

## MENGENAL EKSPRESI DAN KARAKTERISTIK GEN *CALLIPYGE* PADA DOMBA

AGUS SUPARYANTO

Balai Penelitian Ternak, P.O. Box 221, Bogor 16002

### ABSTRAK

Konsumen daging domba lebih menyenangi besar potongan *loin* yang memiliki kandungan lemak eksternal yang rendah. Seleksi yang kuat akan menghasilkan individu yang mengalami mutasi gen. Alel mutan bertindak sebagai penanda untuk sifat spesifik dan diperkirakan menyediakan bahan dasar kehidupan yang cocok untuk kondisi lingkungan tertentu. Gen tersebut telah teridentifikasi sebagai gen tunggal yang dinamakan sebagai gen *Callipyge*. Anak hasil persilangan ulang-alik terdeteksi bahwa gen *callipyge* terletak pada kromosom ke-18 dengan marker bersandi CSSM18 dan TGLA122. Ternak domba dengan fenotipik ini sangat ekstrim dan dapat dikatakan sama sifatnya dengan otot-ganda pada sapi yang merupakan gen tunggal. Fenotipik *Callipyge* pada domba adalah individu yang heterosigot ( $CLPG^J/clpg^B$ ), hasil silang dari jantan heterosigot ( $CLPG^J/clpg^B$ ) dengan induk normal ( $clpg^J/clpg^B$ ). Rasio anak terlahir dari pola segregasi tersebut diatas adalah 1:1. Perkawinan antar ternak heterosigot ( $CLPG^J/clpg^B$ ), yaitu kedua tetua *callipygous* akan menghasilkan porsi 25% anak domba *callipygous* dan 75% anak domba normal. Tampak adanya pola penyimpangan semu hukum Mendel hasil persilangan tersebut di atas. Beberapa laporan penelitian cenderung mengatakan bahwa bobot lahir antara anak normal dengan *Callipygous* tidak berbeda nyata. Tetapi setelah lepas sapih pertumbuhannya akan berbeda nyata. Persentase karkas segar pada anak domba normal (53,9%) nyata ( $P < 0,05$ ) lebih rendah dari domba *Callipygous* (57,3%). Bobot badan domba yang mencapai berat 20 hingga 69 kg baru dapat memperlihatkan adanya fungsi gen, dimana ternak *Callipygous* memiliki berat otot 40% nyata lebih tinggi dari ternak domba normal. *Superficial gluteal* memiliki kelebihan berat otot sebesar 63%, sedangkan untuk *adductor* sebesar 47% bagi anak domba karier. Untuk otot *tensor facia latae* perbedaan mencapai 22,3% bagi domba karier. Anak domba tersebut juga memiliki kandungan lemak internal (pelvis) dan eksternal (*loin*) yang lebih rendah, tetapi mempunyai area *ribeye* lebih yang luas (43,0%).

**Kata kunci:** Domba, gen *callipyge*, heterosigot

### ABSTRACT

#### UNDERSTANDING THE EXPRESSION AND CHARACTERISTICS OF *CALLIPYGE* GENE IN SHEEP

Lambs meat consumers prefer large loin chops that have limited external fat. Intense selection process, sometimes resulting individual gene mutation. The mutant allele could be used as a marker for specific characterization and for growth response to specific environment. The gene is identified as a single gene, and called as *Callipyge*. Genotyping analyses on reciprocal cross offspring showed that *Callipyge* locus flanked to markers of CSSM18 and TGLA122 from ovine chromosome 18. The sheep has extreme phenotype which similar with that of the cattle containing single gene of double muscled. Phenotype of ovine *callipyge* is expressed in heterozygote individual of  $CLPG^P/clpg^M$  produce from heterozygous ram for *callipyge* gene ( $CLPG^P/clpg^M$ ) and normal ewes ( $clpg^P/clpg^M$ ). Offspring ratio from the segregation pattern is 1:1. A mating between heterozygous animals ( $CLPG^P/clpg^M$ ) or all *Callipygous* parents resulted on 25% *Callipygous* and 75% normal lambs. The ratio of *Callipygous* offspring phenotype is not following mendelian segregation. Some reports on characteristic analyses showed that the birth weigh of normal and *Callipygous* is not significant different. However, after weaning the growth rates of both lambs are different. The dressing carcass percentage of normal lambs (53.9%) is significantly lower than that of *Callipygous* (57.3%). The *Callipyge* gene express the body weigh from 20 to 69 kg. Its muscle weigh is 40% higher than normal lambs. The different of superficial gluteal, adductor tensor facia latae of *Callipygous* muscle with those of normal lambs are 63%, 47% and 22.3% respectively. The carrier lamb has less internal (pelvic fat) or external (*loin*) fats, but it has 43.0% larger of rib eye area.

**Key words:** Sheep, *callipyge* gene, heterozygote

### PENDAHULUAN

Sejak pertama kali ilmuwan menemukan fungsi asam amino esensial dalam rantai protein, peranannya terlihat penting dan strategis dalam kehidupan sehari-hari. Sifat biokimia jaringan daging sebagai bahan bergizi tinggi dan mengandung asam amino yang lengkap dan seimbang belum mampu digantikan oleh

asam amino yang bersumber di luar protein hewani. Konsekuensinya permintaan akan daging semakin tinggi sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dan tingkat kesejahteraan masyarakat.

Pada pola konsumsi yang ekstrim, bila konsumsi daging domba dilakukan tanpa kontrol akan lebih banyak menimbulkan kemungkinan masalah gangguan kesehatan. Namun sumber permasalahan bukan berasal

dari asam amino itu sendiri, tetapi material lain yang melekat dalam membentuk struktur daging yang dalam hal ini adalah lemak. Oleh sebab itu seleksi ternak yang mengarah untuk mereduksi lemak tubuh menjadi perhatian yang serius agar mendapatkan produk yang aman, efisien, ekonomis dan memiliki resiko kesehatan yang baik.

Namun bila tekanan seleksi begitu kuat, akan menghasilkan individu dengan gen-gen yang telah mengalami mutasi. Alel-alel mutan tidak dapat dibuang begitu saja karena bertindak sebagai penanda untuk sifat tertentu. Fungsi gen mutan ini diperkirakan menyediakan bahan dasar kehidupan yang cocok untuk kondisi lingkungan akibat pengaruh seleksi. Segi fenomena alam menunjukkan bahwa domba-domba jantan yang diseleksi ketat terhadap besarnya pinggul mampu menghasilkan kelompok domba dengan kandungan lemak daging rendah. Ternyata sifat tersebut diturunkan kepada anak-anaknya. Pembawa sifat tersebut adalah gen tunggal yang dikenal dengan nama *Callipyge*.

Makalah ini menyampaikan ekspresi dan karakteristik gen *Callipyge*. Meskipun untuk sementara bangsa domba yang membawa *single* gen tersebut adalah domba jantan bangsa Dorset, namun pemahaman ini diharapkan akan menjadi referensi pemulia dalam menyeleksi dan mengidentifikasi keberadaan gen tersebut bagi domba di Indonesia.

