

# Tekanan *Inbreeding* dan Alternatif Solusi pada Ternak Kerbau (Inbreeding Depression and Alternative Solution in Buffaloes)

Lisa Praharani dan RSG Sianturi

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002  
[lisa\\_praharani@yahoo.com](mailto:lisa_praharani@yahoo.com)

(Diterima 15 Januari 2018 – Direvisi 20 Januari 2018 – Disetujui 3 Maret 2018)

## ABSTRACT

Buff and dairy buffaloes have an important role in farming system to produce meat, milk, and fertilizer. Their productivity and population have been decreasing due to several reasons such as inbreeding depression and lack of sires. This paper presents alternative efforts to improve genetics of buffaloes through outbreeding facilitated by artificial insemination (AI) and estrus synchronization to decrease inbreeding rates. Effort to reduce inbreeding depression is conducted by introducing new buffalo genes from distant populations known as outbreeding. Indonesian Research Institute for Animal Production has initiated an outbreeding program in buffalo through AI. The pregnancy rate varies between 40-80% using estrus synchronization with prostaglandin and fixed time AI. Outbred offsprings have higher growth performance and selling price than offsprings of natural breeding. The outbreeding program through AI in buffaloes need to be carried out sustainability to increase availability of qualified breeding stocks.

**Key words:** Inbreeding, outbreeding, artificial insemination, productivity, buffaloes

## ABSTRAK

Kerbau potong dan kerbau perah memiliki peran penting dalam sistem usaha tani sebagai penghasil daging, susu dan pupuk organik. Produktivitas dan populasi kerbau mengalami penurunan disebabkan antara lain oleh tekanan *inbreeding* dan kelangkaan pejantan. Makalah ini menyajikan upaya alternatif meningkatkan kualitas genetik kerbau melalui perkawinan *outbreeding* dengan inseminasi buatan (IB) dan sinkronisasi estrus untuk menurunkan tingkat *inbreeding*. Upaya mengurangi tekanan *inbreeding* dilakukan melalui introduksi gen baru kerbau dari luar populasi yang berjarak jauh yang dikenal dengan perkawinan *outbreeding*. Balai Penelitian Ternak telah mengawali penelitian IB kerbau di beberapa sentra pengembangan. Tingkat kebuntingan hasil IB masih bervariasi antara 40-80% dengan aplikasi sinkronisasi berahi menggunakan hormon prostaglandin dan IB secara terjadwal. Anak hasil IB ini memiliki performans dan pertumbuhan serta harga jual yang lebih tinggi dibandingkan dengan anak hasil kawin alam menggunakan pejantan setempat. Program *outbreeding* melalui IB pada kerbau diharapkan keberlanjutannya dalam rangka meningkatkan ketersediaan bibit berkualitas.

**Kata kunci:** *Inbreeding*, *outbreeding*, inseminasi buatan, produktivitas, kerbau

## PENDAHULUAN

Kerbau air (*water buffalo*) dipercaya merupakan hasil domestikasi kerbau liar India *Bubalus arnee* pada 5000 tahun yang lalu di India dan Tiongkok (Borghese 2010). Domestikasi kerbau diawali dari campur tangan manusia dalam pengaturan perkawinan sebagai ternak untuk dibudidayakan karena kemampuan adaptasinya terhadap lingkungan sangat tinggi.

Keunggulan biologis kerbau dibandingkan dengan ternak ruminansia lainnya adalah kemampuannya dalam mencerna serat kasar. Pada kondisi lingkungan ekstrim tropis dengan kandungan hijauan yang tersedia umumnya memiliki serat kasar yang sangat tinggi, dimana ternak ruminansia lain tidak mampu hidup, namun kerbau masih mampu hidup dan berkembangbiak dengan baik disebabkan oleh

