

MORFOLOGI DAN MORFOMETRI PERTUMBUHAN RANGGAH *VELVET* MUNCAK JANTAN (*Muntiacus muntjak muntjak*)

Morphology and Morphometry of Velvet Antler Growth of Male Muntjak (Muntiacus muntjak muntjak)

Sri Wahyuni¹, Srihadi Agungpriyono², Muhammad Agil³, dan Tuty Laswardi Yusuf³

¹Laboratorium Anatomi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

²Bagian Anatomi, Departemen Anatomi, Histologi dan Embriologi, Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor, Bogor

³Bagian Reproduksi dan Kebidanan, Departemen Klinik, Reproduksi dan Patologi,
Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor, Bogor
E-mail: yuyun.anwar@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menggambarkan morfologi pertumbuhan ranggah *velvet* (RV) dua ekor muncak jantan (M1 dan M2) yang dipelihara di kandang penelitian secara terpisah. Tanggal lepas ranggah dan hari pertama percabangan RV serta awal pengelupasan kulit *velvet* diamati dan dicatat. Pengukuran meliputi panjang dan diameter ranggah *velvet* utama (RVU) dan ranggah *velvet* cabang (RVC) *dexter et sinister*, serta durasi pertumbuhan RV. Rataan \pm SD panjang dan diameter maksimum RVU dan RVC muncak M1 adalah 148,25 \pm 1,12 mm; 46,26 \pm 0,68 mm (panjang), 19,21 \pm 2,35 mm; 9,12 \pm 0,21 mm (diameter) dengan durasi pertumbuhan 104 hari; sedangkan muncak M2 berturut-turut adalah: 146,44 \pm 1,58 mm; 46,94 \pm 1,97 mm (panjang); 13,65 \pm 1,27 mm; 8,49 \pm 0,29 mm (diameter) dengan durasi pertumbuhan 98 hari. Tidak terdapat perbedaan tahapan pertumbuhan RVU dan RVC antara muncak M2 dan M1, namun berbeda pada ukuran RV dan durasi pertumbuhannya. Muncak M2 memasuki ranggah keras setelah pengelupasan kulit *velvet* lebih cepat dibandingkan M1. Dapat disimpulkan bahwa ukuran pertumbuhan RV berkorelasi erat dengan faktor umur, berat badan, dan postur tubuh muncak jantan.

Kata kunci: muncak, ranggah *velvet*, ranggah keras, *casting*, *shedding*

ABSTRACT

The objective of this study was to describe the morphology of velvet antler (RV) growth in two adult male muntjaks (M1 and M2) which were maintained in captivity individually. The date of antler cast, first day of RV branch and the beginning of velvet skin shed were observed and recorded. Measuring of RV growth included the length and diameter of main velvet antler (RVU) and branch velvet antler (RVC) (*dexter et sinister*) and also the duration of RV growth. The maximum of length and diameter (mean \pm SD) of RVU and RVC of JK were 148.25 \pm 1.12 mm; 46.26 \pm 0.68 mm (length); 19.21 \pm 2.35 mm; 9.12 \pm 0.21 mm (diameter) respectively, and the duration was 104 days; and JM was 146.44 \pm 1.58 mm; 46.94 \pm 1.97 mm (length); 13.65 \pm 1.27 mm; 8.49 \pm 0.29 mm (diameter) respectively, and the duration was 98 days. There were no difference in growth step of RVU and RVC compare to JK and JM, but there was difference in size and duration of velvet antler growth. JM reached hard antler period after velvet shedding faster than JK. Therefore, we concluded that the development of RV had a close correlation to age, body weight, and posture of male muntjak.

