007). Kajian mereka menunjukkan bahwa genotip *MspI* *+/+* and *MspI* *+/-* dapat digunakan sebagai kandidat gen dalam seleksi ternak sapi untuk program pemuliaan. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi frekuensi alel *GH* restriksi enzim *MspI*,

menentukan ketidakseimbangan genetik dalam kelompok induk bobot badan superior dan inferior (G0) dan mengevaluasi keseimbangan genetik pada populasi anak generasi 1 (G1).

### A. Analisis Data

Data PCR-RFLP dianalisis melalui frekuensi alel (Sumantri, dkk., 2008). Frekuensi alel dihitung dengan metode penghitungan melalui rumus:

$$x_i = \frac{(2n_{ii} + \sum n_{ij})}{2N}$$

Dimana,  $x_i$  adalah frekuensi alel  $MspI^+$ ,

$n_{ii}$  adalah jumlah ternak sapi dengan genotip of  $MspI^{+/+}$ ,

$n_{ij}$  adalah jumlah ternak sapi dengan genotip of  $MspI^{+/-}$ ,

N adalah jumlah total ternak sapi yang diuji.

Perhitungan frekuensi alel (Tabel 5.2) adalah sebagai berikut:

Untuk fenotip BB superior:

$$\text{Frekuensi alel } MspI^+ = \frac{[2(2)+14]}{2(20)} = 0,45;$$

$$\text{Frekuensi alel } Msp^- = 1 - 0,45 = 0,55$$

Untuk fenotip BB inferior:

$$\text{Frekuensi alel } MspI^+ = \frac{[2(3)+0]}{2(17)} = 0,18;$$

$$\text{Frekuensi alel } Msp^- = 1 - 0,18 = 0,82$$

Uji keseimbangan (*equilibrium test*) dari frekuensi genotip  $MspI^+$  yang diamati (observed) dan diperbandingkan dengan frekuensi

genotip *MspI* yang diharapkan (expected) dihitung melalui “Chi-square test ( $\chi^2$ )” (Byrkit, 1987; Walpole, 1993) seperti berikut:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} = \sum \frac{f_o^2}{f_e} - N$$

Dimana,  $\chi^2$  adalah distribusi *Chi-square*,

$f_o$  adalah frekuensi observasi dari sel ke *ijk*, dan

$f_e$  adalah frekuensi harapan pada sel ke *ijk*.

$$f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o}$$

$\sum f_{o-i}$  adalah total frekuensi observasi dari baris ke *i*;

$\sum f_{o-j}$  adalah total frekuensi observasi dari kolom ke *j*.

Data ternak yang memiliki genotip sesuai hasil analisis DNA melalui elektroforesis (Bab 5, Gambar 5.4) ditabulasi seperti hasil sebagai berikut:

Fenotip induk	n	Hasil Enzim <i>MspI</i>	Jumlah genotip dan frekuensi			Total Ob.	Frekuensi alel		Total Ob.	
			+/+	+/-	-/-		+	-		
Berat badan superior (BB)	20	<i>MspI</i> /GH	Ob	2 (0.10)	14 (0.70)	4 (0.20)	20	0.45 (18)	0.55 (22)	40
			Ex	3 (0.15)	7 (0.35)	10 (0.50)		0.30 (13)	0.70 (27)	
Berat badan inferior (BB)	17	<i>MspI</i> /GH	Ob	3 (0.18)	0	14 (0.82)	17	0.18 (6)	0.82 (28)	34
			Ex	2 (0.12)	6 (0.35)	9 (0.53)		0.35 (11)	0.65 (23)	
Total Ob.			5	14	18	37	24	50	74	

Setelah diperoleh data observasi (*Observed*) genotip ternak di atas, kemudian dilakukan perhitungan frekuensi genotip harapan (*Expected*)

induk dengan BB superior (>450 kg) dan BB inferior (<350 kg) MSp1<sup>+/+</sup> ( $f_e$ ) seperti berikut::

1. **Induk superior Msp<sup>+/+</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(20) \times (5)}{37} = 3$
2. **Induk superior Msp<sup>+/-</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(20) \times (14)}{37} = 7$
3. **Induk superior Msp<sup>-/-</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(20) \times (18)}{37} = 10$
4. **Induk inferior Msp<sup>+/+</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(17) \times (5)}{37} = 2$
5. **Induk inferior Msp<sup>+/-</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(17) \times (14)}{37} = 6$
6. **Induk inferior Msp<sup>-/-</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(17) \times (18)}{37} = 9$

Perhitungan frekuensi alel harapan (*expected, Ex.*) induk dengan BB superior (>450 kg) dan inferior (<350 kg) MSp1<sup>+/+</sup> ( $f_e$ ) adalah seperti berikut:

1. **Induk superior alel Msp<sup>+</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(40) \times (24)}{74} = 13$
2. **Induk superior alel Msp<sup>-</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(40) \times (50)}{74} = 27$
3. **Induk inferior alel Msp<sup>+</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(34) \times (24)}{74} = 11$
4. **Induk inferior alel Msp<sup>-</sup>** :  $f_e = \frac{(\sum f_{o-i}) \times (\sum f_{o-j})}{\sum f_o} = \frac{(34) \times (50)}{74} = 23$

Estimasi heterozygotitas sapi PO di Sulawesi Utara dihitung menggunakan rumus (Jakaria et al., 2007) seperti beirkuts:

$$H_0 = \sum_{i \neq j} \frac{N_{1ij}}{N}$$

Dimana,  $H_0$  adalah frekuensi heterosigositas,

$N_{1ij}$  adalah jumlah ternak heterozygote pada lokus 1,

N is total ternak yang dianalisis.

$$H_0 = \frac{14}{37} = \mathbf{0,38}$$

Tingkat heterosigositas harapan ( $\hat{h}$ ) dihitung berdasarkan frekuensi alel pada setiap lokus DNA (Nei, 1987) as follows:

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

Dimana,  $\hat{h}$  adalah nilai heterosigotitas harapan dari lokus, dan  $x_i$  adalah frekuensi alel *MspI* +.