#### ASAL-USUL GEN *CALLIPYGE*

Beberapa publikasi ilmiah melaporkan bahwa pertama kali diketahui keberadaan gen *Callipyge* ada pada sekelompok domba Dorset hasil seleksi ketat yang dilakukan oleh peternak di Oklahoma-Amerika. Domba-domba tersebut merupakan domba pilihan dari industri peternakan yang pada awalnya ditujukan untuk mendapatkan sifat produksi tinggi dengan kadar lemak tubuh rendah, terutama pada karkas bagian belakang yaitu pada lingkaran paha dan daerah pinggul domba. Perkembangan selanjutnya ternyata bagian tersebut memiliki sifat pertumbuhan jaringan sel lebih secara hipertrophi yaitu pertumbuhan jaringan dengan cara membesarkan ukuran sel lebih dari ukuran normalnya. Kepadatan otot dalam daging yang jauh lebih tinggi dan kandungan lemak *marbling* yang rendah memiliki nilai pasar atau ekonomi yang tinggi (CARPENTER *et al.*, 1996; COCKETT *et al.*, 1997; JACKSON *et al.*, 1997a; SPECK *et al.*, 1998).

Sifat pertumbuhan hipertrophi pada potongan karkas bagian belakang (pinggul dan paha) baru ditemukan pada pertengahan dasawarsa sembilan puluhan, dimana efek positif yang ditimbulkan adalah besarnya laju pertumbuhan jaringan sel otot sebesar dua kali dari pertumbuhan normal (CARPENTER *et al.*, 1996). Melalui penelitian yang lebih intensif, beberapa

tahun kemudian baru diketahui bahwa sifat pertumbuhan tersebut dikontrol oleh gen yang disebut gen *Callipyge*. Sampai saat ini telah disimpulkan bahwa gen tersebut merupakan gen tunggal dominan autosomal (SNOWDER *et al.*, 1994). Proyeksi jangka panjang bahwa gen ini diharapkan dapat dikloning untuk tujuan yang lebih bermanfaat bagi kesejahteraan manusia.

*Callipyge* berasal dari bahasa Yunani, yang terdiri atas dua suku kata yaitu *Calli* yang berarti indah, cantik, elok dan *pyge* memiliki arti pantat/pinggul. Sehingga secara harfiah penggunaan istilah tersebut memiliki makna sebagai pinggul yang indah (CARPENTER *et al.*, 1996 dan COCKETT *et al.*, 1997). Akibat superior pejantan pembawa gen tersebut maka pejantan yang bersangkutan diberi julukan sebagai "Solid Gold" (COCKETT *et al.*, 1998). Pelambangan atau notasi nama gen *Callipyge* yang sedang diusulkan oleh JACKSON *et al.* (1997a) dan telah digunakan oleh beberapa peneliti baik sebelum maupun sesudah tahun diusulkan adalah untuk gen *Callipyge* digunakan notasi "CLPG" dan untuk gen normal notasinya adalah "clpg" (SNOWDER *et al.*, 1994 dan 1998; COCKETT *et al.*, 1998; MEYER *et al.*, 1998; DUCKETT *et al.*, 2000).

Eksplorasi terhadap gen *Callipyge* berjalan sebagaimana gen-gen tunggal lainnya; yang agak spesifik adalah pola segregasinya. Pola ini tidak bisa disamakan dengan gen lain yang sebelumnya telah teridentifikasi, seperti gen otot ganda pada sapi, babi maupun angsa (SPECK *et al.*, 1998; FAHRENKRUG *et al.*, 1999); ataupun *Bovine Calcium Activated Neural Protease (CAPNI)* sebagai kandidat gen yang diduga memiliki peran dalam mempengaruhi kemampuan daging sapi (SMITH *et al.*, 2000). Peranan gen *Callipyge* sangat penting karena memiliki nilai ekonomi tinggi bagi industri peternakan seperti halnya pada gen keratin yang berperan dalam mengekspresikan sifat kualitas wool yang dihasilkan (PARSONS *et al.*, 1996).

Beberapa publikasi melaporkan bahwa gen *Callipyge* sepintas identik dengan gen otot ganda (*double muscle*) pada sapi bangsa "Belgian Blue" dan bangsa lainnya seperti Charolais, Limousin dan Simmental, karena sama-sama meningkatkan persentase karkas segar dan kandungan lemak yang rendah (JACKSON *et al.*, 1997a; SPECK *et al.*, 1998). Perbedaan terjadi pada karakter mutasi gen, karena menurut laporan JACKSON *et al.* (1997a) bahwa sifat mutasi dari tetua ke anak pada gen otot ganda tidak konsisten. Dalam arti bahwa diantara kondisi biologis dari bangsa-bangsa sapi yang berbeda akan menghasilkan pola mutasi yang berbeda sifatnya. Sebagai contoh bangsa sapi di Inggris mengekspresikan gen otot ganda hanya sebagian, itupun bersifat resesif. Sedangkan pada bangsa sapi Piedmontese keadaan gennya bersifat dominan, padahal kedua bangsa sapi Inggris dan Eropa tersebut memiliki lokus untuk gen otot ganda (JACKSON *et al.*, 1997a).

## KEBERADAAN GEN *CALLIPYGE* DAN POLA SEGREGASI

Keberadaan gen *Callipyge* ternyata diturunkan dari domba jantan heterosigot, yang pada awalnya terdapat pada domba bangsa Dorset. Domba berfenotipik *Callipyge* merupakan individu karier yang diyakini sebagai gen yang dapat meningkatkan kualitas daging domba, terutama potongan karkas pada bagian belakang. Melalui bantuan teknologi biologi molekuler yaitu dengan memanfaatkan peta transkrip manusia dan organisasi genom yang ada didapatkan, bahwa tata letak gen tersebut terdeteksi pada kromosom ke-18 namun posisi yang tepat belum tuntas diketahui. Daerah pengkode tersebut memiliki kesamaan dengan manusia yang berada pada kromosom ke-14 dan mencit pada kromosom ke-12.

Marka genetik yang digunakan untuk melacak keberadaan gen adalah dengan mikrosatelit, yaitu suatu teknik marka dengan urutan DNA berulang. Nama marka (marker) mikrosatelit yang dimaksud bersandi CSSM18 dan TGLA122 (FREKING *et al.*, 1998). Penggunaan marker tersebut ternyata menghasilkan kesamaan tipe gen lain yang oleh NICOLL *et al.* (1998) dilaporkan sebagai *Carwell* untuk domba di Australia. Namun, disamping TGLA122 NICOLL *et al.* (1998) dia menggunakan pula *Marker 2*. Karakteristik dari marka *Marker 2* tersebut mirip dengan CSSM18 yang digunakan FREKING *et al.* (1998). Dengan demikian penggunaan marka mikrosatelit telah terbukti menyokong keberadaan gen *Callipyge*. Oleh karena itu marka tersebut disimpulkan dapat digunakan untuk melacak anak domba yang membawa gen *Callipyge*.