Keywords: muntjak, velvet antler, hard antler, *casting*, *shedding*

PENDAHULUAN

Muncak (*Muntiacus muntjak*) dikenal dengan sebutan kijang, tersebar di sebagian besar kepulauan Indonesia. Satwa ini merupakan satwa yang dilindungi pemerintah, seperti yang tercantum dalam Daftar Lampiran Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 1999 sejak tanggal 27 Januari 1999 (PHKA, 2004). Sejauh ini informasi tentang biologi reproduksi muncak khususnya tentang karakteristik dan

pertumbuhan ranggah *velvet* masih terbatas tentang karakteristik dan pertumbuhan ranggah *velvet* masih terbatas pada spesies *Muntiacus reevesi* (Chapman dan Harris, 1991) dan *Muntiacus reevesi micrurus* (Pei *et al.*, 2009) serta beberapa spesies *Cervidae*, seperti rusa timor (*Cervus timorensis*) (Semiadi, 1997; Handarini *et al.*, 2004), rusa bawean (*Axis kuhlii*) (Semiadi *et al.*, 2003) dan red deer (*Cervus elaphus*) (Li *et al.*, 2003). Sejauh ini data tentang biologi reproduksi muncak (*Muntiacus muntjak muntjak*) Indonesia belum pernah dilaporkan.

Penampilan reproduksi pada sebagian besar *Cervidae* dicirikan dengan keberadaan ranggah (Bubenik, 2006). Sebagai karakteristik seksual sekunder pada *Cervidae* jantan, ranggah hanya berfungsi pada saat musim kawin (*rutting*). Pada sebagian besar spesies *Cervidae*, siklus ranggah berkorelasi erat dengan aktivitas reproduksinya, seperti konsentrasi testosteron, aktivitas tubuli seminiferi, kualitas semen dan kemampuan mengawini betina. Hal tersebut telah dilaporkan pada rusa timor jantan, yang memperlihatkan adanya keterkaitan antara aktivitas reproduksi dengan pertumbuhan ranggahnya (Handarini, 2006). Demikian pula pada spesies *Cervidae* lainnya seperti *red deer* (*Cervus elaphus*) (Bartos *et al.*, 1980; Price dan Allen, 2004), *white-tailed deer* (*Odocoileus virginianus*) (Forand *et al.*, 1985), dan *pampas deer* (*Ozotoceros bezoarticus bezoarticus*) (Pereira *et al.*, 2005; Ungerfeld *et al.*, 2008).

Pertumbuhan dan siklus ranggah pada *Cervidae* jantan terbagi atas empat tahapan yaitu tahap *pedicle*, tahap ranggah lunak (*velvet*), tahap ranggah keras (*hard antler*), dan tahap lepas ranggah (*casting*) (Fennessy dan Suttie, 1988). Fenomena regenerasi ranggah sering dijadikan model penelitian untuk terapi regeneratif seperti metode stimulasi pertumbuhan jaringan bekas trauma pada ekstremitas mamalia yang dapat diaplikasikan pada manusia (Kierdorf dan Kierdorf, 2010). Data tentang morfologi pertumbuhan ranggah khususnya ranggah *velvet* pada *Cervidae* jantan termasuk muncak belum banyak dilaporkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan mengetahui tahapan pertumbuhan ranggah *velvet* dari satu siklus pertumbuhan ranggah pada muncak jantan (*Muntiacus muntjak muntjak*). Data yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi awal yang diperlukan untuk penentuan periode aktif reproduksi muncak Indonesia.

MATERI DAN METODE

Persiapan Muncak Penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 ekor muncak (*Muntiacus muntjak muntjak*) jantan dewasa, M1 umur 4 tahun, berat badan 19,5 kg dan M2 umur 2 tahun, berat badan 17 kg. Muncak diperoleh dari hasil tangkapan dan dipelihara di kandang individual berukuran 1x2 m² dan kandang terbuka (kandang *exercise*). Selama penelitian berlangsung kedua muncak

tidak digabungkan, sehingga hubungan sosial dominan-subordinan antar keduanya tidak dapat diamati. Sebelum proses sampling dilakukan, muncak terlebih dahulu diadaptasikan selama 2-3 bulan. Pakan diberikan 2 kali per hari, pagi dan sore, berupa pelet dengan berat pakan bervariasi yang disesuaikan dengan berat badan muncak. Selain pelet diberikan juga irisan wortel, sayuran, ubi jalar, dan pisang, sebagai makanan selingan yang diberikan setiap 3 kali per minggu, sedangkan air minum diberikan secara *ad libitum*.