Pada perhitungan ini telah digunakan data ternak hasil pengambilan sampel dilapangan dan hasil elektroforesis untuk analisis DNA di laboratorium dengan metode seperti berikut:

$$x_i = \frac{24}{74} = 0,32$$

$$\hat{h} = \frac{2(37)[1-(0,32)^2]}{2(37) - 1}$$

$$= \frac{74[0,90]}{73}$$

$$= 0,91$$

Standard error (SE) heterosigotitas harapan ( $H_e$ ) dihitung memakai rumus (Jakaria et al., 2007) seperti berikut:

$$V_{s1}(H_e) = \frac{2}{2n(2n-1)} \{ 2(2n-2)(\sum x_i^3 - (\sum x_i^2)^2) + \sum x_i^2 - (\sum x_i^2)^2 \}$$

Dimana,  $V_{s1}(H_e)$  adalah variance heterosigotitas, and

$x_i$  adalah frekuensi alel *MspI* +.

$$V_{s1}(H_e) = \frac{2}{2(74)[2(74)-1]} \{ 2(2*74) - 2 \} \{ 0,32^3 - 0,32^2 \}^2 + 0,32^2 - (0,32^2)^2$$

$$= 0,0001 \{ 292(0,00485) + 0,1024 - 0,0105$$

$$= 0,0001(1,4162 + 0,1024 - 0,015)$$

$$= 0,00015036$$

$$\text{Standard error (SE) heterosigotitas} = \sqrt{V_{s1}(H_e)}$$

$$= \sqrt{0,00015036}$$

$$= 0,0123$$

Untuk penghitungan data banyak pada penelitian, data telah dianalisis dengan memakai software “statistical program function” dari Excel XP (2007).

### B. Frekuensi Gen *GHP* Pada Kelompok Induk Superior dan Induk Inferior

Dalam kajian ini, data dianalisis menggunakan perangkat lunak (*software*) dari fungsi program statistik (*CHITEST*) pada Microsoft Excel XP 2007 dalam frekuensi genotip dan serta frekuensi alel ternak induk superior dan inferior (*G0*). Nilai Chi test telah diperoleh seperti terlihat dalam Tabel 6.1. Aplikasi Program MS Excel XP 2007, pada *fx* ketik= **CHITEST(A2:A7, B2:B7)**, tekan enter, hasilnya = **0,001141**. Demikian juga untuk frekuensi alel, pada *fx* ketik= **CHITEST(D2:D5, E2:E5)**,

E9		fx =CHITEST(D2:D5,E2:E5)			
	A	B	C	D	E
1	Actual	Expected		Actual	Expected
2	2	3		18	12
3	14	7		22	28
4	4	10		6	12
5	3	2		28	22
6	0	6			
7	14	9			
8					
9	Chi_test value =	0.001141			0.030345

tekan enter, hasilnya = **0,030345** (seperti terlihat pada kopian monitor komputer).

Hasil perhitungan statistic untuk induk *G0*, **Chi-test**<sub>calculation (0,001141)</sub> < **Chi-square**<sub>critical value(0,01)</sub> menunjukkan frekuensi genotip pengamatan (*actual*) berbeda sangat nyata dengan frekuensi genotip harapan

(*expected*). Demikian juga data frekuensi alel induk (G0), **Chi-test**<sub>calculation</sub> (0,030345) < **Chi-square**<sub>critical value</sub>(0,05) menunjukkan frekuensi alel pengamatan (*actual*) berbedat nyata dengan frekuensi alel harapan (*expected*) seperti terlihat pada Tabel 6.1.

**Tabel 6.1. Frekuensi Genotip dan Alel *Msp1*<sup>+</sup> dan *Msp1*<sup>-</sup> Pada Lokus Hormon Pertumbuhan Induk Sapi PO Di Sulawesi Utara**

Fenotip induk	n	Hasil Enzim <i>Msp1</i>	Jumlah genotip dan frekuensi			Chi-test Value	Frekuensi alel		Chi-test Value	
			+/+	+/-	-/-		+	-		
Berat badan superior (BB) <sup>1)</sup>	20	<i>Msp1</i> /GH	Ob	2 (0.10)	14 (0.70)	4 (0.20)	0,001	0.45 (18)	0.55 (22)	0,030
			Ex	3 (0.15)	7 (0.35)	10 (0.50)		0.30 (12)	0.70 (28)	
Berat badan inferior (BB) <sup>1)</sup>	17	<i>Msp1</i> /GH	Ob	3 (0.18)	0	14 (0.82)		0.18 (6)	0.82 (28)	
			Ex	2 (0.12)	6 (0.35)	9 (0.53)		0.35 (12)	0.65 (22)	
Heterosigositas (h) ± Standard Error (SE)							0.38 ± 0.012			
Heterosigositas harapan ( $\hat{h}$ )							0.91			

