

Kinerja Birahi Kambing yang Mengalami Induksi Superovulasi dengan Anti-Inhibin

(Estrous of Goats Undergone Superovulation Induction with Anti-inhibin)

TN Siregar^{1*} dan T Armansyah²

¹Laboratorium Reproduksi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala.

²Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala

*Penulis korespondensi email: tongku_ns@yahoo.com

Abstract. Estrous performance of goats underlying superovulation induction with anti-inhibin was done using anti-inhibin induction on rabbit. Twenty four goats used in this research that divided four groups namely P₀ (control), P₁ (immunization at days of 4 cycle), P₂ (immunization at days of 9 cycle) and P₃ (immunization at days of 13 cycle). Immunization on groups was done with injection of 500 µg antibody against inhibin after synchronize before that. Estrous synchronization using injection 0.5 ml cloprostenol (EstronTM, Bioveta) two times with interval 10 days. Twenty four hours after immunization, all of goats injection of cloprostenol with same doses. Estrous observation was done after injection of cloprostenol later three times a days. Collection of blood was done at estrous (to analyze of estradiol concentration) and at days of 7 cycle (to analyze of progesterone concentration). All f goats after treatment showed estrous behavior as swelling around the vulva and redness, a thin mucous discharge from vulva, social behaviors, and showed mounted. Awal of estrous on P₀, P₁, P₂, and P₃ groups were 35.00±7.01; 28.67±4,50; 27.67±4.76; and 29.67±5.86 hours, respectively and revealed no significant difference between control and treatment groups. Duration of estrous on P₀, P₁, P₂, and P₃ were 36.67±3.27; 49.33±3.20; 50.33±10.23; and 53.67±11.96 hours, respectively and revealed significant difference (P<0.05) between P₂ and P₃ with P₀ and P₁. Length of cycle on P₀, P₁, P₂, and P₃ groups were 20.33±1.75; 19.33±0.82; 19.33±2.50; and 20.83±2.56, respectively and revealed no significant difference between control and treatment groups.

Key Words: anti-inhibin, goats, superovulation, synchronization

Pendahuluan

Populasi ternak kambing di wilayah Asia dan Pasifik Selatan sampai tahun 1990-an mencapai 294,4 juta ekor dengan angka pertumbuhan hanya sekitar 0,2%. Jumlah ini merupakan 52,9% dari total populasi kambing dunia. Di Pulau Jawa, jumlah rumah tangga petani yang memelihara ternak kambing mencapai 30%. Dengan kenyataan tersebut ternak kambing memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber produk asal ternak di Indonesia (Suyadi, 2003). Salah satu upaya meningkatkan potensi reproduksi kambing adalah melalui penerapan teknologi transfer embrio. Tahapan penting dalam proses transfer embrio adalah superovulasi yang merupakan upaya manipulasi folikulogenesis sehingga jumlah ovulasi meningkat dibanding normal.

Mekanisme fisiologis yang bertanggung-jawab untuk membatasi perkembangan dan

ovulasi pada induksi superovulasi kambing tidak sepenuhnya diketahui. Secara umum diketahui bahwa folikel dominan yang terdapat pada gelombang pertumbuhan folikel bertanggung jawab mensupresi folikel yang lebih kecil melalui hambatan sekresi FSH (McCue *et al.*, 1992). Kambing memiliki 4 gelombang pertumbuhan folikel yaitu gelombang 1, 2, 3, dan 4 masing-masing pada hari 0,6±0,3, 4,7±0,2, 9,0±0,5, dan 13,4±0,5) (Medan *et al.*, 2003).

Peningkatan level FSH dideteksi sekitar hari emergensi gelombang pertumbuhan folikel. Level FSH mempunyai korelasi negatif dengan inhibin. Peningkatan konsentrasi inhibin terjadi pada setiap gelombang folikel (Medan *et al.*, 2003). Penurunan level FSH akan menyebabkan atresi folikel yang lebih kecil. Pemeliharaan level FSH selama fase folikuler kemungkinan akan mampu mencegah regresi atau atresi

folikel yang lebih kecil dan akan menghasilkan superovulasi.