Secara fenotipik gen *Callipyge* memiliki karakteristik pola segregasi yaitu sifat penurunan mutasi gen dari tetua kepada anaknya atau generasi berikutnya yang tidak mengikuti hukum Mendelian, tetapi cenderung lebih bersifat *polar overdominan* (COCKETT *et al.*, 1997; FREKING *et al.*, 1998). Ternak domba dengan fenotipik *Callipyge* merupakan individu yang heterosigot, artinya bahwa ternak tersebut memiliki gen ( $CLPG^J/clpg^B$ ), dimana alel  $CLPG$  diperoleh dari pejantan karier ( $CLPG/CLPG$ ) dan satu alel lainnya yaitu  $clpg$  didapat dari hasil mutasi induk normal ( $clpg/clpg$ ). Apabila perkawinan dilakukan secara resiprokal (bolak-balik), tidak akan mendapatkan hasil anak *Callipygous* yang sama besar. Kebalikan perkawinan dengan posisi yakni pejantan membawa gen normal ( $clpg/clpg$ ) disilangkan dengan induk *carier* ( $CLPG/CLPG$ ) tidak akan menghasilkan anak *Callipygous*, tetapi hanya akan menurunkan anak domba yang normal ( $clpg^J/CLPG^B$ ). Hal ini dikarenakan alel  $CLPG$  yang diturunkan dari induk tidak terekspresi dalam fenotipik anak. Oleh karena itu ternak *Callipygous* lebih besar ditentukan dari hasil

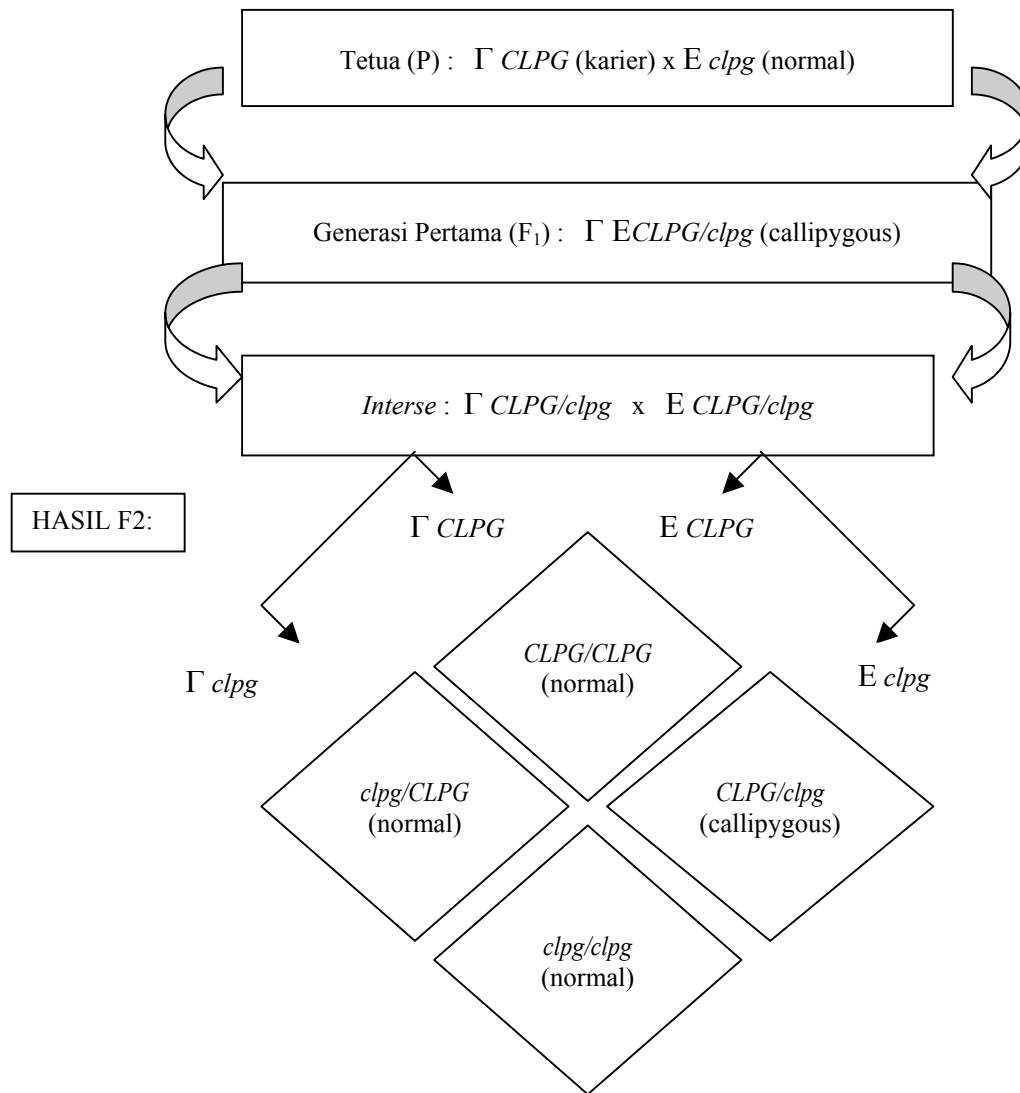
segregasi pejantan yang memiliki fenotipik *Callipyge* dengan induk yang normal (COCKETT *et al.*, 1997).

Sebagaimana yang disampaikan dalam Gambar 1, tampak bahwa hasil perkawinan antara jantan pembawa *carier* ( $CLPG/CLPG$ ) dengan induk normal ( $clpg/clpg$ ) akan menghasilkan anak generasi pertama ( $F_1$ ) 100% sebagai individu *Callipygous* ( $CLPG^J/clpg^B$ ), baik pada anak jantan maupun betina. Proporsi tersebut oleh COCKETT *et al.* (1997) dicoba untuk dibuktikan. Dari hasil pengamatan yang diperoleh ternyata sedikit lebih rendah. Besarnya rasio yang dilaporkan adalah 95:5, dengan rincian dari 83 anak domba yang lahir ternyata 79 ekor anak *Callipygous*, sedangkan 4 ekor sisanya adalah ternak normal.

Apabila anak  $F_1$  tersebut saling disilangkan (perkawinan *interse*) maka secara teori harapan untuk mendapatkan anak generasi kedua ( $F_2$ ) dengan variasi genotipa:  $CLPG^J/CLPG^B$ ,  $CLPG^J/clpg^B$ ,  $clpg^J/CLPG^B$  dan  $clpg^J/clpg^B$ , dengan rasio 3:1. Rasio ini akan mencerminkan kondisi 3 bagian (75%) merupakan anak *Callipygous* dan 1 bagian (25%) anak normal. Namun hasil akhirnya tidak demikian, karena beberapa laporan penelitian menunjukkan adanya proporsi yang justru kebalikannya yaitu 75% anak normal dan 25% anak *Callipygous*. Timbulnya penyimpangan semu karena genotipa  $CLPG^J/CLPG^B$  dan  $clpg^J/CLPG^B$  yang bersifat dominan tidak mengekspresikan dirinya sebagai ternak *Callipygous* tetapi sifat individunya muncul sebagai ternak normal.

Hal yang mendasari munculnya penyimpangan diduga sebagai akibat peran alel  $CLPG^B$  yang merupakan hasil mutasi dari segregasi induk tertekan untuk tidak memiliki peran sebagai kontrol di dalam mengaktifkan fungsi gen agar dapat terekspresi. Sementara untuk genotipa  $CLPG^J/CLPG^B$  sebagai ternak dominan, dimana diploitnya memiliki alel homosigot menjadikan gen tidak dapat aktif karena alel  $CLPG^J$  tidak mampu menekan alel  $CLPG^B$  yang sama-sama dominan. Sebagaimana yang telah dijelaskan di atas bahwa ternak *Callipygous* adalah individu yang heterosigot. Meskipun demikian untuk anak jantan bergenotipa  $CLPG^J/CLPG^B$  memiliki karakter sebagai ternak karier, yang akan muncul sebagai ternak *Callipygous* dalam segregasi mutasi gen pada generasi berikutnya bila disilangkan dengan induk normal.