Obs = Observasi; Exp = *Expected*. <sup>1)</sup> Superior BB adalah induk dengan berat badan melebihi 450 kg per ekor. <sup>2)</sup> Inferior BB adalah induk dengan berat badan kurang dari 350 kg per ekor. **Chi-test**<sub>value</sub> (0,001) < **Chi-square**<sub>Critical Value</sub> (0,01); menunjukkan frekuensi genotip sampel induk (G0) superior dan inferior tidak dalam keseimbangan genetik (P < 0,01); sedangkan **Chi-test**<sub>value</sub> (0,030) < **Chi-square**<sub>Critical Value</sub> (0,05); menunjukkan frekuensi alel sampel induk betina (G0) tidak dalam keseimbangan genetik berdasarkan Chi-test

Sampel populasi induk sapi PO (G0) yang terdeteksi dalam penelitian ini memiliki tiga genotip. Genotip homosigot  $MspI^{+/+}$  berjumlah 5 ekor. Genotip heterosigot  $MspI^{+/-}$  berjumlah 14 ekor. Sedangkan genotip homosigot  $MspI^{-/-}$  berjumlah 18 ekor. Frekuensi genotip dan alel ditentukan dalam sampel kelompok induk dengan berat badan tinggi (superior) dan berat badan rendah (inferior) seperti terlihat dalam Tabel 6.1. Jumlah induk superior ditentukan terhadap frekuensi genotip homosigot  $MspI^{+/+}$ , heterosigot  $MspI^{+/-}$  dan homosigot  $MspI^{-/-}$  yang menunjukkan masing-masing 0,10; 0,70 dan 0,20. Kondisi ini menunjukkan frekuensi alel  $MspI^{-}$  sebesar 0,55 dibandingkan frekuensi alel  $MspI^{+}$  sebesar 0,45 dalam sampel induk superior. Namun, sampel induk inferior hanya diperoleh frekuensi genotip homosigot  $MspI^{+/+}$ , dan genotip homosigot  $MspI^{-/-}$  masing-masing 0,18 dan 0,82. Hal ini disebabkan sampel induk inferior tidak ditemukan individu yang memiliki genotip heterosiot  $MspI^{+/-}$ .

Kondisi yang ada pada sampel induk sapi PO inferior mengindikasikan superioritas alel  $MspI^{-}$  sebesar 0,82 dibandingkan dengan alel  $MspI^{+}$  sebesar 0,18. Total sampel induk superior dan inferior sebanyak 37 ekor menunjukkan frekuensi dari setiap alel  $MspI^{+}$  dan  $MspI^{-}$  masing-masing sebesar 0,32 dan 0,68. Level heterosigositas pada lokus hormon pertumbuhan adalah 0,32 (Tabel 6.1) yang mengindikasikan bahwa induk sapi PO bersifat polimorfik seperti dinyatakan oleh Dorak (2006) bahwa nilai minimum polimorfisme untuk diterima secara umum adalah 1%.

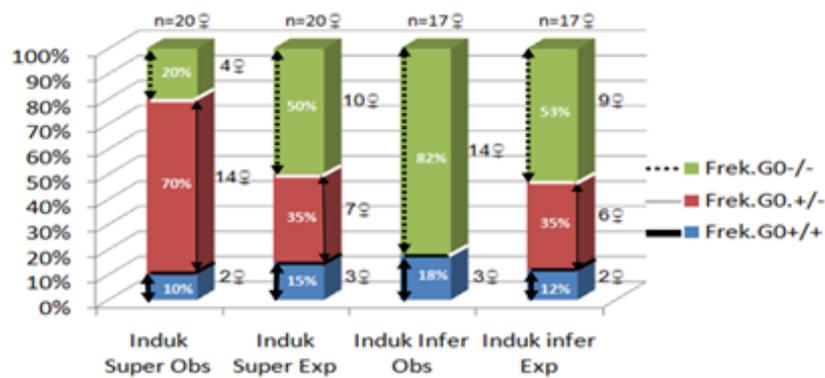
Angka polimorfisme pada penelitian ini membuktikan bahwa pada induk sapi PO terdapat variabilitas yang cukup tinggi pada lokus hormon pertumbuhan yang membuka peluang untuk menggunakan genotip hormon pertumbuhan sebagai kriteria seleksi dalam program

pemuliaan. Hasil uji Chi Square (Tabel 6.1) menunjukkan bahwa frekuensi genotip dan alel gen hormon pertumbuhan berada dalam seimbangan genetik. Angka polimorfisme pada penelitian ini membuktikan bahwa pada induk sapi PO terdapat variabilitas yang cukup tinggi pada lokus hormon pertumbuhan yang membuka peluang untuk menggunakan genotip hormon pertumbuhan sebagai kriteria seleksi dalam program pemuliaan. Hasil uji Chi Square (Tabel 6.1) menunjukkan bahwa frekuensi genotip dan alel gen hormon pertumbuhan tidak berada dalam seimbangan genetik.