Sampai saat ini terdapat 2 jenis hormon gonadotropin yang paling sering digunakan untuk tujuan superovulasi yakni PMSG atau FSH. Kedua hormon ini masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Bila dibandingkan dengan penggunaan PMSG, respon ovarium terhadap hormon FSH biasanya lebih baik karena lebih banyak menghasilkan ovulasi, jumlah folikel anovulasi lebih sedikit, lebih banyak embrio yang dapat diperoleh, dan kualitas embrio lebih baik. Kelemahan dari FSH adalah sukar diperoleh di pasar domestik, harganya relatif mahal, dan pemberiannya harus berulang-ulang sehingga mengakibatkan stres dan menurunkan kualitas embrio (Putro, 1996).

Respon ovulasi akibat pemberian gonadotropin pada kambing telah dilaporkan banyak peneliti dengan hasil yang bervariasi, namun secara umum kualitas embrio yang dihasilkan tergolong rendah. Induksi superovulasi kambing prepuber dengan PMSG menghasilkan rata-rata ovulasi sebesar $3,40 \pm 1,34$ dengan kualitas embrio yang rendah (Siregar *et al.*, 2004). Pada kambing dewasa, jumlah ovulasi hasil induksi dengan PMSG adalah sebesar $3,6 \pm 1,14$ (Triana *et al.*, 1996). Respon superovulasi pada kambing menggunakan FSH menghasilkan jumlah folikel yang berkembang lebih banyak yakni $11,90 \pm 1,87$ (Selvaraju *et al.*, 2003).

Strategi alternatif untuk mengatasi kelemahan pemberian gonadotropin eksogenus untuk tujuan induksi *superovulasi* adalah meningkatkan FSH endogenus melalui eliminasi faktor gonad yang menghambat sekresi FSH. Inhibitor utama sekresi FSH adalah inhibin (Taya *et al.*, 1996). Imunoneutralisasi inhibin akan mengakibatkan sekresi FSH yang berlebihan dan jumlah folikel yang ovulasi akan lebih banyak dari normal. Hal inilah yang menjadi dasar alternatif superovulasi melalui imunisasi pasif menggunakan antiserum-inhibin.

Peningkatan konsentrasi inhibin terjadi pada setiap gelombang folikel. Pemberian imunisasi pada saat tersebut menimbulkan konsekuensi netralisasi terhadap efek supresi inhibin terhadap sintesis dan sekresi FSH (Bleach *et al.*, 2001; Kaneko *et al.*, 1995; Weltz *et al.*, 2001).

Terdapat perbedaan ukuran folikel dominan pada setiap gelombang pertumbuhan folikel (Medan *et al.*, 2003). Hal ini mengindikasikan bahwa kehadiran folikel dominan dan produksi estrogen adalah berbeda pada tiap gelombang yang mungkin disebabkan perbedaan sekresi inhibin dan FSH. Oleh karena itu, waktu induksi akan menentukan keberhasilan respon superovulasi. Salah satu indikator yang digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu agen superovulasi adalah bahwa agen tersebut diharapkan tidak merubah performansi birahi kambing. Perubahan performansi birahi akan berdampak pada perubahan keseimbangan hormonal. Gangguan keseimbangan hormonal mempunyai pengaruh terhadap kualitas embrio yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kinerja birahi kambing lokal yang mengalami induksi superovulasi dengan anti-inhibin.