Pola mutasi hasil segregasi dari tetua jantan yang heterosigot ( $CLPG^J/clpg^B$ ) jika disilangkan dengan betina homosigot resesif ( $clpg^J/clpg^B$ ) akan menghasilkan mutasi gen kepada anaknya dengan rasio yang sama besar antara yang memiliki gen *Callipyge* dengan yang normal. Di samping itu imbalan antara jantan maupun betina yang memiliki gen *Callipyge* dengan yang normal juga memiliki rasio sama besar. Namun sebaliknya bila jantan homosigot ( $clpg^J/clpg^B$ ) disilangkan dengan betina heterosigot ( $CLPG^J/clpg^B$ ) akan mendapatkan hasil bahwa semua anak terlahir normal.



**Gambar 1.** Pola segregasi hasil perkawinan domba jantan fenotipik *Callipyge* dengan betina normal menurut generasi anak yang terlahir

Pengertian untuk di lapangan dapat dijelaskan bahwa domba jantan heterosigot ( $CLPG^J/clpg^B$ ) yang disilangkan dengan induk normal ( $clpg^J/clpg^B$ ) akan menghasilkan anak *Callipygous* dan normal dengan perbandingan 1:1. Pembuktian JACKSON *et al.* (1997a) yang menyilangkan sebanyak 236 ekor induk normal ( $clpg/clpg$ ) dengan 3 ekor pejantan keluarga tiri (15/16 Rambouillet 1/16 Dorset) yang membawa karier ( $CLPG/clpg$ ), didapatkan anak sebanyak 311 ekor. Setelah penyapihan dilakukan pelacakan gen dengan mikrosatelit, hasil yang didapat bahwa rasio anak pembawa mutasi gen  $CLPG$  sebesar 48,2% sedangkan yang normal adalah 51,8% yang secara statistik tidak berbeda nyata ( $P>0,1$ ). Apabila dilihat menurut jenis

kelamin anak maka proporsi pejantan *Callipygous* (44%) dan normal (56%). Sedangkan rasio untuk anak betina fenotipik *Callipyge* sebesar 51,8% dan yang normal 48,2%. Dengan demikian baik dilihat secara total maupun menurut jenis kelamin maka rasio mutasi gen bagi ternak *Callipygous* dengan normal adalah 1:1.

Rasio tersebut diatas jelas menunjukkan telah terjadi penyimpangan prinsip dasar genetika yang dipelopori Mendel, dimana rasio harapan yang didapat sebesar 3:1. Sistem mutasi gen  $CLPG$  yang selalu diturunkan oleh pejantan telah membuat dugaan bahwa gen *Callipyge* dikategorikan sebagai *single gene* (gen tunggal). Dasar pertimbangan lain bertolak pada pendapat GOODENOUGH (1988), dimana kaidah

pertama bunyi hukum Mendel yang mempertelakan bahwasanya semua gamet yang dihasilkan dari tetua jantan dan betina mempunyai kesempatan yang sama besar untuk saling memberikan kontribusi dalam proses fertilisasi dan gamet yang dominan akan menutupi ekspresi sifat resesif untuk diekspresikan. Akan tetapi sifat gen *Callipyge* adalah dominan sebagai supresor bila hanya diturunkan dari pejantan. Efeknya akan terekspresi bila bertemu dengan gamet dari induk yang resesif. Sementara untuk berpasangan dengan gamet dominan dari induk (over dominan) tidak akan muncul sifat *Callipygous*, akan tetapi sifat anak jantannya memiliki karier sebagai ternak *Callipygous* bila kelak dikawinkan dengan betina normal.

Pembuktian adanya bentuk penyimpangan yang lebih ekstrim yang terjadi pada hasil persilangan antar individu heterosigot *Callipygous* ( $CLPG^J/clpg^B$ ) memperkuat teori penyimpangan semu. Hasil pelacakan gen terhadap 82 anak domba yang lahir dari persilangan antar kedua tetua heterosigot *Callipygous*, ternyata diperoleh proporsi 22% anak *Callipygous* dan 78% normal (COCKETT *et al.*, 1997).

### LAJU PERTUMBUHAN

Pertumbuhan sering kali diukur dari pertumbuhan dan perkembangan bobot badan per satuan waktu tertentu (BERG dan BUTTERFIELD, 1976). Kondisi tersebut dapat dimengerti karena BRODY (1974) mengukur pertumbuhan dengan dua cara yaitu (1) pertumbuhan yang diukur berdasarkan penambahan bobot badan, dan (2) pertumbuhan didasarkan atas perubahan ukuran-ukuran tubuh atau rasio komposisi tubuh. Bobot badan hidup menjelang dipotong sangat berguna untuk tujuan komersial, karena ukuran pertumbuhan dapat digunakan untuk memprediksi besarnya nilai efisiensi waktu dan komponen ternak yang dapat dikonsumsi yaitu karkas dengan jaringan otot atau daging sebagai komponen utamanya (BUTTERFIELD, 1988).

Beberapa laporan penelitian cenderung menunjukkan bahwa bobot lahir antara anak normal dengan *Callipygous* tidak berbeda nyata (JACKSON *et al.*,

1997a; MEYER *et al.*, 1998; SNOWDER *et al.*, 1998; DUCKETT *et al.*, 2000). Namun demikian ekspresi gen yang ditunjukkan dari laju pertumbuhan anak domba masih beragam. Dilaporkan MEYER *et al.* (1998) bahwa dari dua genotip anak domba (normal dan *Callipygous*) belum dapat dibedakan secara nyata kecepatan laju pertumbuhan selama masa pra-sapah. Hal yang sama juga dilaporkan DUCKETT *et al.* (2000) bahwa domba pembawa gen *CLPG* (*Callipygous*) pada saat baru lahir hingga mencapai umur  $\pm 3$  minggu masih memperlihatkan penampilan fenotip yang sama dengan ternak normal.

Hal tersebut diduga karena perkembangan otot masa pra-sapah masih dalam tahap hiperplasia sementara secara hipertropi baru dicapai pada anak domba setelah lepas sapah (MEYER *et al.*, 1998; DUCKETT *et al.*, 2000). Hasil laporan DUCKETT *et al.* (2000) tentang pertumbuhan anak domba dari dua tipe tersebut di atas secara rinci tersaji pada Tabel 1.

Sejalan dengan perihal di atas, menurut laporan JACKSON *et al.* (1997a) menunjukkan bahwa tingkat perbedaan fenotip didapat setelah anak domba mencapai umur 4 sampai 6 minggu. Dengan catatan bahwa perbedaan yang nyata tersebut baru diperlihatkan setelah anak domba diberi pakan konsentrat berkadar protein kasar 12%. Hasil yang lebih lambat dilaporkan SNOWDER *et al.* (1998), sebagai bukti bahwa anak domba yang *Callipygous* secara fenotip baru dapat dibedakan dengan yang normal setelah anak domba mencapai umur 10 minggu.