Frekuensi genetik hormon pertumbuhan yang tidak seimbang dalam sampel ternak ini menyebabkan ketidakstabilan frekuensinya dari satu generasi ke generasi berikutnya karena adanya campur tangan perkawinan melalui teknik IB atau sistem perkawinan tanpa acak di lokasi penelitian. Kondisi ini terlihat pula pada derajat heterosigositas rendah dengan nilai 0,32 (Tabel 6.1). Sebaliknya, frekuensi alel hormon pertumbuhan dalam sampel induk (G0) berada dalam keseimbangan genetik. Hal ini memungkinkan peningkatan derajat heterosigositas melalui persilangan variasi alel sampai pada nilai yang diharapkan (*expected*) mencapai 0,91. Derajat heterogenitas genetik yang rendah dapat mengarahkan pada kondisi populasi ternak dengan faktor inbreeding cukup tinggi. Selanjutnya, derajat inbreeding tinggi dalam populasi individu ternak dapat menyebabkan hybrid vigour menurun.

#### **B.1. Frekuensi Genotip *GH* Induk (G0) Superior Dan Inferior Sapi PO Kawin IB**

Jumlah sampel induk (G0) superior yang dikawinkan melalui IB hasil observasi dalam kajian ini berjumlah 20 ekor, yang terdiri dari 2 ekor bergenotip homosigot  $MspI^{+/+}$  (10 persen), 14 ekor bergenotip heterosigot  $MspI^{+/-}$  (70 persen) dan 4 ekor bergenotip homosigot  $MspI^{-/-}$  (20 persen). Jumlah sampel sebanyak 20 ekor induk (G0) superior yang dikawinkan melalui IB, yang diharapkan agar berada dalam keseimbangan genetik seharusnya terdiri dari 3 ekor bergenotip homosigot  $MspI^{+/+}$  (15 persen), 7 ekor bergenotip heterosigot  $MspI^{+/-}$



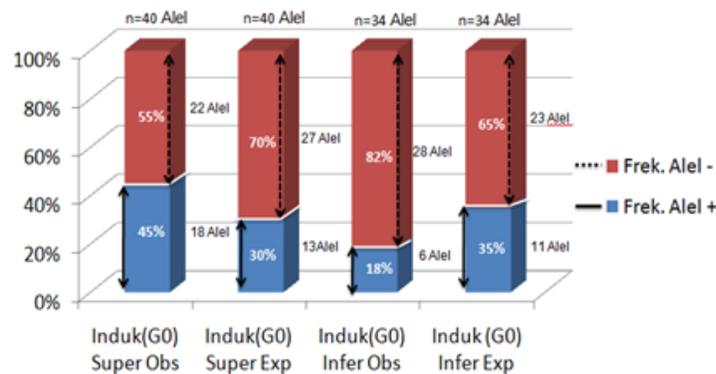
**Gambar 6.1. Frekuensi Sampel Genotipe Induk (G0) Superior Dan Inferior (Observed vs Expected) Sapi PO Kawin IB Di Sulawesi Utara**

(35 persen) dan 10 ekor bergenotip homosigot  $MspI^{-/-}$  (50 persen) seperti terlihat pada Gambar 6.1. Demikian juga, jumlah sampel induk (G0) inferior yang dikawinkan melalui IB hasil observasi berjumlah 17 ekor, yang hanya terdiri dari 3 ekor bergenotip homosigot  $MspI^{+/+}$  (18 persen) dan 14 ekor bergenotip homosigot  $MspI^{-/-}$  (82 persen) tanpa ditemukan induk bergenotip heterosigot  $MspI^{+/-}$ . Jumlah sampel sebanyak 17 ekor induk (G0) inferior yang dikawinkan melalui IB, diharapkan agar berada dalam keseimbangan genetik seharusnya terdiri dari 2 ekor bergenotip homosigot  $MspI^{+/+}$  (12 persen), 6 ekor bergenotip

heterosigot  $MspI^{+/-}$  (35 persen) dan 9 ekor bergenotip homosigot  $MspI^{-/-}$  (53 persen) seperti terlihat pada Gambar 6.1. Dengan hasil pengamatan di atas, jumlah sampel yang terbatas disertai perkawinan ternak melalui IB yang menggunakan bibit terseleksi dapat merupakan faktor penyebab frekuensi genotip dan alel  $Msp1$  hormon pertumbuhan tidak berada dalam keseimbangan genetik pada populasi induk (G0) superior dan inferior sapi PO di Sulawesi Utara.

### B.2. Frekuensi Alel $Msp1+$ dan Alel $Msp1-$ Sampel Induk (G0) Superior Dan Inferior Sapi PO Kawin IB

Jumlah alel dari kelompok induk (G0) superior sebanyak 20 ekor yang dikawinkan melalui IB hasil observasi berjumlah 40 alel, terdiri



dari 18 alel  $MspI^{+}$  (45 persen) yang tersebar pada 9 ekor induk superior, dan 22 alel  $MspI^{-}$  (55 persen) yang tersebar pada 11 ekor