kemampuannya mencerna serat kasar yang tinggi dan ketahanannya terhadap parasit eksternal (Lemcke 2011). Menurut Desta (2012) kemampuannya dalam mengubah serat kasar tinggi seperti jerami menjadi daging yang kaya protein dan rendah kolesterol ini disebabkan oleh gerakan mengunyah pakan dalam proses ruminasi yang lebih lambat dan efisien termasuk pergerakan lidah dan otot pencernaan. Selain itu, Napolitano et al. (2013) menyebutkan efisiensi pakan serat kasar yang tinggi karena volume rumen lebih besar, kecepatan perpindahan bolus pakan lebih lambat dan tingginya aktivitas bakteri rumen kerbau air. Bahkan bila dibandingkan dengan ternak sapi Brahman yang terkenal efisien dalam hal efisiensi penggunaan pakan serat kasar tinggi pada pemeliharaan ekstensif pastura (Rodas-González et al. 2015), kerbau lebih efisien.

Kerbau memiliki peran dalam penyediaan daging dan susu meskipun tidak sebesar daging sapi, selain sebagai tenaga kerja dan penghasil pupuk dalam usaha tani masyarakat pedesaan, khususnya di negara-negara berkembang pada daerah tropis. Di Asia, kontribusi daging kerbau sebesar 11,5% dari total produksi daging ruminansia (Cruz 2013), sedangkan di Indonesia masih <7% (Ditjen PKH 2017). Konsumsi daging kerbau diprediksi akan meningkat menurut Cruz (2013) karena tren perubahan gaya hidup mengonsumsi daging yang memiliki kandungan lemak lebih rendah. Keunggulan daging kerbau antara lain kandungan kolesterol 40% lebih rendah, kalori 55% lebih rendah, protein 11% lebih tinggi dan mineral 10% lebih tinggi dan asam amino (Naveena & Kiran 2014) dan tersehat 2-3 kali dibandingkan dengan ruminansia lainnya (Kandeean et al. 2009). Namun demikian, konsumen daging kerbau di pasaran masih rendah karena kurang disukai, karena dagingnya kurang empuk (Borghese 2013). Namun saat ini, tersedia daging kerbau *tenderbuff* yang merupakan hasil persilangan kerbau potong dan kerbau perah di Australia, terkenal memiliki kualitas keempukan yang tinggi (Lemcke 2011) atau dengan pemotongan kerbau pada usia muda <1 tahun.

Populasi kerbau di dunia lebih rendah dibandingkan dengan sapi dan diperkirakan lebih dari 178 juta ekor (Deb et al. 2016) tersebar di benua Asia, Amerika, Eropa dan Afrika. Dari populasi dunia, 97% berada di Asia terutama di India, Tiongkok, Pakistan dan Thailand. Populasi kerbau dunia tercatat bahwa populasi kerbau perah lebih tinggi (79%) dibandingkan dengan kerbau potong (21%). Jumlah kerbau di Indonesia saat ini jumlahnya hanya 1.386 juta kerbau (Ditjen PKH 2017) atau 0,7% dari populasi dunia dan 0,8 dari populasi Asia. Kerbau tersebar di berbagai agroekosistem (dataran rendah/pantai sampai tinggi/pegunungan). Berdasarkan data statistik populasi kerbau ada di setiap provinsi kecuali Sulawesi Utara dan Papua Barat dengan kisaran populasi antara 259 (DKI)-178.392 (NAD) ekor (Ditjen PKH 2017).

Populasi kerbau dunia khususnya di beberapa negara Asia bagian Selatan dan Tenggara mengalami penurunan selama satu dekade terakhir, termasuk Indonesia. Menurut Cruz (2013) dan Borghese (2013) disebabkan terutama oleh mekanisasi pertanian, dimana kerbau sebelumnya digunakan sebagai tenaga kerja untuk membajak sawah atau alat transportasi pedesaan, industrialisasi sapi perah menggantikan kerbau perah pada beberapa negara sentra kerbau khususnya negara berkembang. Sedangkan penurunan populasi kerbau di Indonesia sebesar 7% per tahun sejak tahun 2009 sampai 2017 (Ditjen PKH 2017) disebabkan pengurangan ternak akibat pemotongan ternak (pejantan dan betina) yang tinggi terjadi untuk memenuhi kebutuhan daging nasional. Impor kerbau telah dilakukan sejak tahun 2003 sampai 2010 dengan total

3.865 ekor dari Australia yang pernah dilaporkan oleh Lemcke (2011), padahal sebelumnya Australia mendatangkan kerbau dari Indonesia. Kelangsungan pemotongan kerbau yang tinggi dan terus menerus tanpa kendali akan menyebabkan kepunahan ternak di masa mendatang serta ketergantungan impor.