Laju pertumbuhan anak yang normal dengan yang membawa sifat fenotip *Callipyge* secara statistik tidak berbeda nyata, namun bila laju pertumbuhan tersebut dikaitkan dengan jenis kelamin maka anak jantan nyata memiliki pertumbuhan yang lebih tinggi 360 g/hari dibanding dengan anak betina yang hanya 270 g/hari. Sementara pada saat sapah, anak jantan domba yang normal memiliki bobot badan sedikit lebih tinggi yaitu 20,7 kg sedangkan anak jantan *Callipygous* hanya 20,3 kg. Untuk anak betina, bobot sapah dari dua tipe domba tersebut ternyata memiliki bobot badan yang sama yaitu 19,7 kg (JACKSON *et al.*, 1997a).

**Tabel 1.** Rataan umur dan variasi bobot anak domba *Callipygous* dan normal

Umur (hari)	Bobot badan menurut umur (kg)					SEM
	7	20	36	52	69	
Normal	19 <sup>a</sup>	100 <sup>b</sup>	148 <sup>c</sup>	163 <sup>d</sup>	246 <sup>e</sup>	2.4
<i>Callipyge</i>	19 <sup>a</sup>	103 <sup>b</sup>	147 <sup>c</sup>	160 <sup>d</sup>	244 <sup>e</sup>	2.4

**Keterangan:** Huruf *superscript* yang berbeda pada baris dan lajur yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

**Sumber:** DUCKETT *et al.* (2000)

## RESPON TERHADAP EFISIENSI PAKAN

Kebutuhan nutrisi domba (protein dan energi) tergantung pada beberapa faktor termasuk bobot badan hidup, penambahan bobot badan dan konsumsi pakan. SUPARNO (1998) yang mengutip dua pendapat sebelumnya ORSKOV *et al.* (1976) serta DONELLY dan HUTTON (1976) mengatakan bahwa peningkatan protein dalam pakan dapat meningkatkan kandungan air, protein dan abu tubuh serta menurunkan lemak tubuh. Sementara nilai pakan tergantung pada besarnya kehilangan nutrien selama proses digesti, absorpsi dan metabolisme. Ternak yang mampu memperkecil kehilangan nilai nutriennya selama proses pencernaan berlangsung akan memiliki nilai konversi yang tinggi.

Hasil pengamatan SNOWDER *et al.* (1994) terhadap 33 anak domba kastrasi (wether) dari genotipa NDR, CDRn, CDRc, CDCn, CDCc, CDSn dan CDSc yang ditempatkan ke kandang pen dan diberi pakan 55% jagung giling dan 45% pellet hasil campuran (mix) alfalfa, mineral dan vitamin. Pakan diberikan selama 28 hari dengan masa transisi 14 hari dan anak dikelompokkan menurut jenis kelamin menunjukkan bahwa ternak domba genotipa CDRc (1,9 kg per kg pertumbuhan) nyata ( $P < 0,05$ ) lebih efisien dalam mengkonversi pakan menjadi pertumbuhan jaringan tubuh (bobot badan). Sementara anak jantan CDSn memiliki efisiensi yang lebih baik bila dibanding dengan anak betina. Lebih jauh dijelaskan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata ( $P > 0,05$ ) nilai efisiensi

pakan NDR dan CDRn, tetapi kedua genotipa tersebut nyata ( $P < 0,05$ ) lebih rendah dari CDRc (3,8 kg per kg pertumbuhan). Dari hasil tersebut ternyata gen *Callipyge* tidak dipengaruhi oleh bangsa maupun jenis kelamin anak.

Efisiensi pakan yang dilaporkan oleh JACKSON *et al.* (1997a) menunjukkan bahwa anak domba baik jantan maupun betina yang *Callipygous* memiliki nilai konversi penambahan bobot badan terhadap konsumsi pakan yang lebih baik. Disamping itu anak-anak domba *Callipygous* mengkonsumsi pakan yang lebih sedikit dibanding dengan anak domba normal (Tabel 2).

CARPENTER *et al.* (1996) mencoba memberikan pakan untuk anak domba lepas sapih dengan pakan komersial setempat. Menjelang akhir umur potong, pola pakan anak domba diubah dengan komposisi 85,5% jagung giling dan 14,5% berbentuk pelet hasil campuran dari bahan vitamin, mineral, alfalfa kering yang telah dichoper. Secara nutrisi, pakan tersebut memiliki kandungan protein kasar 12,2% dengan energi metabolik (ME) sebesar 2,94 Mcal/kg. Pakan diberikan secara tak terbatas (*ad libitum*) selama 56 hari hingga ternak dipotong. Umur potong adalah 8–9 bulan dengan rataan bobot badan  $59 \pm 1$  kg. Hasil akhir pengamatan menunjukkan bahwa domba *Callipygous* dapat meningkatkan efisiensi pakan karena adanya perbedaan yang signifikan pada jaringan dan komposisi otot.

**Tabel 2.** Rataan kuadrat terkecil penampilan efisiensi pakan pada anak domba normal dengan pembawa *CLPG*

Parameter	Fenotipik		SEM	Nilai P
	<i>CLPG</i>	Normal		
Rataan konsumsi pakan harian (kg/hari)				
Anak jantan	1,75	1,90	0,030	0,016
Anak betina	1,48	1,68	0,030	0,004
Konversi pakan (pertumbuhan per konsumsi)				
Anak jantan	0,203	0,185	0,090	0,007
Anak betina	0,173	0,165	0,090	0,050

Sumber: JACKSON *et al.* (1997a)

## PENAMPILAN KARKAS DAN ORGAN BAGIAN DALAM

Faktor genetik dan lingkungan mempunyai hubungan yang saling terkait, dimana untuk dapat mengekspresikan kapasitas genetik individu secara sempurna, diperlukan kondisi lingkungan yang ideal. Faktor lingkungan sendiri dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu faktor fisiologi dan nutrisi (SUPARNO, 1998). Latar belakang pakan akan sangat berpengaruh

terhadap proporsi antara jaringan otot, lemak dan tulang. Jika proporsi otot lebih tinggi dari rataan umumnya maka salah satu atau kedua komponen lainnya (lemak dan tulang) akan mengalami penurunan (BERG dan BUTTERFIELD, 1976).

Kondisi bobot hidup dari dua genotipa sebelum dipotong menunjukkan bobot yang tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ), pada anak domba normal memiliki bobot 52,2 kg sedangkan untuk anak domba *Callipygous* bobot badannya adalah 52,8 kg. Persentase karkas

segar pada anak domba normal nyata ( $P < 0,05$ ) lebih rendah dari domba *Callipygous* (JACKSON *et al.*, 1997b; MEYER *et al.*, 1998). Demikian juga pada persentase karkas yang telah dilayukan, anak domba *Callipygous* memiliki persentase yang lebih tinggi dari anak domba normal (JACKSON *et al.*, 1997b). Lebih jauh SNOWDER *et al.* (1994) menjelaskan bahwa persentase karkas segar akan naik hingga 5–8% bagi anak domba *Callipygous* dibanding dengan anak domba normal.