Morfologi Pertumbuhan Ranggah Velvet

Pengamatan tahapan pertumbuhan ranggah *velvet* (RV) dilakukan segera setelah ranggah keras (RK) lepas (*casting*) dari bagian dasar ranggah yang disebut pedikel. Periode *casting* RK *dexter et sinister* dicatat, sedangkan setiap perubahan yang terjadi pada bagian proksimal pedikel dipotret dengan kamera digital. Pengamatan meliputi proses epitelisasi pada luka bekas *casting* yang disebut dengan blastema, penutupan permukaan blastema dengan kulit *velvet*, awal percabangan, pertumbuhan ranggah *velvet* utama (RVU) dan ranggah *velvet* cabang (RVC), proses terjadinya pengelupasan kulit *velvet* (*shedding*), dan munculnya RK baru.

Pengukuran Pertumbuhan Ranggah Velvet

Pengukuran terhadap pertumbuhan RV dilakukan setiap seminggu sekali menggunakan *micro caliper* digital dan pita ukur. Pada saat pengukuran, kondisi RV telah bercabang dan telah diselubungi oleh kulit *velvet*. Untuk proses pengukuran pertumbuhan RV, muncak terlebih dahulu dikendalikan secara *manual handling* dengan memegang kedua pedikel. Data morfometri yang dikumpulkan meliputi panjang dan diameter RVU dan RVC *dexter et sinister*. Pengukuran dihentikan pada saat terjadinya pengelupasan kulit *velvet* (*shedding*) sebagai awal periode RK. Selain itu dilakukan pula penghitungan durasi pertumbuhan RV yang dimulai pada saat kulit *velvet* menutupi dua per tiga bagian proksimal pedikel hingga terjadinya *shedding*.

Analisis Data

Data morfologi pertumbuhan RVU dan RVC hingga memasuki periode RK diuraikan secara deskriptif, sedangkan data morfometri tentang pertumbuhan RVU dan RVC *dexter et sinister* ditabulasikan dalam bentuk rata-rata \pm SD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Pertumbuhan Ranggah *Velvet*

Ranggah merupakan satu-satunya organ pada mamalia yang mengalami perpanjangan dan mampu beregenerasi secara berulang. Setiap tahun ranggah lepas dan tumbuh kembali dari blastema dan selanjutnya bercabang. Ranggah terdiri atas kulit, syaraf, buluh darah, jaringan ikat fibrosa, tulang rawan, dan tulang keras (Price *et al.*, 2005; Price dan Allen, 2004). Regenerasi ranggah bersifat tahunan dan terjadi secara berulang disepanjang hidup *Cervidae* jantan. Tipe regenerasi ranggah tersebut dikenal dengan regenerasi *epimorphic* (Li *et al.*, 2004). Fenomena tersebut dipengaruhi oleh keberadaan testosteron dengan konsentrasi berbeda sesuai dengan tahapan regenerasi ranggah (Suttie *et al.*, 1992; Li *et al.*, 2003).

Lepas ranggah (*casting*) muncak M1 dan M2 sebelum pengamatan morfologi dan morfometri pertumbuhan RV terjadi pada tanggal 18 dan 19 Januari 2009 (M1), dan tanggal 12 dan 13 Desember 2009 (M2) dengan urutan *casting* pertama adalah RK *dexter* dan diikuti RK *sinister*. Periode *casting* berikutnya terjadi pada bulan Maret 2010 (M1) dan Oktober 2010 (M2). Menurut Goss *et al.* (1992), proses *casting* terjadi akibat terjadinya resorpsi matriks tulang oleh osteoklas di bagian distal pedikel dan menimbulkan luka dan perdarahan ringan. Luka bekas *casting* di bagian proksimal pedikel selanjutnya membentuk blastema (Gambar 1a), yaitu sebagai titik awal regenerasi ranggah baru. Blastema merupakan cekungan bekas *casting* di permukaan pedikel yang secara cepat terisi oleh darah, namun luka tersebut segera ditutupi oleh lapisan kulit tipis (kulit *velvet*) dalam beberapa jam setelah *casting* (Price dan Allen, 2004; Price *et al.*, 2005). Secara histologi, blastema terdiri atas kumpulan sel berbentuk kerucut yang berhubungan langsung dengan kulit *velvet* (Li *et al.*, 2004). Walaupun Price dan Allen (2004) dan Price *et al.* (2005) melaporkan bahwa blastema merupakan titik awal pertumbuhan RV, namun Li *et al.* (2004) menyatakan bahwa bagian distal pedikel bekas *casting* lebih potensial sebagai lokasi regenerasi ranggah baru dibandingkan bagian proksimalnya (blastema). Mekanisme regenerasi RV menurut tersebut melibatkan aktivitas *stem cell* yang mengalami diferensiasi osteogenik dan kondrogenik bagian periosteum di distal pedikel (Kierdorf *et al.*, 2003).