Metode Penelitian

Materi Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan 24 ekor kambing betina dengan kriteria sehat secara klinis, sudah pernah beranak, umur 1,5-3,0 tahun dan memperlihatkan siklus reguler minimal 2 siklus dan berada pada galur kesuburan yang sama.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola satu arah. Seluruh kambing dikelompokkan ke dalam 4 kelompok perlakuan, 1 kontrol dan 3 perlakuan. Pengelompokan didasarkan atas waktu imunisasi (hari ke-4, 9, dan 13 dari siklus). yaitu P₀ (kontrol), P₁ (imunisasi hari ke-4 siklus), P₂ (imunisasi hari ke-9 siklus) dan P₃ (imunisasi hari ke-13 siklus). Tiap kelompok terdiri dari 6 ekor kambing. Sebelum imunisasi, seluruh kambing disinkronisasi dengan dosis 0,5 ml cloprostenol (EstronTM, Bioveta). Penyuntikan dilakukan 2 kali dengan interval 10 hari. Setelah birahi, hewan diimunisasi dengan 500 µg anti-inhibin sesuai dengan kelompok perlakuan. Empat puluh delapan jam setelah imunisasi, masing-masing kambing diinjeksi kembali dengan dosis luteolitik (0,5 ml) cloprostenol secara intramuskular. Untuk kelompok kontrol, hanya diinjeksi dengan cloprostenol 2 kali

dengan interval 10 hari. Pengamatan estrus diamati 3 kali sehari yakni pukul 06.00, 12.00 dan 18.00 WIB secara visual dan dibantu dengan pejantan. Pengamatan estrus dilakukan setelah injeksi cloprostenol terakhir. Pengamatan didasarkan atas gejala-gejala birahi yang timbul seperti pembengkakan dan kemerahan pada vulva, urinasi yang berlebihan, perubahan tingkah laku, keluarnya lendir transparan dari vulva dan diam ketika dinaiki oleh pejantan. Anti-inhibin dihasilkan dari sel granulosa sesuai dengan metode yang dikembangkan oleh Siregar *et al.* (2005)

Analisis Data

Data deskripsi birahi dilaporkan secara deskriptif, sedang data kinerja birahi yang meliputi awal dan lama birahi serta lama siklus dianalisis menggunakan analisis varians satu arah (Stell dan Torrie, 1990).

Hasil dan Pembahasan

Semua kambing yang mendapat perlakuan imunisasi inhibin yang diikuti dengan injeksi cloprostenol memperlihatkan gejala birahi yang khas. Dari 24 ekor kambing betina 87,5% menunjukkan vulva kemerahan, 58,3% memperlihatkan pembengkakan vulva 50,0% mengeluarkan lendir transparan, 83,3% memperlihatkan perubahan tingkah laku (urinasi yang berlebihan, mengembik terus-menerus, atau gelisah) dan 100% mau dinaiki seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Timbulnya estrus adalah akibat injeksi prostaglandin dan kemungkinan tidak dipengaruhi oleh imunisasi inhibin. Injeksi tunggal prostaglandin akan menghasilkan 80% kambing birahi sedang injeksi kedua yang dilakukan 10 hari kemudian akan menghasilkan

100% estrus (Siregar, 2001). Nuti *et al.* (1992) juga melaporkan hal yang sama. Semua kambing memperlihatkan gejala birahi setelah pemberian PGF2 α pada hari ke-12 setelah birahi akibat pemberian PGF2 α pertama. Timbulnya birahi akibat pemberian PGF2 α disebabkan lisisnya korpus luteum oleh kerja vasokonstriksi PGF2 α sehingga aliran darah menuju korpus luteum menurun secara drastis (Toelihere, 1981). Akibatnya, kadar progesteron yang dihasilkan korpus luteum dalam darah menurun. Penurunan kadar progesteron ini akan merangsang hipofisa anterior melepaskan FSH dan LH. Kedua hormon ini bertanggung jawab dalam proses folikulogenesis dan ovulasi, sehingga terjadi pertumbuhan dan pematangan folikel. Folikel-folikel tersebut akhirnya menghasilkan hormon estrogen yang mampu memanifestasikan gejala birahi (Hafez dan Hafez, 2000). Kerja hormon estrogen adalah untuk meningkatkan sensitivitas organ kelamin betina yang ditandai perubahan pada vulva dan keluarnya lendir transparan (Lammoglia *et al.*, 1998).