**Gambar 6.2. Frekuensi Alel Induk (G0) Superior Dan Inferior (Observed vs Expected) Sapi PO Kawin IB Di Sulawesi Utara**

induk superior. Dari jumlah 40 alel tersebut di atas, diharapkan agar populasi berada dalam keseimbangan genetik seharusnya terdiri dari 13 alel  $MspI^{+}$  (30 persen) yang dibulatkan tersebar pada 6 ekor induk superior dan 27 alel  $MspI^{-}$  (70 persen) yang dibulatkan tersebar pada 14 ekor induk superior seperti terlihat pada Gambar 6.2. Pada kelompok induk (G0) inferior berjumlah 17 ekor yang dikawinkan melalui IB, jumlah alel hasil observasi sebesar 34 alel, terdiri dari 6 alel  $MspI^{+}$  (18

persen) yang tersebar pada 3 ekor induk inferior, dan 28 alel  $MspI^-$  (82 persen) yang tersebar pada 14 ekor induk inferior. Dari jumlah 34 alel yang tersebar pada 17 ekor induk (G0) inferior yang dikawinkan melalui IB itu, diharapkan agar populasi berada dalam keseimbangan genetik seharusnya terdiri 11 alel  $MspI^+$  (35 persen) yang dibulatkan tersebar pada 6 ekor induk inferior dan 23 alel  $MspI^-$  (65 persen) yang dibulatkan tersebar pada 11 ekor induk inferior seperti terlihat pada Gambar 6.2.

Dengan kondisi frekuensi alel induk (G0) superior dan inferior di atas, maka jumlah sampel masih dalam kondisi berimbang frekuensi alel  $MspI^+$  dan  $MspI^-$  untuk hormon pertumbuhan sehingga sampel induk (G0) sapi PO berada dalam keseimbangan alel dalam kajian populasi induk (G0) superior dan inferior sapi PO di Sulawesi Utara. Dalam kajian ini, frekuensi genotip heterosigot gen hormone pertumbuhan ( $MspI^{+/-}$ ) tidak ditemukan dalam kelompok induk inferior (Gambar 6.1), tetapi sebaran alel dalam sampel masih berimbang sehingga menyebabkan kestabilan frekuensi genetik dan alel tersebut dalam populasi ternak pada generasi selanjutnya. Frekuensi genotip heterosigot ini hanya ditemukan dalam kelompok induk superior yang menunjukkan kecenderungan efek heterosis yang diwariskan oleh kedua alel  $MspI^+$  and  $MspI^-$  pada interaksi persilangan variasi alel-alel dari pejantan PO melalui IB.

**C. Frekuensi Alel GH dan Keseimbangan Genetik GH Anak (G1) Lahir Dari Kelompok Induk Sapi PO (G0)**

Dalam kajian ini, data dianalisis menggunakan perangkat lunak

E9		fx =CHITEST(D2:D5,E2:E5)			
	A	B	C	D	E
1	Actual	Expected		Actual	Expected
2		4	3		20
3		12	8		20
4		4	9		8
5		2	3		26
6		3	7		
7		12	7		
8					
9	Chi_test value =	0.045718			0.29246

(software) dari fungsi program statistik (CHITEST) pada

Microsoft Excel XP 2007 dalam frekuensi genotip dan serta frekuensi alel anak G1 dari ternak induk superior dan inferior (G0). Nilai *Chi test* telah diperoleh seperti terlihat dalam Tabel 6.2. Aplikasi Program MS Excel XP 2007, pada *fx* ketik= **CHITEST(A2:A7, B2:B7)**, tekan enter, hasilnya = **0,045718**. Demikian juga untuk frekuensi alel, pada *fx* ketik= **CHITEST(D2:A5, E2:E5)**, tekan enter, hasilnya = **0,29246** (seperti terlihat pada kopian monitor komputer). Hasil perhitungan statistik untuk frekuensi genotip anak G1 dari induk G0, **Chi-test<sub>calculation</sub> (0,045718) < Chi-square<sub>critical value</sub>(0,05)** menunjukkan frekuensi genotip pengamatan (*actual*) berbeda sangat nyata dengan frekuensi genotip harapan (*expected*). Demikian juga data frekuensi alel anak G1 dari induk (G0), **Chi-test<sub>calculation</sub> (0,29246) > Chi-square<sub>critical value</sub>(0,05)** menunjukkan frekuensi alel pengamatan (*actual*) berbeda tidak nyata dengan frekuensi alel harapan (*expected*) seperti terlihat pada Tabel 6.2.

Dari 17 ekor anak (G1) yang dilahirkan oleh induk inferior (G0), 3 ekor anak telah memiliki genotip heterosigot  $MspI^{+/-}$ . Frekuensi genotip  $MspI^{-/-}$  dan alel mutan  $MspI^{-}$  sampel anak dari induk inferior adalah masing-masing 0,70 dan 0,79 (Tabel 6.2). Frekuensi genotip heterosigot dari induk (G0) inferior tidak ditemukan dan memiliki frekuensi genotip nol (Gambar 6.2). Generasi anak (G1) genotip heterosigot  $MspI^{+/-}$  merupakan hasil perkawinan pejantan Tunggul ( $MspI^{-/-}$ ) dengan induk (G0) inferior genotip homosogot ( $MspI^{+/+}$ ) dan hasil perkawinan pejantan Krista ( $MspI^{+/+}$ ) dengan induk (G0) inferior genotip homosigot ( $MspI^{-/-}$ ). Dengan uji Chi Square (Tabel 6.2), diperoleh bahwa frekuensi alel gen hormon pertumbuhan generasi anak (G1) telah berada dalam keadaan keseimbangan genetik. Keseimbangan genetik dari frekuensi alel kelompok anak (G1) ini menyebabkan stabilitas frekuensi genotip dan alel gen hormone pertumbuhan (restriksi

enzim *MspI*) dari satu generasi ke generasi berikut disebabkan strategi penyeimbangan variasi gen pertumbuhan dari pejantan sumber semen melalui perkawinan teknik inseminasi buatan (IB) di lokasi studi.