Epitelisasi luka blastema pada kedua muncak penelitian mencapai maksimal pada hari ke 10-12 setelah *casting* dan menandakan dimulainya proses pertumbuhan RV di bagian

anterior pedikel untuk posisi RVC dan bagian posterior untuk RVU. Awal pertumbuhan RVC ditandai dengan pembengkakan (Gambar 1a) di bagian anterior pedikel dan selanjutnya membentuk protuberansia pada hari ke-14 (Gambar 1b). Pertumbuhan RVC muncak berlangsung lebih awal dibandingkan RVU yang baru muncul pada hari ke-18 setelah *casting*. Pertumbuhan RVU menyamai ukuran panjang dan diameter RVC pada hari ke-20 dan tumbuh secara progresif pada hari ke-22 (minggu ke-3) sampai hari ke-48 (minggu ke-9) diikuti dengan pembengkokan ranggah di bagian proksimal RV (Gambar 1c dan 1d). Pada periode tersebut terjadi proses osifikasi endokondral (Price dan Allen, 2004; Price *et al.*, 2005) yang dimulai dari bagian distal ranggah (RVU dan RVC). Osifikasi endokondral bergerak ke arah proksimal RV yang terbagi atas empat zona, yaitu zona proliferasi, maturasi, hipertrofi, dan kalsifikasi (Banks dan Newbry disitasi Price *et al.*, 2005). Setelah periode tersebut pertumbuhan ranggah muncak berlangsung lambat dan diikuti *shedding* pada hari ke-76 periode RV (Gambar 1e). Pada tahap ini terjadi formasi tulang ranggah yang ditandai dengan diferensiasi osteoblas dari populasi osteoblas progenitor di bagian perivaskular jaringan kartilago. Pada saat yang bersamaan terjadi pula osifikasi intramembran di sekitar batang RV (Price *et al.*, 2005). Akhir dari osifikasi intramembran tersebut menghasilkan struktur ranggah yang kokoh dan menyerupai struktur tulang keras, berwarna krem yang menandakan muncak jantan telah memasuki periode RK (Gambar 1f).

Tidak terdapat perbedaan morfologi dari urutan pertumbuhan RV dari kedua individu muncak penelitian. Periode RV pada muncak penelitian berlangsung lebih cepat (M1 104 hari dan M2 98 hari) dibandingkan *Cervidae* jantan lainnya, yaitu rusa sambar selama $136 \pm 29,8$ hari (Semiadi, 1993), rusa timor selama $155,75 \pm 7,13$ hari (Handarini, 2006), dan *roe deer* selama 193 ± 10 hari (Sempere dan Boissin, 1981). Adanya variasi durasi pertumbuhan RV antara muncak dan *Cervidae* jantan lainnya diduga karena perbedaan spesies, perbedaan berat badan serta bentuk dan ukuran ranggah. Muncak jantan memiliki bentuk ranggah bercabang dua dengan ukuran yang lebih kecil dibandingkan *Cervidae* jantan lainnya dengan ukuran dan berat lebih besar dan memiliki cabang yang lebih banyak.