Tingginya respon birahi pada penyuntikan kedua disebabkan PGF2 α efektif untuk penyerentakan birahi mulai fase pertengahan luteal. Kambing-kambing yang tidak berada pada fase ini pada penyuntikan pertama akan memasuki fase luteal pada penyuntikan kedua. Hormon PGF2 α efektif dalam meregresi korpus luteum fungsional tidak pada korpus luteum yang sedang tumbuh (Partodihardjo, 1987).

Tanda-tanda birahi pada penelitian ini hampir sama dengan yang dilaporkan Siregar *et al.* (2004) yakni vulva merah dan bengkak, keluar lendir, mau dinaiki, dan perubahan tingkah laku.

Tabel 1. Deskripsi birahi kambing setelah imunisasi inhibin yang diikuti dengan injeksi cloprostenol

Kriteria	Jumlah kambing (ekor)	Persentase (%)
Vulva merah	21	87,5
Vulva bengkak	14	58,3
Lendir	12	50,0
Perubahan tingkah laku	20	83,3
Mau dinaiki	24	100,0

Sumoprastowo (1980) menyatakan tanda-tanda birahi pada kambing adalah gelisah, ekor diangkat dan digerakkan ke kiri dan ke kanan, berusaha mendekati kambing jantan, mengembik, vulva bengkak dan berwarna kemerahan, bila diraba terasa hangat serta mengeluarkan cairan yang jernih.

Awal birahi pada seluruh kelompok perlakuan terlihat pada Tabel 2. Awal birahi dari 24 ekor kambing bervariasi mulai 24-42 jam. Awal birahi dihitung mulai pada saat kambing betina bersedia dinaiki pejantan pertama kali, meskipun sebelumnya telah muncul gejala-gejala birahi yang lain. Hasil analisis statistik menunjukkan tidak terdapat pengaruh waktu perlakuan terhadap awal birahi kambing.

Awal birahi perlu diketahui untuk keberhasilan inseminasi setelah induksi terutama apabila dilakukan induksi pada ternak dalam jumlah besar. Siregar *et al.* (1999) melaporkan awal birahi setelah diinduksi dengan PMSG yang diikuti injeksi PGF2 α pada kambing prepuber. Awal birahi kambing pada kelompok umur 4-5 dan 6-7 bulan masing-masing adalah 36,50 \pm 9,94 dan 28,17 \pm 3,48 jam.

Data awal birahi lain pada kambing adalah 37 \pm 2,56 jam (Sumandia, 1988) dan 37,75 \pm 9,30 jam (Purwanti, 1989). Awal birahi pada penelitian ini bila dibandingkan dengan penelitian lain terlihat lebih singkat. Hal ini kemungkinan disebabkan perbedaan pola pengamatan. Perbedaan awal birahi dapat juga disebabkan perbedaan individu ternak. Siregar *et al.* (1999) membuktikan kecenderungan perbedaan umur ternak akan mempengaruhi awal birahi.

Meskipun secara statistik tidak terlihat pengaruh imunisasi dengan anti-inhibin terhadap awal birahi, namun bila dilihat secara terperinci terdapat kecenderungan imunisasi akan mempercepat timbulnya awal birahi. Imunisasi kemungkinan akan menyebabkan tingginya level FSH sehingga rangsangan terhadap pertumbuhan folikel dan produksi estradiol akan cepat dicapai. Jimenez-Krassel *et al.* (2003) membuktikan bahwa imunisasi terhadap inhibin akan menyebabkan peluang

folikel yang secara fisiologis harus atresi menjadi folikel dominan dan menghasilkan estrogen menjadi besar. Pada folikel dominan, imunisasi mempunyai efek peningkatan kapasitas sel granulosa menghasilkan estradiol. Hal ini menyebabkan produksi estradiol akan lebih cepat mencapai maksimal untuk memanifestasikan gejala birahi. Hal ini telah dibuktikan oleh Medan *et al.* (2004), bahwa awal birahi sapi lebih cepat pada kelompok perlakuan imunisasi dibanding dengan kontrol (58,3 \pm 7,9 vs 77,1 \pm 5,5 jam).