Menurunnya populasi kerbau disebabkan juga oleh rendahnya tingkat reproduktivitas. Faktor utama penyebab rendahnya reproduktivitas adalah pengaruh tekanan *inbreeding*. Tingginya tingkat *inbreeding* terjadi akibat kelangkaan pejantan dan sistem perkawinan yang tidak terarah dalam pemeliharaan tradisional. Makalah ini menyajikan upaya alternatif meningkatkan kualitas genetik kerbau melalui perkawinan *outbreeding* dengan cara IB untuk menurunkan tingkat *inbreeding* dan menyajikan dampak sosial ekonomi dari perkawinan *outbreeding*. Tulisan ini diharapkan dapat memberikan masukan pada kebijakan program pemuliaan dalam pengembangan usaha kerbau mendukung penyediaan daging dan susu nasional.

## PENGARUH TEKANAN *INBREEDING*

*Inbreeding* termasuk salah satu sistem perkawinan yang dilakukan antara individu yang memiliki hubungan sedarah atau kekerabatan dekat. Besarnya derajat hubungan kekerabatan dalam *inbreeding* dinyatakan oleh koefisien *inbreeding*. Korelasi positif antara kedekatan dan tingkat *inbreeding*, dengan kata lain semakin dekat antara kekerabatan individu, semakin besar koefisien *inbreeding*. Koefisien *inbreeding* juga mengukur penurunan heterozigositas dan peningkatan homozigositas genotipe individu dalam populasi (Falconer & MacKay 1996). Perkawinan *inbreeding* dalam populasi menghasilkan generasi yang lebih seragam dalam populasi. Namun, hilangnya keragaman dan heterozigositas dalam populasi akan mengakibatkan meningkatnya homogenitas gen resesif ternak yang bersifat negatif (*deleterious/detrimental*) (Vale et al. 2013) dan menurunkan intensitas seleksi (Falleiro et al. 2014). Pada program seleksi dalam jangka waktu panjang, terjadinya *inbreeding* tidak dapat dihindari, karenanya perlu diketahui perhitungan koefisien tingkat *inbreeding* untuk meramalkan besarnya pengaruh *inbreeding* pada generasi berikutnya (van Wyk et al. 2009).

Tekanan *inbreeding* (*inbreeding depression*) merupakan terminologi yang telah lama digunakan sejak zaman Darwin (Paige 2010). Pengaruh negatif yang ditimbulkan dari besarnya tingkat *inbreeding* dikenal dengan istilah tekanan *inbreeding*. Frekuensi alel dalam populasi *inbreeding* sebenarnya tidak berubah, namun distribusi genotipe saja yang berubah (Falleiro et al. 2014). Pada umumnya, tekanan

*inbreeding* akan lebih berdampak negatif pada sifat yang berkaitan dengan daya ketahanan hidup termasuk tingkat daya hidup, fertilitas dan kesehatan ternak (Paige 2010). *Inbred* ternak akan mengalami penurunan kelangsungan hidup yang berkaitan erat dengan kinerja reproduksi dan mortalitasnya dibandingkan dengan ternak *non-inbred*. Gullstrand (2015) juga menjelaskan tingginya tekanan *inbreeding* mempengaruhi kerentanan ternak terhadap penyakit yang menyebabkan tingginya kematian pada embryo, *neo-natal* akibat gen resesif ternak yang memiliki efek negatif. Populasi *inbred* mengalami penurunan jumlahnya disebabkan ketahanan daya hidupnya lebih rendah dibandingkan dengan *non-inbred* (Bezdicsek et al. 2007).