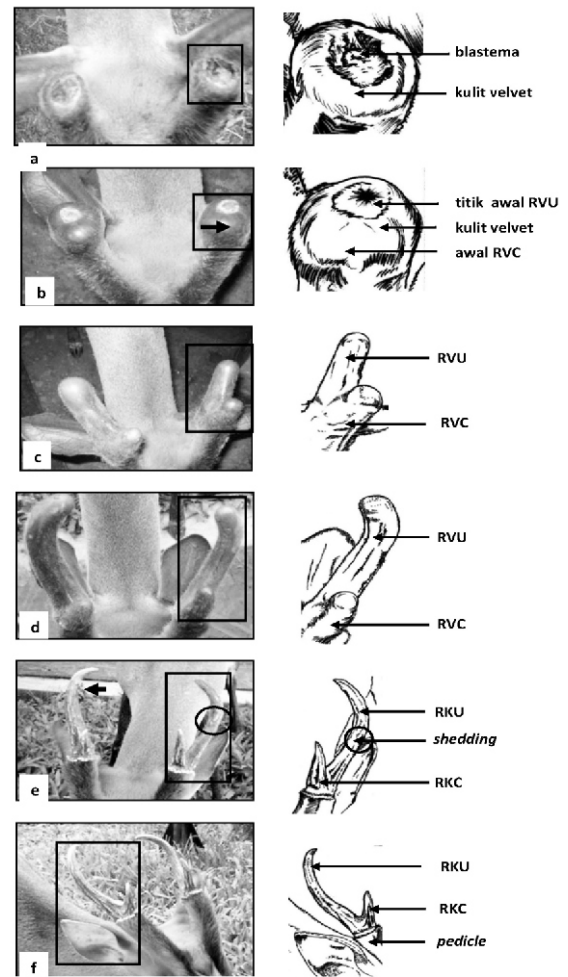
Morfometri Pertumbuhan Ranggah Velvet

Rataan ± SD panjang dan diameter RVU dan RVC *dexter et sinister* dari dua individu muncak jantan (M1 dan M2) tercantum pada Gambar 2. Awal pengukuran pertumbuhan RV *dexter et sinister* dimulai pada saat ranggah telah bercabang dengan ukuran rata-rata ± SD muncak M1 (Gambar 2a) adalah RVU 51,83±0,56 mm dan RVC 26,21±0,81 mm, dengan diameter RVU 24,32±0,62 mm dan RVC 15,83±0,16 mm. Sedangkan ukuran awal RV muncak M2 adalah 49,5±1,10 mm (RVU) dan 25,19±3,94 mm (RVC), dengan diameter 23,99±1,12 mm (RVU) dan 17,54±2,41 mm (RVC) (Gambar 2b). Pengambilan data pertumbuhan RV tidak dapat dilakukan lebih awal dari pengukuran pertama dilakukan, hal ini disebabkan RV yang baru tumbuh sangat lunak dan mudah terluka. Abnormalitas ranggah keras (RK) dapat terjadi apabila terjadi perlukaan diawal pertumbuhan RV, seperti yang dilaporkan pada *rocky mountain elk* (*Cervus elaphus nelsoni*) (Rachlow *et al.*, 2003). Selain itu muncak menjadi sangat sensitif pada periode setelah lepas ranggah dan awal pertumbuhan RV, namun demikian pengamatan dan pemotretan terhadap morfologi tahapan pertumbuhan RV segera dilakukan setelah *casting*.

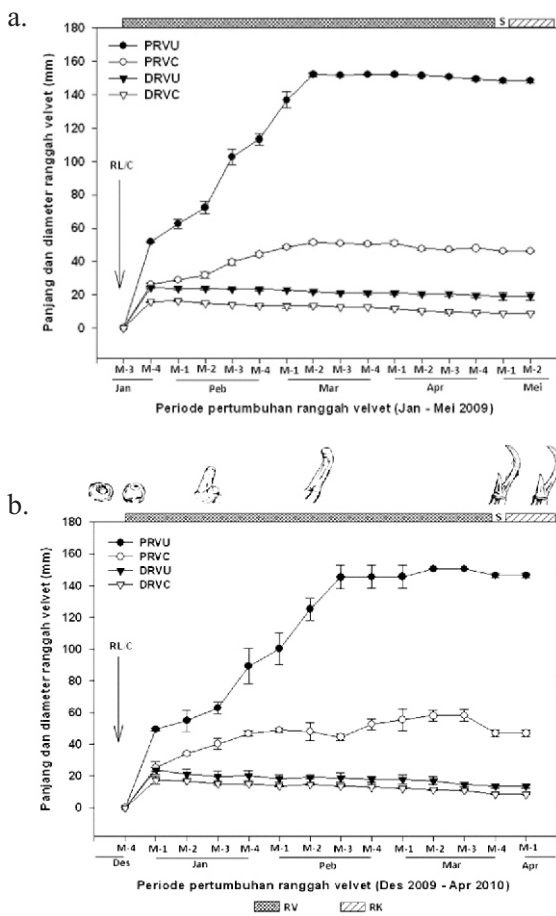
Pengukuran pertumbuhan RVU dan RVC *dexter et sinister* muncak M1 dan M2 dihentikan pada saat *shedding* berakhir. Rataan ±SD panjang maksimum RVU dan RVC muncak M1 secara berurutan adalah 148,25±1,12 mm dan 46,26±0,68 mm, dengan diameter 19,21±2,35 mm dan 9,12±0,21 mm (Gambar 2a). Sedangkan panjang maksimum RVU dan RVC muncak M2 secara berurutan adalah 146,44±1,58 mm dan 46,94±1,97 mm, dengan diameter 13,65±1,27 mm dan 8,49±0,29 mm (Gambar 2b). Pertumbuhan panjang RV menunjukkan peningkatan sejak periode awal ranggah lepas/*casting* (RL/C) yang terjadi pada bulan Januari 2009 (M1) dan bulan Desember 2009 (M2) sampai RV memasuki masa *shedding*.