**Table 6.2. Frekuensi Genotip dan Alel *MspI*<sup>+</sup> dan *MspI*<sup>-</sup> Pada Locus Hormon Pertumbuhan Anak Sapi PO Hasil Perkawinan Teknik Inseminasi Buatan (IB) Di Sulawesi Utara**

Anak sapi betina (G1)	n	Hasil Enzim <i>MspI</i>	Jumlah genotip dan frekuensi			Chi-test Value	Frekuensi alel		Chi-test Value
			+/+	+/-	-/-		+	-	
Lahir dari induk superior	20	Ob	4 (0.20)	12 (0.60)	4 (0.20)	0,046	0.50 (20)	0.50 (20)	0,292
		Ex	3 (0.15)	8 (0.40)	9 (0.45)		0.40 (16)	0.60 (24)	
Lahir dari induk inferior	17	Ob	2 (0.12)	3 (0.18)	12 (0.70)	0,046	0.21 (8)	0.79 (26)	0,292
		Ex	3 (0.18)	7 (0.41)	7 (0.41)		0.35 (12)	0.65 (22)	
Heterosigositas (h) ± Standard Error (SE)							0.40 ± 0.12		
Heterozigositas ( $\hat{h}$ ) harapan (expected)							0,88		

Obs= Observasi; Exp = *Expected*. **Chi-test**<sub>value (0,046)</sub> < **Chi-square**<sub>Critical Value (0,05)</sub>; menunjukkan frekuensi genotip sampel anak (G1) induk superior dan inferior tidak dalam keseimbangan genetic (P < 0,05); sedangkan **Chi-test**<sub>value (0,292)</sub> > **Chi-square**<sub>Critical Value (0,05)</sub>; menunjukkan frekuensi alel sampel anak (G1) induk superior dan inferior berada dalam keseimbangan genetik berdasarkan Chi-test

Distribusi IB dalam perbaikan genetik anak sapi PO kepada petani merupakan strategi utama pada pusat pelayanan IB dengan penggunaan alel normal (*MspI*<sup>+</sup>) dari pejantan “Krista” dengan genotip

homosigot  $MspI^{+/+}$ , disertai penggunaan alel mutan ( $MspI^{-}$ ) dari pejantan “Tunggul” dengan genotip homosigot  $MspI^{-/-}$ . Jawasreh *et al.* (2012) melaporkan bahwa program pemuliaan harus berlanjut sebagai langkah pertama meningkatkan frekuensi alel yang diinginkan pada stasiun pemuliaan, dan seleksi genotip pejantan adalah merupakan strategi utama untuk distribusi ternak unggul ke para petani. Frekuensi genotip heterosigot ( $MspI^{+/-}$ ) generasi anak (G1) dari induk (G0) inferior meningkat menjadi 18 persen (Tabel 6.2) dibandingkan frekuensi genotip heterosigot ( $MspI^{+/-}$ ) induk (G0) inferior yang berada pada angka 0 persen sebagai konsekuensi penerapan semen pejantan terseleksi “Tunggul” dan “Krista” yang bervariasi genotip melalui perkawinan IB di lokasi penelitian ini.

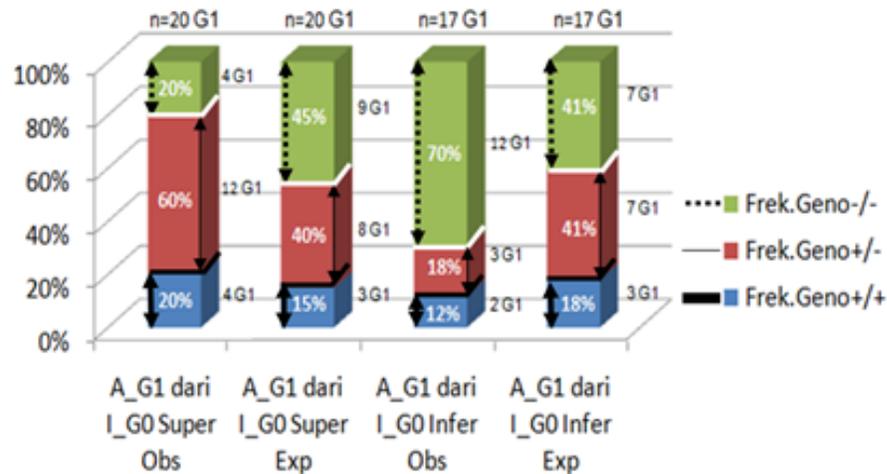
Kondisi populasi ternak dalam kajian ini terlihat pula pada derajat heterosigositas yang masih rendah dengan nilai 0,40 (Tabel 6.2). Derajat heterosigositas yang diharapkan adalah 0,88 untuk mempertahankan heterogenitas genetik yang tinggi dalam populasi individu ternak. Derajat heterogenitas genetik yang tinggi dalam populasi dapat menunjukkan adanya *hybrid vigour* ternak yang tinggi pula. Dorak (2006) melaporkan bahwa nilai minimum polimorfisme untuk diterima secara umum adalah 1%. Angka polimorfisme ini membuktikan bahwa pada induk sapi PO terdapat variabilitas yang cukup tinggi pada lokus hormon pertumbuhan yang membuka peluang untuk menggunakan genotip hormon pertumbuhan sebagai kriteria seleksi dalam program pemuliaan. Di Sulawesi Utara, pusat pelayanan IB di desa Tumaratas dan Tosewer menerapkan bibit semen dalam “straws” berisi spermatozoa dari pejantan sapi Ongole disebut “Krista” (genotip  $MspI^{+/+}$ ) dan “Tunggul” (genotip  $MspI^{-/-}$ ) dari balai besar IB (BBIB) Singosari, Jawa Timur. Genotip berbeda dari kedua pejantan ini