Lama birahi dalam penelitian ini dihitung mulai saat kambing diam waktu dinaiki oleh pejantan pendeteksi. Lama birahi bervariasi mulai 32-70 jam. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh waktu pemberian terhadap lama birahi kambing ($P < 0,05$). Seluruh kambing memperlihatkan gejala birahi pada siklus berikutnya dengan lama siklus bervariasi mulai 16-24 hari. Tidak ada pengaruh waktu pemberian terhadap lama siklus kambing.

Lama birahi yang diperoleh pada penelitian ini masih tergolong normal. Mngongo (1987) melaporkan lama birahi pada kambing Afrika Timur yang disinkronisasi dengan PGF2 α adalah 32,40 \pm 3,60; Purwanti (1989) 43,75 \pm 12,27; Manu (1991) 35,18 \pm 6,80; Sunaryo (1994) 32,50 \pm 2,50; dan Uly (1997) 39,20 \pm 5,66 jam. Adanya sedikit perbedaan mungkin disebabkan oleh variasi bangsa dan umur. Toelihere (1981) menambahkan bahwa variasi lama birahi dapat disebabkan oleh variasi sewaktu observasi birahi. Selanjutnya Britt (1993) menerangkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi lama birahi meliputi bangsa, umur, dan musim. Chemineau *et al.* (1992) menunjukkan bahwa lama birahi pada kambing Alpine adalah sekitar 36 jam.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan terhadap lama birahi kambing. Kelompok kontrol memiliki lama yang lebih pendek dibanding kambing yang diimunisasi dengan inhibin 500 μ g ($P < 0,05$).

Tabel 2. Performansi birahi kambing setelah imunisasi dengan anti-inhibin yang diikuti injeksi cloprostenol

Kelompok	Birahi		Lama Siklus (hari)
	Awal (jam)	Lama (jam)	
P ₀	35,00±7,01	36,67±3,27 ^a	20,33±1,75
P ₁	28,67±4,50	49,33±3,20 ^{ab}	19,33±0,82
P ₂	27,67±4,76	50,33±10,23 ^b	19,33±2,50
P ₃	29,67±5,86	53,67±11,96 ^b	20,83±2,56

^{a,ab} Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama memperlihatkan perbedaan yang nyata (P<0,05)

Tidak ada perbedaan lama birahi antara kontrol dengan P₁. Pengaruh imunisasi ini kemungkinan mempunyai efek yang sama dengan pemberian superovulasi dengan PMSG. Akibat level FSH yang tetap tinggi maka akan terjadi transformasi folikel yang tidak aktif menjadi folikel fase pertumbuhan dengan proliferasi sel granulosa, bertambahnya cairan folikel dalam antrum dan sekresi hormon estrogen. Level FSH yang tetap tinggi akan mengaktifasi folikel atresi sehingga lama birahi menjadi lebih lama.

Kambing-kambing yang memperlihatkan birahi setelah imunisasi yang diikuti dengan injeksi PGF2 α seluruhnya memperlihatkan gejala birahi kembali pada siklus berikutnya dengan interval 16-26 hari. Keadaan tersebut masih tergolong normal berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh Tangenvelu dan Mukherjee (1982) yang disitasi Purwanti (1989) yang membagi 3 klasifikasi panjang siklus birahi yakni pendek (<15 hari), normal (15-28 hari), dan panjang (>28 hari).

Tidak ada perbedaan panjang siklus antara kontrol dengan perlakuan. Rata-rata lama siklus pada penelitian ini lebih panjang dibanding lama siklus yang diperoleh Siregar *et al.* (1999) yakni 17,67±1,53 hari. Hal ini kemungkinan disebabkan perbedaan umur kambing yang digunakan. Siregar *et al.* (1999) menggunakan kambing yang belum dewasa kelamin sedang pada penelitian ini digunakan kambing yang sudah mencapai umur dewasa kelamin. Madrid-Bury (1982) yang disitasi Purwanti (1989) menerangkan bahwa panjang siklus birahi pada betina dara akan lebih pendek dibanding betina muda, dan panjang siklus birahi betina muda (12-18 bulan) lebih pendek dibanding betina dewasa (2-6 tahun). Selain umur, panjang siklus juga dipengaruhi oleh musim. Cerbito *et al.* (1995) melaporkan hubungan antara panjang siklus dengan musim.