Ukuran diameter ranggah tertinggi terjadi di awal pertumbuhan RV, yaitu sekitar 10-15 hari setelah RL/C. Namun ukuran tersebut mulai menurun pada awal Pebruari 2009 (M1) dan pertengahan Januari 2010 (M2) dan semakin mengecil menjelang *shedding*. Penurunan ukuran diameter terjadi seiring peningkatan konsentrasi testosteron yang mengakibatkan pertumbuhan endokondral RV terhenti dan kalsifikasi RV mencapai maksimal. Akibatnya, kulit *velvet* menjadi tipis, kering dan akhirnya terkelupas atau *shedding* (Price *et al.*, 2005). Terjadinya *shedding* menandakan

muncak jantan mulai memasuki periode RK yang merupakan periode terpanjang dari satu siklus pertumbuhan ranggah. Periode pertumbuhan RV muncak M1 berlangsung lebih lama (104 hari) dibandingkan muncak M2 (98 hari). Perbedaan lama pertumbuhan tersebut diduga berhubungan dengan faktor umur, berat badan dan postur tubuh muncak yang selanjutnya berpengaruh terhadap bentuk dan ukuran RV dan RK baru, seperti yang dimiliki muncak M1 yang berumur lebih tua (4 tahun), berat badan lebih tinggi (19,5 kg) dan postur tubuh lebih besar dibandingkan M2.



Gambar 1. Pertumbuhan ranggah velvet pada muncak jantan penelitian (M2) berikut tanggal pemotretan setiap tahapan pertumbuhan RV. (a) bagian proksimal *pedicle post casting* membentuk blastema, 13-12-2009; (b) awal pertumbuhan ranggah velvet cabang (RVC) (tanda panah), 28-12-2009; (c) Pertumbuhan ranggah velvet utama (RVU) dan RVC, 23-01-2010; (d) ukuran panjang RVU meningkat, 13-02-2010; (e) pertumbuhan RVU dan RVC mencapai maksimal ditandai dengan; pengelupasan kulit velvet (*shedding*) (tanda panah), 02-04-2010; (f) muncak memasuki periode RK, 18-04-2010. RKU=ranggah keras utama; RKC=ranggah keras cabang.



Gambar 2. Pertumbuhan ranggah velvet muncak (*Muntiacus muntjak muntjak*). Rataan \pm SD pertumbuhan panjang dan diameter RVU dan RVC dexter et sinister per minggu (M-1 sampai M-4) setelah casting sampai shedding: Ukuran maksimum ranggah pada kedua muncak tercapai setelah proses shedding berakhir. (A) muncak M1, dan (B) muncak M2. PRVU=panjang ranggah velvet utama; PRVC=panjang ranggah velvet cabang; DRVU=diameter ranggah velvet utama; DRVC=diameter ranggah velvet cabang; RL/C=ranggah lepas/casting; RV=ranggah velvet; S=shedding; dan RK=ranggah keras.