bisa mengindikasikan potensi polimorfisme gen pertumbuhan (restriksi enzim *MspI*) pada setiap generasi anak sapi PO di Sulawesi Utara. Kondisi ini dibuktikan oleh peningkatan nilai heterosigositas dari 0,32 (Tabel 5.2.4) pada generasi induk (G0) menjadi 0,40 (Tabel 5.2.5) pada populasi generasi anak (G1). Do *et al.* (2012) melaporkan bahwa analisis interaksi gen bisa terjadi dua atau lebih gen-gen untuk mengekspresikan fenotip sifat unggul tertentu. Produk gen berganda (multiple gene) dapat pula memberi kontribusi terhadap ekspresi fenotip tunggal mengikuti alur panjang biokimia dalam sel-sel individu (Klug *et al.*, 2007).

### **C.1. Frekuensi Genotip *GH* Anak (G1) Dari Induk (G0) Superior Dan Inferior Sapi PO**

Jumlah sampel anak (G1) dari induk (G0) superior yang dikawinkan melalui IB hasil observasi berjumlah 20 ekor, terdiri dari 4 ekor bergenotip  $MspI^{+/+}$  (20 persen), 12 ekor bergenotip  $MspI^{+/-}$  (60 persen) dan 4 ekor bergenotip  $MspI^{-/-}$  (20 persen). Jumlah sampel sebanyak 20 ekor anak (G1) dari induk (G0) superior yang dikawinkan melalui IB, yang diharapkan agar berada dalam keseimbangan genetik seharusnya terdiri dari 3 ekor bergenotip  $MspI^{+/+}$  (15 persen), 8 ekor bergenotip  $MspI^{+/-}$  (40 persen) dan 9 ekor bergenotip  $MspI^{-/-}$  (45 persen) seperti terlihat pada Gambar 6.3. Demikian juga jumlah sampel anak (G1) dari induk (G0) inferior yang dikawinkan melalui IB hasil observasi berjumlah 17 ekor, yang terdiri dari 2 ekor bergenotip  $MspI^{+/+}$  (12 persen), 3 ekor bergenotip  $MspI^{+/-}$  (18 persen) dan 12 ekor bergenotip  $MspI^{-/-}$  (70 persen). Jumlah sampel sebanyak 17 ekor anak (G1) dari induk (G0) inferior yang dikawinkan melalui IB, diharapkan agar berada dalam keseimbangan genetik seharusnya terdiri dari 3 ekor bergenotip  $MspI^{+/+}$  (18 persen), 7 ekor bergenotip  $MspI^{+/-}$  (41 persen)

dan 7 ekor bergenotip  $Msp1^{-/-}$  (41 persen) (Gambar 6.3). Jumlah sampel yang terbatas untuk induk superior dan inferior (G0) pada perkawinan melalui IB dengan pejantan terseleksi dapat merupakan faktor penyebab frekuensi genotip dan alel  $Msp1$  hormon pertumbuhan tidak berada



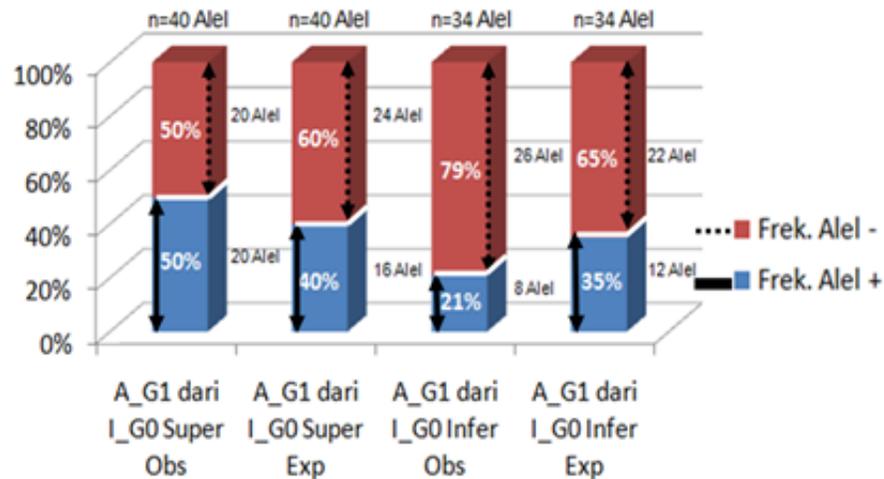
**Gambar 6.3. Frekuensi Genotipe Anak (G1) Dari Induk (G0) Superior Dan Inferior (Observed vs Expected) Sapi PO Kawin IB Di Sulawesi Utara**

dalam keseimbangan genetik ( $P > 0.05$ ) dalam kajian sampel anak (G1) sapi PO di Sulawesi Utara.