Pada Tabel 3 tampak bahwa berat organ dalam dari dua pengamatan memberikan hasil bobot organ jantung, hati, ginjal dan paru-paru pada anak domba normal relatif lebih tinggi dari anak domba pembawa CLPG, namun secara statistik tidak nyata ( $P > 0,05$ ). Adanya perbedaan bobot ginjal yang ekstrim dari dua sumber pengamatan tersebut disebabkan karena MEYER *et al.* (1998) menimbang berat ginjal dengan lemak yang melekat pada ginjal, sedangkan JACKSON *et al.* (1997c) hanya komponen ginjal.

**Tabel 3.** Penampilan karkas dan organ bagian dalam antara anak domba pembawa CLPG dengan normal

Parameter	Anak jantan Rambouillet <sup>a</sup>		Dorset x Polypay <sup>b</sup>	
	CLPG	Normal	CLPG	Normal
Karkas segar (%)	57,3	53,9	56,7	53,1
Karkas setelah pelayuan (%)	55,3	51,0	-	-
Jantung (g)	208	229	-	-
Hati (g)	869	898	800	900
Paru-paru (g)	533	536	-	-
Ginjal (g)	65	70	1400	2000
Usus (kg)	1,3	1,3	1,5	1,5
Abdomen (kg)	1,2	1,3	1,8	1,9
Rib eye area (cm <sup>2</sup> )	17,6	10,3	22,6	15,7
Shoulder (kg)	-	-	7,3	7,3
Loin (kg)	-	-	2,9	2,9

**Sumber:** <sup>a</sup> JACKSON *et al.* (1997b)

<sup>b</sup> MEYER *et al.* (1998)

### PENAMPILAN PERTUMBUHAN JARINGAN OTOT

Hasil konformasi tubuh secara umum dapat dinyatakan bahwa ternak domba *Callipygous* memiliki bentuk badan yang pendek dan diikuti dengan panjang punggung yang lebih pendek dibanding ternak domba normal. Meskipun demikian perbedaan tersebut secara statistik tidak nyata dibanding dengan konformasi tubuh domba normal (JACKSON *et al.*, 1997b).

Pertumbuhan jaringan otot dan komponen lainnya berlangsung dengan kadar laju yang berbeda. Oleh karenanya perubahan ukuran komponen akan menghasilkan diferensiasi atau perbedaan karakteristik individu sel dan organ. BUTTERFIELD (1988) menggambarkan tingkat perubahan rasio antara jaringan otot dengan tulang sebagai berikut untuk saat lahir 2:1 akan berubah menjadi 3:1 saat ternak mencapai 10% dari bobot dewasa dan akan menjadi besar lagi rasionya menjadi 4:1 pada saat domba mencapai 60% dari bobot dewasa.

Laju pertumbuhan anak sebelum dan pada saat sapih tidak berbeda nyata antara anak domba normal

dengan pembawa fenotipik *Callipyge*. Namun sesudah sapih, pertumbuhan anak domba *Callipygous* sedikit lebih tinggi, meskipun demikian secara ekonomi efek positifnya belum berpengaruh nyata (MEYER *et al.*, 1998). Lebih jauh dijelaskan bahwa anak domba yang *Callipygous* secara fenotipik menonjol pada otot di bawah punggung, dan yang lebih tampak nyata perkembangan pada otot bagian kaki belakang (JACKSON *et al.*, 1997c).

CARPENTER *et al.* (1996) melaporkan bahwa hasil perkawinan antara induk Rambouillet normal dengan pejantan Dorset pembawa sifat fenotipik *Callipyge* menghasilkan anak yang memiliki kemampuan jaringan otot untuk berkembang secara hipertropi yang lebih besar dibanding domba normal. Jaringan otot-otot tersebut diantaranya adalah *semitendinosus*, *longissimus* dan *gluteus medius*, sedangkan otot *supraspinatus* diyakini tidak mengalami pola tumbuh kembang secara hipertropi yang mengesankan (CARPENTER *et al.*, 1996; DUCKETT *et al.*, 2000).

Otot paha anak domba yang diamati oleh JACKSON *et al.* (1997c) terdiri atas otot *superficial gluteal*, *tensor fascia latae*, *gluteus medius*, *gracilis*,

*semitendinosus*, *adductor*, *semimembranosus*, *rectus femurus* dan *peronius tertius* memiliki bobot yang secara statistik nyata ( $P < 0,05$ ) lebih tinggi pada ternak *Callipygous*. Hasil yang sama terjadi pada kelompok lain yang masih satu bagian yaitu kelompok vastus yang terdiri dari *vastus lateralis*, *vastus medialis* dan *vastus intermedius*. Lebih jauh JACKSON *et al.* (1997c) menjelaskan bahwa otot *superficial gluteal* merupakan otot tunggal karena susahnya memisahkan serat-serat yang ada dalam otot tersebut.

Demikian juga anak domba yang baru mencapai bobot badan 7 kg, berat otot yang digunakan sebagai indikator keberadaan gen *CLPG* pada ternak *Callipygous* yang berasal dari kelompok jaringan otot seperti *Longissimus*, *Semimembranosus* dan *Supraspinatus* tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan anak domba normal. Ini berarti bahwa keberadaan gen *CLPG* sebagai pembawa sifat fenotipik *Callipyge* pada kisaran bobot tersebut di atas belum aktif sehingga gen yang ada belum mampu mengekspresikan fungsi yang sesungguhnya. Namun setelah bobot badan domba tersebut mencapai berat 20

hingga 69 kg baru dapat memperlihatkan adanya fungsi gen tersebut. Hal ini dapat diketahui dari ekspresi fungsi gen, dimana ternak *Callipygous* memiliki berat otot 40% nyata lebih tinggi dari ternak domba normal (DUCKETT *et al.*, 2000).

Dari Tabel 4 tampak bahwa hampir semua jenis otot paha pada anak domba pembawa *CLPG* memiliki bobot yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ) dibanding dengan anak domba normal. Satu-satunya otot yang diamati tidak menunjukkan perbedaan nyata terjadi pada otot *Peronius tertius*. Dari hasil tersebut maka dapat disebutkan bahwa gen *CLPG* memiliki fungsi untuk mempercepat pertumbuhan otot secara hipertropi.

*Superficial gluteal* memiliki tingkat perbedaan yang cukup dramatis yaitu 63%, sedangkan untuk *adductor* sebesar 47% yang diekspresikan oleh anak domba karier. Tingkat perbedaan jenis otot lain yang diamati dapat dilaporkan bahwa otot *tensor facia latae* memiliki tingkat perbedaan yang paling kecil yaitu mencapai 22,3%, sementara tingkat perbedaan otot-otot lainnya mencapai 23 dan 63% lebih besar berasal dari anak domba karier (JACKSON *et al.*, 1997c).