Menurut Bartos (1980), pertumbuhan RV pada *Cervidae* jantan berlangsung di bawah kontrol testosteron, sedangkan menurut Suttie *et al.* (1988), peningkatan ukuran RV secara progresif berlangsung di bawah kontrol *insuline growth factor-1* (IGF-1). Penelitian lain dari Bartos *et al.* (2009), menyimpulkan bahwa peningkatan IGF-1 berhubungan erat dengan peningkatan berat badan yang terjadi secara bersamaan dengan periode pertumbuhan RV pada *Cervidae* jantan muda. Namun pada *Cervidae* jantan yang telah matang (dewasa) konsentrasi IGF-1 lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi testosteron.

Walaupun testosteron berperan penting sebagai regulator siklus ranggah, namun perbedaan konsentrasi hormon tersebut diduga lebih dipengaruhi oleh faktor umur yang secara langsung akan menentukan tingkat dominansi di antara jantan. *Cervidae* jantan dominan berumur lebih tua (matang), postur tubuh lebih besar, dan memiliki ranggah yang lebih besar dan kokoh serta memiliki konsentrasi testosteron yang lebih tinggi dibandingkan jantan subordinan (Forand *et al.* 1986; Semiadi *et al.*, 2003; Ungerfeld *et al.*, 2008; Versiani *et al.*, 2009). Kondisi seperti tersebut telah dilaporkan pada rusa timor (*Cervus timorensis*), bahwa rusa jantan yang lebih tua (matang) dengan berat badan yang paling tinggi memiliki ukuran ranggah yang lebih besar, panjang dan kokoh (Handarini *et al.*, 2004), serta pada spesies *Cervidae* jantan lainnya. Penelitian ini memperlihatkan bahwa muncak M1 yang berumur 4 tahun, berat badan 19.5 kg dan postur tubuh lebih besar, memiliki ukuran RV dan durasi pertumbuhan RV lebih lama dari pada muncak M2 (umur 2 tahun, berat badan 17 kg) dengan postur tubuh lebih kecil. Besar kemungkinan muncak M1 adalah jantan dominan, namun demikian masih diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui tingkat dominansi antara M1 dan M2 yang didukung dengan profil testosteron pada setiap periode pertumbuhan ranggah (*casting*, RV, *shedding*, dan RK).

KESIMPULAN

Perbedaan umur, berat badan, dan postur tubuh antara muncak M1 dan M2 berpengaruh terhadap panjang dan diameter maksimum RV, durasi pertumbuhan RV serta bentuk RK baru setelah pengelupasan kulit velvet. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui sejauh mana keterlibatan faktor dominansi dan konsentrasi testosteron terhadap morfologi dan morfometri pertumbuhan RV pada muncak jantan.

DAFTAR PUSTAKA

Bartos, L. 1980. The date of antler casting, age and social hierarchy relationships in the red deer stag. **Behavior Processes**. 5:293-301.
 Bartos, L., D. Schams, and G.A. Bubenik. 2009. Testosterone, but not IGF-1, LH, prolactin or cortisol, may serve as antler-stimulating hormone in red deer stags (*Cervus elaphus*). **Bone**. 44:691-698.
 Bubenik, G.A. 2006. Seasonal regulation of deer reproduction as related to the antler cycle-a review. **Veterinarski Arhiv. Suppl.** 76:275-285.