### C.2. Frekuensi Alel $Msp1^+$ Dan Alel $Msp1^-$ Anak (G1) Dari Induk (G0) Superior Dan Inferior Sapi PO

Jumlah alel generasi anak (G1) dari induk (G0) superior sebanyak 20 ekor yang dikawinkan melalui IB sebagai hasil observasi berjumlah 40 alel yang terdiri dari 20 alel  $Msp1^+$  (50 persen) yang tersebar pada 10 ekor anak dari induk superior, dan 20 alel  $Msp1^-$  (50 persen) yang tersebar pada 10 ekor anak dari induk superior. Dari jumlah 40 alel yang tersebar pada 20 ekor anak dari induk (G0) superior yang dikawinkan melalui IB itu, diharapkan agar populasi berada dalam

keseimbangan genetik seharusnya terdiri dari 16 alel  $Msp1^+$  (40 persen) yang tersebar pada 8 ekor anak dari induk superior dan 24 alel  $Msp1^-$  (60 persen) yang tersebar pada 12 ekor anak dari induk superior seperti terlihat pada Gambar 6.4.



**Gambar 6.4. Frekuensi Alel Anak (G1) Dari Induk Superior Dan Inferior (Observed vs Expected) Sapi PO Kawin IB Di Sulawesi Utara**

Jumlah alel kelompok anak (G1) dari induk (G0) inferior sebanyak 17 ekor yang dikawinkan melalui IB hasil observasi berjumlah 34 alel yang terdiri dari 8 alel  $Msp1^+$  (21 persen) yang tersebar pada 4 ekor anak dari induk inferior, dan 26 alel  $Msp1^-$  (79 persen) yang tersebar pada 13 ekor anak dari induk inferior. Dari jumlah 34 alel yang tersebar pada 17 ekor anak dari induk (G0) inferior yang dikawinkan melalui IB itu, diharapkan agar populasi berada dalam keseimbangan genetik seharusnya terdiri 12 alel  $Msp1^+$  (35 persen) yang tersebar pada 6 ekor anak dari induk inferior dan 22 alel  $Msp1^-$  (65 persen) yang tersebar pada 11 ekor anak dari induk inferior seperti terlihat pada Gambar 6.4. Walaupun jumlah sampel anak yang terbatas, hasil uji statistik

melalui *Chi-square test* menunjukkan bahwa frekuensi alel  $MspI^+$  dan  $MspI^-$  untuk hormon pertumbuhan pada anak (G1) telah berada dalam keseimbangan genetik dalam kajian populasi anak (G1) dari induk (G0) superior dan inferior sapi PO di Sulawesi Utara. Dalam kajian ini disebabkan frekuensi genotip heterosigot gen hormon pertumbuhan dari  $MspI^{+/-}$  telah ditemukan dalam kelompok anak (G1) dari induk inferior (Gambar 6.3). Anak (G1) yang bergenotip heterosigot gen hormon pertumbuhan  $MspI^{+/-}$  dari induk inferior (G0) telah diwariskan dari hasil perkawinan pejantan “Krista” ( $Kr_{-}^{+/+}$ ) dengan induk inferior ( $MspI^{-/-}$ ) dan pejantan “Tunggul” ( $Tu_{-}^{-/-}$ ) dengan induk inferior ( $MspI^{+/-}$ ) melalui IB. Dengan demikian, sistem perkawinan IB ini dapat pula menyebabkan kestabilan frekuensi genetik dan alel tersebut dalam populasi anak (G1) ternak sapi PO. Hal ini menyebabkan frekuensi genotip heterosigot telah ditemukan dalam kelompok anak (G1) baik dari induk superior maupun induk inferior dan menunjukkan kecenderungan efek heterosis yang diwariskan oleh kedua alel  $MspI^+$  dan  $MspI^-$ .

#### D. Rangkuman

1. Kajian ini menunjukkan bahwa frekuensi alel *MspI*+ pada kelompok induk (G0) bobot badan superior dan inferior masing-masing 0,45 dan 0,18. Frekuensi alel *MspI*+ pada pada kelompok anak (G1) lahir dari kelompok induk (G0) bobot badan superior dan inferior masing-masing 0,50 dan 0,21. Peningkatan frekuensi ini merupakan kontribusi pewarisan alel *MspI*+ dari pejantan (Krista) genotip *MspI*+/+.
2. Frekuensi alel *MspI* secara keseluruhan pada sampel kelompok induk G0 tidak berada dalam keseimbangan genetik. Namun frekuensi alel *MspI* pada sampel kelompok anak (G1) telah berada dalam keseimbangan genetik.
3. Dalam kajian ini, derajat heterosigositas frekuensi genotip adalah sedang dengan nilai 0,40. Derajat heterosigositas yang diharapkan adalah 0,88 guna mempertahankan heterogenitas genetik yang seimbang dalam populasi individu ternak. Derajat heterogenitas genetik yang tinggi dalam populasi dapat menunjukkan adanya *hybrid vigour* ternak yang tinggi pula.
4. Program pemuliaan yang memakai berbagai variasi genotip pejantan dan induk (G0) untuk peningkatan genotip heterosigot GH restriksi enzim *MspI*+/- melalui kawin IB hendaknya dikembangkan untuk tujuan peningkatan derajat sebaran alel dalam upaya mencapai keseimbangan genetik dan pemuliaan genotip heterosigot pada populasi sapi PO.