Faktor penyebab terjadinya *inbreeding* antara lain jumlah populasi atau ukuran populasi efektif yang kecil (*effective population size*) termasuk rasio pejantan dan betina produktif, perkawinan tidak terarah, *random genetic drift*, populasi tertutup yang terisolasi kemungkinan karena lingkungan alamnya (Falconer & MacKay 1996). Sedangkan Keller & Waller (2002) menyatakan bahwa konservasi suatu spesies makhluk hidup memberikan ancaman terhadap terjadinya *inbreeding*. Demikian pula perkawinan *inbreeding* yang tidak dapat dihindari pada suatu populasi disebabkan oleh preferensi individu terhadap individu tertentu, hierarki sosial jantan dalam perkawinan pejantan lebih sedikit, lebih sering mengawini betina dalam populasi, termasuk mengawini anak betina atau kerabat betinanya (Vale et al. 2013).

Jumlah individu dalam suatu populasi sangat mempengaruhi tingkat *inbreeding*, dimana semakin kecil populasi maka semakin besar tekanan *inbreeding* terhadap suatu sifat. Jumlah individu dalam suatu populasi berkaitan dengan ukuran populasi efektif terutama yang mampu bereproduksi (Falconer & MacKay 1996). Sayed et al. (2012) melaporkan tingkat *inbreeding* kerbau di Mesir menurun secara nyata yaitu sebesar 43% dengan meningkatnya ukuran populasi dari 1.000 menjadi 2.500 ekor. Sayed et al. (2012) juga melaporkan bahwa pengaruh tekanan *inbreeding* terhadap sifat reproduksi menurun 25% reproduktivitasnya pada populasi kecil dan 8% pada populasi besar.

Neaves et al. (2015) merangkum pengaruh peningkatan derajat *inbreeding* terhadap penurunan performans dari berbagai penelitian dari jenis ternak yang berbeda. Sebanyak 81,9% menyebutkan pengaruh tekanan *inbreeding* terhadap penurunan daya hidup, 52% tentang pengaruh negatif terhadap ukuran tubuh, 12,5% dampak terhadap ketahanan penyakit patogen, parasit, cekaman (stres) dan kegagalan kebuntingan. Secara umum, dilaporkan bahwa 92% penelitian menunjukkan bahwa *inbreeding* berpengaruh terhadap survivabilitas, viabilitas dan fekunditas. Performans ternak *inbred* akan menurun pada lingkungan

pemeliharaan yang buruk, misalnya ketersediaan pakan yang kurang memenuhi kebutuhan ternak (Cheptou & Donohue 2011). Tekanan *inbreeding* juga berdampak negatif pada kinerja reproduksi pejantan dan induk. Losdat et al. (2014) melaporkan bahwa pengaruh *inbreeding* menyebabkan penurunan kualitas sperma pejantan sehingga menghasilkan rendahnya tingkat kebuntingan betina yang dikawinkan. Penurunan kualitas sperma menimbulkan penurunan kualitas morfologi, motilitas, konsentrasi sperma dan volume semen. Bezdicsek et al. (2007) melaporkan bahwa koefisien *inbreeding* sebesar 10% akan menyebabkan umur beranak pertama lebih panjang 25 hari, jarak beranak lebih panjang tiga hari, distokia lebih tinggi 2%, lahir prenatal lebih tinggi 2%, kawin ulang kembali (*re-breeding*) lebih tinggi 3%, *calving* interval lebih panjang tiga hari dibandingkan dengan ternak kontrol. Khan et al. (2007) melaporkan bahwa pada kerbau perah di Pakistan terdapat peningkatan 1% *inbreeding* menyebabkan umur beranak pertama naik 1,13 hari, jarak beranak meningkat 15 hari, penurunan produksi susu laktasi pertama 27 kg, lama laktasi menurun 10 hari, umur produksi menurun empat hari (Khan et al. 2007). Bezdicsek et al. (2007) menyebutkan pada tingkat *inbreeding* 10% terjadi penurunan protein susu 10,14-11 kg, lemak susu -12,6 kg, produksi susu selama hidup induk -177 kg pada kerbau perah. Santana et al. (2012) melaporkan *inbreeding* 2,4% pada kerbau Murrah di Amerika menurunkan produksi susu -4,287 kg, lemak susu -0,581 kg, protein susu -0,383. Malhado et al. (2013) melaporkan pada kerbau Murrah di Brasil dengan kenaikan *inbreeding* 1% maka penurunan berat umur 205 hari -0,25 kg dan umur 365 hari -0,39 kg. Pada kerbau, kenaikan intensitas *inbreeding* sebesar 0,01 atau 1% pada setiap generasi berdampak pada penurunan produktivitas ternak sebesar 2% (Malhado et al. 2013). Meskipun respon penurunan produktivitas antara spesies dan jenis ternak berbeda terhadap setiap peningkatan *inbreeding* 1%, semakin tinggi tingkat *inbreeding* akan semakin besar penurunan performans produksinya.