- Chapman, N.G. and S. Harris. 1991. Evidence that the seasonal antler cycle of adult reeves' muntjac (*Muntiacus reevesi*) is not associated with reproductive quiescence. **J. Reprod. Fert.** 92:361-369.
- Fennessy, P.F. and J.M. Suttie. 1985. Antler Growth: Nutritional and Endocrine Factors. In Biology of Deer Production. Fennessy P.F. and K.R. Drew (eds). **New Zealand Bull.** 22:239-250.
- Forand, K.J., R.L. Marchinton, and K.V. Miller. 1985. Influence of dominance rank on the antler cycle of white-tailed deer. **Journal of Mammalian.** 66:58-62.
- Goss, R.J., A. Van Praagh, and P. Brewer. 1992. The mechanism of antler casting in the fallow deer. **Journal of Experimental Zoology.** 264:429-436.
- Handarini, R., W.M.M. Nalley, G. Semiadi, S. Agungpriyono, Subandriyo, B. Purwantara, dan M.R. Toelihere. 2004. Penentuan Masa Aktif Reproduksi Rusa Timor Jantan (*Cervus timorensis*) Berdasarkan Kualitas Semen Dan Tahap Pertumbuhan Ranggahnya. Puslitbang Peternakan, Bogor.
- Handarini, R. 2006. Pola dan siklus pertumbuhan ranggah rusa timor jantan (*Cervus timorensis*). **Jurnal Agribisnis Peternakan.** 2:28-35.
- Li, C., J.M. Suttie, and D.E. Clarck. 2004. Morphological observation of antler regeneration in red deer (*Cervus elaphus*). **Journal of Morphology.** 262:731-740.
- Li, C., R.P. Littlejohn, I.D. Corson, and J.M. Suttie. 2003. Effect of testosterone on pedicle formation and its transformation to antler in castrated male, freemartin and normal female red deer (*Cervus elaphus*). **General and Comparative Endocrinology.** 131:21-31.
- Kierdorf, U. and H. Kierdorf. 2010. Deer antlers-a model of mammalian appendage regeneration: an extensive review. **Gerontology.** 57:53-65.
- Kierdorf, U., E.S. Stoffels, D. Stoffels, H. Kierdorf, T. Szuwart, and G. Clemen. 2003. Histological studies of bone formation during pedicle restoration and early antler regeneration in roe deer and fallow deer. **The Anatomical Record.** 273A:741-751.
- Pei, K.J., K. Foresman., B.T. Liu, L.H. Hong, and J.Y.L. Yu. 2009. Testosterone levels in male Formosan Reeve's muntjac: uncoupling of the reproduction and antler cycles. **Zoological Studies.** 48:120-124.
- Pereira, R.J., J.M.B. Duarte, and J.A. Negro. 2005. Seasonal changes in fecal testosterone concentrations and their relationship to the reproductive behavior, antler cycle and grouping patterns in free-ranging male pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus bezoarticus*). **Theriogenology.** 63:2113-2125.
- PHKA. 1999. **Peraturan Perundang-undangan Bidang Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam.** Sekretariat Dirjen PHKA Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Price, J.S., S. Allen, C. Faucheux, T. Althnaian, and J.G. Mount. 2005. Deer antlers: a zoological curiosity or the key to understanding organ regeneration in mammals?. **Journal of Anatomy.** 207:603-618.
- Price, J. and S. Allen. 2004. Exploring the mechanisms regulating regeneration of deer antlers. **Philosophical Transaction Royal Society London.** 359:809-822.
- Rachlow, J.L., R.M. Lee, and R.K. Riley. 2003. Abnormal antler and pedicle on rocky mountain elk in northern Arizona. **The Southwestern Naturalist.** 1:147-152.
- Semiadi, G. 1997. Karakteristik ranggah pada rusa timorensis (*Cervus timorensis*). **Biota.** II:82-87.
- Semiadi, G., K. Subekti, I.K. Utama, B. Masy'ud, dan L. Affandi. 2003. Antler's growth of endangered and endemic bawean deer (*Axis kuhlii* Muller and Schlegel, 1842). **Treubia.** 33:89-95.
- Sempere, A.J. and J. Boissin. 1981. Relationship between antler development and plasma androgen concentration in adult roe deer (*Capreolus capreolus*). **Journal of Reproduction and Fertility.** 62:49-53.
- Suttie, J.M., P.F. Fennessy, I.D. Corson, B.A. Veenvliet, R.P. Littlejohn, and K.R. Lapwood. 1992. Seasonal pattern of luteinizing hormone and testosterone pulsatile secretion in young adult red stags (*Cervus elaphus*) and its association with the antlercycle. **J. Reprod. Fert.** 95:925-933.
- Ungerfeld, R., U.T. Gonzalez-Sierra, and A. Bielli. 2008. Seasonal antler cycle in a herd of pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) in uruguay. **Mammalian Biology.** 73:388-391.
- Versiani, N.F., R.J.G. Pereira, and J.M.B. Duarte. 2009. Annual variation in fecal androgen metabolites and antler cycle of captive red brocket bucks (*Mazama americana*) in Southeast Brazil. **European Journal Wildlife Research.** 55:535-538.