**Tabel 4.** Perbandingan penampilan bobot dari berbagai jenis otot domba pada anak domba pembawa *CLPG* dan normal

Jenis otot (g)	Fenotipik <sup>a</sup>		Fenotipik <sup>b</sup>		Fenotipik <sup>c</sup>	
	<i>CLPG</i>	Normal	<i>CLPG</i>	Normal	<i>CLPG</i>	Normal
<i>Longissimus</i>	-	-	723	519	996	772
<i>Biceps femoris</i>	-	-	384	272	483	318
<i>Superficial gluteal</i>	575,1	360,2	-	-	-	-
<i>Tensor facia latae</i>	94,1	76,9	-	-	-	-
<i>Gluteus medius</i>	396,5	265,4	284	209	-	-
<i>Gracilis</i>	85,7	66,5	-	-	-	-
<i>Semitendinosus</i>	169,3	133,3	129	100	-	-
<i>Adductor</i>	233,3	158,2	191	145	-	-
<i>Semimembranosus</i>	526,7	323,1	-	-	535	377
<i>Rectus femoris</i>	214,1	173,6	-	-	-	-
<i>Vastus group</i>	385,0	321,7	-	-	-	-
<i>Peronius tertius</i>	56,9	50,8	-	-	-	-
<i>All excised pelvic muscle</i>	2736,7	1929,7	-	-	-	-

**Sumber:** <sup>a</sup> JACKSON *et al.* (1997c)

<sup>b</sup> SNOWDER *et al.* (1998)

<sup>c</sup> MEYER *et al.* (1998)

Selain otot tersebut di atas, dilaporkan juga bahwa otot *supraspinatus* pada domba karier diyakini sebagai otot yang tidak mengalami hipertropi, lebih jauh hasil penelitian CARPENTER *et al.* (1996) melaporkan bahwa otot-otot seperti *semitendinosus*, *longissimus* dan *gluteus medius* telah mengalami pertumbuhan secara hipertropi pada anak domba *Callipygous*. Pendapat yang sejalan dengan hal ini juga disampaikan oleh

MEYER *et al.* (1998), bahkan lebih lanjut dijelaskan bahwasanya efek gen *CLPG* tampak lebih dramatis pada otot *longissimus* setelah dagingnya digiling maupun dibakar.

Hasil yang didapat oleh CARPENTER *et al.* (1996) menunjukkan bahwa berat otot *semitendinosus* dari anak domba *Callipygous* adalah 14% nyata ( $P < 0,05$ ) lebih tinggi dari ternak domba yang normal. Hasil yang



lebih tinggi dilaporkan SNOWDER *et al.* (1998) mencapai angka 29% yaitu dari 100 g pada domba normal vs 129 g pada domba *Callipygous*. Sementara hasil laporan MEYER *et al.* (1998) mendapatkan laju perbedaan berat otot *semitendinosus* hanya 22%, hasil ini lebih rendah dari SNOWDER *et al.* (1998) namun lebih tinggi bila dibandingkan dengan laporan CARPENTER *et al.* (1996). Pada bagian lain yaitu rusuk ke 12 yang biasa disebut sebagai *rib eye area* 31% lebih besar pada anak domba *Callipygous*. Dengan demikian hasil-hasil tersebut di atas telah mendasari pengertian bahwa pertumbuhan jaringan otot paha cenderung berjalan secara hipertropi, meskipun pada awalnya pertumbuhannya berjalan secara hiperplasia.

Persentase tipe serat otot dan rataan diameter serat otot dari kedua genotipa anak domba berbeda. Menurut CARPENTER *et al.* (1996) bahwa anak domba *Callipygous*

memiliki persentase yang lebih tinggi pada kelompok serat *fast-twitch glycolytic* (FG) tetapi lebih rendah persentasenya pada *slow-twitch oxidative* (SO) dan *fast-twitch oxidative glycolytic* (FSO). Namun demikian anak domba *Callipygous* mempunyai diameter serat otot yang lebih besar pada kelompok serat FG dan FOG tetapi lebih kecil pada SO dibanding domba normal.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa otot *supraspinatus* tidak berbeda baik besarnya persentase maupun diameter serat dari kedua genotipa domba yang teruji pada kelompok serat otot FG. Kondisi ini sangat kontras dengan otot lainnya, karena kelompok FG baik pada *longissimus* maupun *gluteus medius* dari anak domba *Callipygous*, persentase dan diameter serat FG nyata ( $P < 0,01$ ) lebih tinggi dibanding anak domba normal.

**Tabel 5.** Penampilan otot dan serat dari domba *Callipygous* dan normal

Keterangan	CLPG (n=11)	Normal (n=10)	Nilai peluang
<b>% serat terhadap otot:</b>			
<i>Longissimus</i>			
SO	7,8 ± 0,5	11,7 ± 1,0	0,001
FGO	29,2 ± 1,1	41,8 ± 2,4	0,001
FG	63,1 ± 1,4	46,5 ± 2,7	0,001
<i>Gluteus medius</i>			
SO	12,9 ± 0,7	19,9 ± 2,8	0,02
FGO	33,6 ± 1,5	43,1 ± 2,2	0,001
FG	53,5 ± 1,9	36,9 ± 2,5	0,001
<i>Supraspinatus</i>			
SO	31,9 ± 2,5	27,5 ± 1,3	0,15
FGO	35,7 ± 1,4	40,3 ± 1,3	0,03
FG	32,4 ± 1,9	32,2 ± 2,0	0,95
<b>Diameter serat:</b>			
<i>Longissimus</i>			
SO	24,3 ± 1,2	28,7 ± 1,6	0,04
FGO	38,5 ± 1,6	33,2 ± 1,5	0,03
FG	45,3 ± 2,3	35,5 ± 2,0	0,005
<i>Gluteus medius</i>			
SO	26,8 ± 1,0	29,9 ± 1,1	0,05
FGO	43,4 ± 1,2	36,6 ± 3,0	0,04
FG	48,6 ± 1,5	40,9 ± 2,0	0,005
<i>Supraspinatus</i>			
SO	34,3 ± 1,9	30,3 ± 1,5	0,12
FGO	40,0 ± 2,0	35,7 ± 1,3	0,09
FG	40,6 ± 1,4	40,8 ± 1,3	0,88

**Sumber:** CARPENTER *et al.* (1996)

Perbedaan deposisi lemak menunjukkan adanya indikasi bahwa ternak normal memiliki deposisi yang relatif lebih tinggi pada jaringan otot. Hal ini dapat dimengerti karena ternak domba *Callipyge* memiliki sistem mekanis dengan kecenderungan menggunakan protein untuk pertumbuhan dibanding dengan menggunakan lemak. Kondisi tersebut ternyata dapat membantu untuk menduga mengapa ternak domba *Callipyge* lebih efisien, karena energi yang ada digunakan untuk keperluan kedepan, terutama bagi pertumbuhan otot yang cenderung lebih tinggi dibanding mendeposisikan lemak ke jaringan otot.

Hasil penelitian yang dilakukan JACKSON *et al.* (1997b) pada anak domba Rambouillet melaporkan besarnya persentase komposisi jaringan lunak daging untuk anak domba *Callipyge* adalah 16,6% (protein), 63,6% (moisture), 18,9% (lemak) dan 0,85% (abu), sedangkan untuk anak domba normal 15,2% (protein), 58,6% (moisture), 25,4% (lemak) dan 0,77% (abu). Tingkat perbedaan dari semua parameter komposisi jaringan lunak daging ini secara statistik adalah sangat nyata ( $P < 0,01$ ).

### KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa karakteristik gen *Callipyge*, yang merupakan gen tunggal terdapat pada kromosom 18 dengan rasio pola segregasi yang menyimpang dari hukum Mendel. Karakteristik dan sifat positif gen *Callipyge* adalah mampu memberikan efek pertumbuhan yang lebih tinggi, meskipun baru dapat dibedakan secara fenotipik setelah anak mencapai lepas sapih. Demikian halnya anak domba baik jantan maupun betina *Callipyge* memiliki efisiensi pakan yang lebih baik, jika dilihat dari kemampuan untuk menkonversi pakan menjadi pertumbuhan jaringan tubuh maupun jumlah konsumsi pakan yang lebih rendah.

Persentase karkas segar maupun yang telah dilayukan pada anak domba normal, nyata lebih rendah dibanding anak domba *Callipyge*. Di samping itu organ bagian dalam seperti jantung, hati, ginjal dan paru-paru pada anak domba normal memiliki bobot yang relatif lebih tinggi meskipun secara statistik tidak nyata.

Semua jenis otot bagian paha pada anak domba *Callipyge* memiliki bobot yang sangat nyata lebih tinggi dibanding dengan anak domba normal, dan satu-satunya otot yang tidak memberikan perbedaan nyata terjadi pada otot *peronius tertius*. Demikian halnya otot *supraspinatus* tidak berbeda baik besarnya persentase maupun diameter serat dari kedua genotipa domba yang teruji pada kelompok serat otot FG. Besarnya persentase komposisi jaringan lunak daging untuk anak domba pembawa *CLPG* secara statistik sangat nyata lebih tinggi dibanding anak domba normal.

### DAFTAR PUSTAKA

- BERG, R.T and R.M. BUTTERFIELD. 1976. *New Concepts of Cattle Growth*. Sidney University Press.
- BRODY, S. 1974. *Bioenergetics and Growth with Special Reference to the Efficiency Complex in Domestic Animals*. A Publication of the Herman Frasch Foundation. Original edition published by Reinhold Publishing Corporation. Copyright 1945. Reprinted 1974. Hafner Press. A Division of Macmillan Publishing Co. Inc. New York.
- BUTTERFIELD, R.M. 1988. *New Concepts of Sheep Growth*. Published by The Department of Veterinary Anatomy University of Sydney.
- CARPENTER, C.E., O.D. RICE, N.E. COCKETT, and G.D. SNOWDER. 1996. Histology and composition of muscle from normal and *Callipyge* lambs. *J. Anim. Sci.* 74: 388-393.
- COCKETT, N.E., S. BERGHAMS, M.C. BECKER, T.L. SHAY, S.P. JACKSON, G.D. SNOWDER, and M. GEORGES. 1997. The *Callipyge* gene of sheep. *Anim. Biotechnology*, 8(1): 23-30.
- COCKETT, N.E., S. BERGHAMS, M.C. BECKER, T.L. SHAY, S.P. JACKSON, G.D. SNOWDER, and M. GEORGES. 1998. The *Callipyge* gene of sheep. In. 6<sup>th</sup> World Cong. on Genetics Applied to Livestock Production, 26: 525-528.
- DUCKETT, S.K., G.D. SNOWDER, and N.E. COCKETT. 2000. Effect of the *Callipyge* gene on muscle growth, calpastatin activity, and tenderness of three muscle across the growth curve. *J. Anim. Sci.* 78: 2836-2841.
- FAHRENKRUG, S.C., E. CASAS, J.W. KEELE, and T.P.L. SMITH. 1999. Technical Note: Direct genotyping of double-muscling locus (mh) in Piedmontese and Belgian Blue Cattle by fluorescent PCR. *J. Anim. Sci.* 77: 2028-2030.
- FREKING, B.A., J.W. KEELE, C.W. BEATTIE, S.M. KAPPES, T.P.L. SMITH, T.S. SONSTEGARD, M.K. NEILSEN, and K.A. LEYMASTER. 1998. Evaluation of the ovine *callipyge* locus: II. Relatif chromosomal position and gene action. *J. Anim. Sci.* 76: 2062-2071.
- GOODENOUGH, U. 1988. *Genetika*. Edisi Ketiga Jilid 1. Alih Bahasa Adisoemarto, S. Penerbit Erlangga Jakarta.
- JACKSON, S.P., R.D. GREEN, and M.F. MILLER. 1997a. Phenotypic characterization of Rambouillet sheep expressing the *Callipyge* gen I: Inheritance of the condition and production characteristics. *J. Anim. Sci.* 75: 14-18.
- JACKSON, S.P., M.F. MILLER, and R.D. GREEN. 1997b. Phenotypic characterization of Rambouillet sheep expressing the *Callipyge* gen II: Carcass characteristics and retail yield. *J. Anim. Sci.* 75: 125-132.
- JACKSON, S.P., M.F. MILLER, and R.D. GREEN. 1997c. Phenotypic characterization of Rambouillet sheep expressing the *Callipyge* gen III: Muscle weights and muscle weight distribution. *J. Anim. Sci.* 75: 123-138.

- MEYER, H.H., S. HARIBASKAR, A.M. ABDULKHALIQ, and J.M. THOMPSON. 1998. Callipyge gene effects on lamb growth, carcass traits, muscle weights and meat characteristics. In. 6<sup>th</sup> World Cong. on Genetics Applied to Livestock Production, 25: 161-164.
- NICOLL, G.B., H.R. BURKIN, T.E. BREAD, N.B. JOPSON, G.J. GREER, W.E. BAIN, C.S. WRIGHT, K.G. DODDS, P.F. FENNESSY, and J.C. MCEWAN. 1998. Genetic linkage of microsatellite markers to the carwell locus for rib eye muscling in sheep. In. 6<sup>th</sup> World Cong. on Genetics Applied to Livestock Production, 26: 529-532.
- PARSONS, Y.M., D.W. COOPER, and I.R. PIPER. 1996. Genetic variation in Australian Merino sheep. *Anim. Gen.*, 27: 223-228.
- SMITH., T.P.L., E. CASAS, C.E. REXROAD III, S.M. KAPPES, and J.W. KEELE. 2000. Bovine CAPN1 maps to a region of BTA29 containing a quantitative trait locus for meat tenderness. *J. Anim. Sci.* 78: 2589-2594.
- SNOWDER, G.D., J.B. BUSBOOM., N.E. COCKETT, F. HENDRIX, and V.T. MENDENHALL. 1994. Effect of the Callipyge gene on lambs growth and carcass characteristic. Editors C. Smith, J.S. Gavora, B. Benkel, J. Chesnais, W. Fairfull, J.P. Gibson, B.W. Kennedy, E.B. Burnside. In. Proc. of the 5<sup>th</sup> World Cong. on Genetics Applied to Livestock Production, 18: 51-54.
- SNOWDER, G.D., S.K. DUCKETT, and N.E. COCKETT. 1998. Muscle growth rates of Callipyge and normal lambs. In. 6<sup>th</sup> World Cong. on Genetics Applied to Livestock Production, 25: 109-112.
- SPECK, P.A., W.S. PITCHFORD, and J.N. CLARKE. 1998. Quantitative and molecular approaches to manipulate carcass composition in farm animals: A major quality determinat. In. 6<sup>th</sup> World Cong. on Genetics Applied to Livestock Production, 25: 149-156.
- SUPARNO. 1998. Ilmu dan Teknologi Daging. Cetakan ke 3. Gajah Mada University Press.