Dampak ekonomis akibat pengaruh tekanan *inbreeding* adalah penurunan rata-rata fenotipik terutama pada sifat-sifat yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Penurunan keuntungan akibat *inbreeding* dilaporkan oleh Croquet et al. (2006) sebesar U\$ 22-24 per ekor setiap kenaikan tingkat *inbreeding* sebesar 1% sedangkan pada kerbau kenaikan intensitas *inbreeding* sebesar 0,01 atau 1% pada setiap generasi menurunkan efisiensi usaha ternak sebesar 3% (Ferraz et al. 2015). Kerugian akibat meningkatnya *inbreeding* sebesar 1% pada sifat produksi yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi sebesar 0,35% (Leroy 2014). Sementara produksi keju Mozarella dilaporkan oleh Santana et al. (2012) turun sebesar 2.001 kg pada tingkat *inbreeding* kerbau Murrah 2,52%.

## INDIKASI KEJADIAN *INBREEDING*

Penurunan produktivitas kerbau disebabkan oleh faktor lingkungan terutama ketersediaan pakan yang semakin menurun akibat berkurangnya kawasan lahan sumber hijauan. Sementara penurunan produktivitas yang disebabkan oleh faktor genetik terutama disebabkan oleh penurunan kualitas genetik kerbau akibat tingginya tekanan *inbreeding*.

Tingkat *inbreeding* diduga terjadi akibat penurunan produktivitas dan populasi daerah pengembangan kerbau dari seluruh daerah atau provinsi selama 20 tahun terakhir. Produktivitas kerbau yang rendah berdampak pada lambatnya pertambahan atau penurunan populasi, akibat lambatnya laju reproduksi dan tingginya kematian tahun 1925-2011 (Praharani et al. 2011).

Rendahnya tingkat kelahiran dilaporkan oleh Mawi (2009) sebagai salah satu indikator pendugaan adanya *inbreeding* yang menyebabkan penurunan kesuburan ternak betina. Tingkat kelahiran kerbau Kalang di Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur hanya sebesar 20,6%. Rendahnya kesuburan kerbau di Kabupaten Batanghari, Jambi dilaporkan juga oleh Achyadi et al. (2008) dimana 52 ekor kerbau betina yang dikawinkan hanya 10 ekor bunting atau 19%. Kerbau betina pertama kali dikawinkan pada umur 3,5-3,8 tahun dimana berahi pertama terjadi pada umur 2,5-3 tahun. Rata-rata jarak beranak kerbau antara 2,5-2,8 tahun dengan persentase beranak 40-50% sedangkan karakteristik kerbau di Indonesia dilaporkan oleh Sulaeman (2011), dimana dewasa kelamin 2-2,5 tahun, beranak pertama 40-44 bulan, lama bunting 10,5-11 bulan, jarak beranak 553 hari. Tingkat *inbreeding* yang tinggi pada populasi kerbau juga ditandai dengan kelainan genetik berupa albino maupun cacat genetik lainnya. Praharani et al. (2010) melaporkan sebanyak 40% dari total jumlah kerbau di Kabupaten Lebak memiliki kelainan genetik berupa warna bulu atau kulit albinoid (putih). Albino merupakan kelainan genetik akibat perkawinan antara ternak resesif atau heterozigot resesif. Menurut Vale et al. (2013), kejadian albino merupakan indikator terjadinya perkawinan kerabat dekat/*inbreeding* pada kerbau. Triwulanningsih et al. (2012) menyebutkan banyak kerbau yang memiliki tanduk bergantung atau cacat bentuk tanduk di Kabupaten Lebak dan Pandeglang, meskipun jumlah kejadiannya belum pernah dilaporkan.