Pada musim hujan, dilaporkan kambing-kambing mempunyai persentase yang tinggi untuk mengalami siklus singkat.

Kesimpulan

Imunisasi inhibin tidak menyebabkan perubahan awal birahi dan lama siklus tetapi dapat memperpanjang lama birahi kambing.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DP2M DIKTI atas bantuan dana melalui Dana Penelitian Hibah Bersaing XIV Tahun 2006. Selanjutnya terimakasih kepada saudara Hafizuddin, Salman, Wahiduddin, Dian dan Burdah atas bantuan tenaga sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

- Bleach ECL, RG Glencross SA Feist, NP Groome, and PG Knight. 2001. Plasma inhibin A in heifer: Relationship with follicle dynamics, gonadotrophins, and steroid during estrous cycle and after treatment with bovine follicular fluid. *Biol. Reprod.* 64:743-752.
- Britt JH. 1993. Induction and synchronization of ovulation. In *Reproduction in Farm Animals*. 6th. Ed. E.S.E. hafez (ed.). Lea & Febiger Co. Philadelphia.
- Cerbito WA, NG Natural, FB Aglibut and K Sato. 1995. Evidence of ovulation in goats (*Capra hircus*) with short oestrous cycle and its occurrence in the tropics. *Theriogenology* 43:803-812.
- Chemineau P, A Daveau, F Maurice and JA Delgadillo. 1992. Seasonality of oestrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.* 8:299-312.