Indikator terjadinya *inbreeding* berdasarkan jumlah populasi efektif dan rasio antara pejantan dan betina seperti yang dilaporkan oleh Praharani et al. (2010) di Kabupaten Lebak adalah sebesar 0,12 atau 12% dengan rumus perhitungan seperti dalam Falconer & MacKay (1996). Populasi efektif yang kecil ini menyebabkan tingkat *inbreeding* meningkat. Sementara Thiruvenkadan et al. (2013) melaporkan ukuran

populasi yang kecil dan tingkah laku kawin preferensi terhadap ternak tertentu menyebabkan terjadinya *inbreeding*.

Menurut laporan Bamualim & Zulbardi (2008) di Kabupaten Brebes, Jawa Tengah memperlihatkan bahwa dari 172 ekor kerbau milik petani terdapat sebanyak 147 ekor betina dan 25 ekor jantan, tetapi kerbau jantan tersebut yang dapat dipakai sebagai pemacek hanya dua ekor yang menyebabkan rendahnya rasio pejantan dan betina produktif yaitu 1:73. Praharani et al. (2011) juga melaporkan rasio pejantan dan betina yang dipelihara oleh kelompok peternak kerbau di tiga kecamatan berbeda di Kabupaten Lebak masih rendah (1:>30). Praharani et al. (2011) lebih jauh menunjukkan bahwa struktur populasi kerbau di Kabupaten Pandeglang menjadi indikasi rasio pejantan dan induk sangat rendah.

Dalam sistem pemeliharaan tradisional dimana sistem pencatatan belum berjalan, maka perkawinan antara saudara dekat atau anak jantan dengan induk atau pejantan dengan anak betinanya sangat mungkin terjadi. Selain itu, pejantan digunakan sebagai pemacek untuk mengawini betina produktif dalam populasi dipelihara terlalu lama (>3 tahun), sehingga pejantan tersebut berpotensi mengawini anaknya. Villasmil-Ontiveros et al. (2008) melaporkan tingkat *inbreeding* menurun <5% setelah lima generasi setelah dilakukan sistem perkawinan rotasi pejantan pada lima subpopulasi sapi Criollo di Brasil. Praharani & Ashari (2012) menyebutkan lama pemakaian pejantan dalam kelompok kerbau di Kabupaten Lebak lebih dari lima tahun. Naghavian et al. (2016) mengatakan tidak ada pengaturan pejantan menyebabkan *inbreeding* khususnya dalam populasi tertutup dengan ukuran populasi kecil.

Sistem pemeliharaan kerbau umumnya dilakukan berkelompok secara ekstensif atau semi intensif pada padang penggembalaan atau daerah perkebunan (kelapa, sawit, karet) yang terisolasi dari populasi kerbau lain dalam jangka waktu yang lama. Populasi tertutup dalam jangka waktu lama dapat memicu terjadinya *inbreeding*. Pada kerbau perah yang dipelihara di Sumatera Utara, menurut Situmorang et al. (2012) tingkat *inbreeding* sangat tinggi. Kerbau perah tersebut didatangkan dari India pada jaman Pemerintahan Belanda yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan susu kerbau masyarakat keturunan India yang berlangsung sampai saat ini. Besarnya tingkat *inbreeding* memang masih bersifat asumsi dan belum dapat dibuktikan secara analisis ilmiah, disebabkan oleh tidak adanya pencatatan perkawinan individu, sehingga sulit untuk mengetahui koefisien *inbreeding*.

Pada sistem pemeliharaan tradisional dalam populasi kerbau yang tertutup, beberapa indikator dapat diasumsikan telah terjadi *inbreeding* antara lain performans eksterior, ukuran tubuh, kinerja reproduksi,

proporsi jumlah jantan dan betina, lama penggunaan pejantan dalam populasi, asal pejantan, perkawinan tidak terarah dan cacat genetik. Penelitian tingkat *inbreeding* pada kerbau secara akurat perlu dilakukan. Namun demikian, Amin & Lestari (2015) telah melakukan penelusuran tingkat heterozigositas secara molekuler menggunakan penanda mikrosatelit pada beberapa kelompok kerbau di Jawa Timur (dua populasi) dan Lombok Tengah (dua populasi) untuk menduga aliran alel dan variasi genetik dimana heterozigositas populasi kerbau di Jawa Timur lebih rendah yaitu 50,17% dibandingkan dengan di Lombok Tengah yaitu 62,12%, yang merupakan peringatan bahwa keragaman kerbau pada keempat populasi tersebut termasuk kategori rendah sampai sedang.

### PERKAWINAN *OUTBREEDING*

Perbaikan genetik dapat dilakukan melalui seleksi di dalam atau antara rumpun ternak untuk membentuk galur baru namun seleksi pada kerbau akan memerlukan waktu relatif lebih lama mengingat generasi interval kerbau >5 tahun. Selain itu, kemajuan seleksi dipengaruhi oleh heritabilitas atau besarnya pengaruh genetik suatu sifat terhadap performans ternak dimana semakin rendah nilai heritabilitas maka semakin lama waktu yang diperlukan menghasilkan ternak terseleksi (Falconer & MacKay 1996).

Persilangan antara rumpun kerbau merupakan alternatif lain dalam usaha memperbaiki genetik ternak yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan seleksi. Persilangan antara kerbau potong dan kerbau perah akan menghasilkan ternak F1 dengan jumlah kromosom 49 yang fertil. Namun, bila ternak F1 dikawinkan interse maka terjadi segregasi dengan anak F2 memiliki jumlah kromosom yang bervariasi yaitu 48, 49 dan 50. Hasil persilangan (F1 *outbred*) kerbau potong dan kerbau perah memiliki performans produksi dan reproduksi lebih tinggi dibandingkan tanpa persilangan (Praharani 2009). Program persilangan kerbau perkawinan harus terkontrol dan terarah sesuai untuk menghindari pencampuran F1 *crossbred* (ternak silangan) dengan populasi luar Talib et al. (2014) karena F1 berbeda tiga genotipe yang berbeda jumlah kromosomnya. Dengan sistem pemeliharaan tradisional, agak sulit menerapkan perkawinan silang.

*Outbreeding* merupakan salah satu sistem perkawinan antara individu yang tidak memiliki hubungan kekerabatan dari dua populasi yang berjauhan karena terpisah oleh jarak (Falconer & MacKay 1996). Pada suatu populasi dengan tingkat *inbreeding* yang tinggi dengan tingkat homozigositas yang tinggi. *Outbreeding* merupakan salah satu cara untuk menurunkan *inbreeding* dan meningkatkan kembali heterozigositas, bila *crossbreeding* tidak

memungkinkan. Tujuan utama perkawinan *outbreeding* adalah meningkatkan produktivitas ternak melalui penurunan atau penghilangan tekanan *inbreeding*. Pengamatan reproduksi betina sapi Holstein antara ternak *inbred* lebih rendah dibandingkan dengan ternak *outbred* (Bezdicsek et al. 2007). Borghese (2013) melakukan *outbreeding* dengan memasukkan pejantan kerbau perah Murrah Bulgarian ke dalam populasi kerbau perah Murrah Mediteranean untuk meningkatkan keragaman genetik, produksi susu dan memperbaiki konfirmasi tubuh. Sementara Marcondes et al. (2014) melaporkan penurunan tingkat *inbreeding* sebesar 33% melalui perkawinan *outbreeding* melalui introduksi pejantan Mediteranean di Brasil. Perkawinan *outbreeding* sangat direkomendasikan pada populasi tertutup dengan sistem perkawinan tanpa *recording* pada ukuran populasi kecil yang menyebabkan penurunan keragaman dan menyebabkan *inbreeding* (Ferraz et al. 2015).