- Hafez B and ESE Hafez. 2000. *Reproduction in Farm Animals*. Lippincot Williams & Wilkins, Philadelphia, pp. 59-63.
- Jimenez-Krassel F, ME Winn, D Burns, JLH Ireland, and JJ Ireland. 2003. Evidence for a negative intrafollicular role for inhibin in regulation of estradiol production by granulosa cells. *Endocrinology* 144(5):1876-1886.
- Kaneko H, H Kishi, G Watanabe, K Taya, S Sasamoto, and Y Hasegawa. 1995. Changes in plasma concentration of immunoreactive inhibin, estradiol and FSH associated with follicular waves during the estrous cycle of the cow. *J. Reprod. Dev.* 42:311-320.
- Lammoglia MA, RE Short, SE Bellows, MD Macneil, and HD Hafs, 1998. Induced and synchronized estrus in cattle. *J. Anim. Sci.* 76:1662-1670.
- Manu AE. 1991. Pengaruh Pemberian PGF2 Alpha terhadap Sinkronisasi Birahi pada Ternak Kambing Kacang. Skripsi. Fapet, Undana.
- McCue PM, NJ Carney, P. Hughes, J Rivier, W Vale, and BL Lasley. 1992. Ovulation and embryo recovery rates following immunization of mare against an inhibin alpha-subunit fragment. *Theriogenology* 38:823-831.
- Medan MS, G Watanabe, K Sasaki, S Sharawy, NP Groome, and K Taya. 2003. Ovarian dynamics and their association with peripheral concentrations of gonadotrophins, ovarians steroids, and inhibin during the estrous cycle in goats. *Biol Reprod* 69(1):57-63.
- Medan MS, S Akagi, H Kaneko, G Watanabe, CG Tsonis and K Taya. 2004. Effects of re-immunization of heifers against inhibin on hormonal profiles and ovulation rate. *Reproduction* 128: 475-482.
- Mngongo FOK. 1987. Doses of prostaglandin analogue "cloprostanol" intravulvasubmucosal (IVSM) injection effective for the induction oestrous in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 14:139-146.
- Nuti LC, KN Bretzlaff, RG Elmore, SA Meyers, JN Regila, SP Brinsko, TL Blahohard, and PG Weston, 1992. Synchronization of oestrus in dairy goats treated with prostaglandin F2 alpha various of the oestrus cycle. *Am. J. Vet. Res.* 52:935-937.
- Partodihardjo S. 1987. Ilmu Reproduksi Hewan. Penerbit Mutiara, Jakarta.
- Purwanti M. 1989. Superovulasi dan Panen Embrio pada Kambing Kacang. Tesis. PPS-UGM.
- Putro PP. 1996. Teknik superovulasi untuk transfer embrio pada sapi. *Bul. FKH UGM XIV (1): 1-20*.
- Selvaraju S, SK Agarwal, SD Karche, and AC Majumdar. 2003. Ovarian response, embryo production and hormonal profile in superovulated goats treated with insulin. *Theriogenology* 59(5-6):1459-1468.
- Siregar TN. 2001. Tampilan reproduksi kambing lokal yang mengalami sinkronisasi birahi dengan prostaglandin F2 alpha dan kehadiran pejantan. *Agripet* 2(2):8-12.
- Siregar TN. 2002. Pengukuran profil progesteron sebagai suatu metode diagnosis kebuntingan dini dan kelahiran kembar pada domba lokal. *Med. Ked. Hewan* 18(2):73-77.
- Siregar TN, Aulanni'am, T Susilawati, G Riady, Hamdan dan T Armansyah. 2005. Karakterisasi biokimiawi protein inhibin dari sel granulosa folikel ovarium kambing. *Animal Production* 8(2):100-107
- Siregar TN, N Areuby, G Riady, dan Amiruddin. 2004. Efek pemberian PMSG terhadap respon ovarium dan kualitas embrio kambing lokal prepuber. *Med. Ked. Hewan* 20(3):108-112.
- Siregar TN, S Hartantyo, dan Sugijanto, 1999. Induksi ovulasi kambing kacang prepuber dengan PMSG dan hCG. *Agrosains* 12(1):35-48.
- Stell RGD dan J Torrie. 1990. Prinsip dan Prosedur Statistika: Suatu Pendekatan Biometrik. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sumandia IN. 1988. Transfer Embrio pada Kambing Kacang. Tesis. PPS-UGM.
- Sumaprastowo M. 1980. Beternak Kambing yang Berhasil. Penerbit Angkasa Bandung:56-59.
- Sunaryo B. 1994. Pengaruh Penggunaan PGF2 Alpha dan GnRH Sintetik untuk Optimalisasi Hasil Inseminasi Buatan pada Kambing PE. Skripsi. FKH, UGM.
- Suyadi. 2003. Potensi Reproduksi Ternak Kambing dan Domba. Makalah Seminar Regional "Prospek Pengembangan Ternak Kambing/Domba di Indonesia" di Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, Malang, 25 Oktober 2003.
- Taya K, H Kaneko, T Takedomi, H Ishi, and G Watanabe, 1996. Role of inhibin in the regulation of FSH secretion and folliculogenesis in cows. *Anim. Reprod. Sci.* 42:563-570.
- Toelihere MR, 1981. Fisiologi Reproduksi pada Ternak. Penerbit Angkasa, Bandung.
- Triana IN, HA Permadi, H Soehartoyo, T Hermawati, dan S Susilowati. 1996. Pengaruh hormon MSA intravaginal sponges terhadap birahi dan ovulasi pada kambing kacang. *Med. Ked. Hewan* 12(2):103-108
- Uly K. 1997. Respon Birahi dan Angka Kebuntingan Kambing PE dengan Pemberian PGF2 Alpha secara Intramuskular dan Intravulvasub-mukosal. Tesis. PPS-UGM.
- Weltz CK, ZA Smith, DK Pauler, and JA Hall. 2001. Differential regulation of inhibin and reproductive health. *J. Clin. Endocr. and Metabolism* 86:2531-2537.