Di Indonesia, perkawinan *outbreeding* antara lain dilakukan melalui pemasukan pejantan yang berasal dari Nusa Tenggara Barat (kerbau Sumbawa) ke dalam populasi kerbau di Banten atau kerbau jantan dari Taman Nasional Baluran yang berasal populasi tertutup dimasukkan ke dalam populasi kerbau di Banten, Brebes, Kalimantan Timur dan Nusa Tenggara Barat. Perkawinan *outbreeding* pada kerbau perah harus mengimpor pejantan kerbau perah baru baik dalam bentuk ternak hidup maupun semen beku karena ketidaktersediaan populasi kerbau perah lain di Indonesia, selain di Sumatera Utara. Permentan NO. 51/Permentan/OT.140/9/2011 (Ditjen PKH 2011) pada Pasal 8 yang menyatakan pemasukkan benih atau bibit ternak harus memenuhi persyaratan kesehatan hewan yang ditetapkan oleh otoritas veteriner dan harus berasal dari negara yang berstatus bebas dari penyakit menular.

Introduksi pejantan baru telah dilakukan pemerintah pusat atau daerah di beberapa daerah sentra kerbau melalui program perbaikan genetik ternak dalam rangka meningkatkan produktivitas. Dengan masuknya pejantan baru, maka semua pejantan yang telah lama (>5 tahun) digunakan sebagai pemacek dalam populasi yang berada dalam populasi atau memindahkannya pejantan lama pada kelompok lain yang sangat berjauhan letak lokasi pemeliharaannya dengan sistem rotasi. Pengeluaran pejantan lama akan memberikan peluang kepada pejantan baru dapat mengawini seluruh betina-betina yang ada, mengingat adanya hierarki atau rangking sosial ternak jantan dalam populasi, dimana pejantan yang memiliki hierarki tertinggi akan menjadi penguasa sebagai pemacek (Rutberg 1983). Namun, bila hierarki pejantan lama lebih tinggi, maka pejantan tersebut tetap menjadi pemacek dan pejantan baru (introduksi) tidak dapat mengawini sebagian besar betina dalam populasi

tersebut, sehingga program *outbreeding* menjadi tidak efektif.

## TEKNOLOGI REPRODUKSI PADA KERBAU

Kerbau air (potong dan perah) memiliki karakter biologi reproduksi yang unik dan berbeda dengan ternak sapi, seperti lambat dewasa kelamin, panjangnya jarak beranak, rendahnya intensitas dan durasi estrus. Warriach et al. (2015) menyebutkan bahwa efisiensi reproduksi kerbau lebih rendah dibandingkan dengan sapi, namun sangat dipengaruhi oleh lingkungan manajemen, pakan dan iklim, serta memiliki respon tinggi terhadap perbaikan manajemen dan lingkungan. Borghese (2013) menyebutkan bahwa umur dewasa kelamin tergolong lambat (15-18 bulan untuk kerbau perah dan 21-24 bulan kerbau potong). Panjang siklus estrus antara 17-26 hari dengan intensitas estrus rendah, durasi estrusnya lebih pendek (10-12 jam) dan umumnya terjadi pada malam hari atau cenderung tidak menunjukkan gejala estrus (Warriach et al. 2015). Perera (2011) melaporkan bahwa 50-80% kerbau pada kondisi optimal kembali estrus setelah beranak 90-150 hari.

Barile (2012) melaporkan hanya 3,3% kerbau estrus yang dinaiki kerbau betina lainnya, sehingga disarankan pengamatan berahi lebih efisien dilakukan melalui pemasukkan pejantan pengganggu (*teaser*) dalam populasi atau penggunaan alat deteksi berahi elektronik (Barile 2012). Selain itu, kejadian estrus kerbau dilaporkan pada malam hari (Sulaeman 2011; Warriach et al. 2015). Keunikan tingkah laku berahi yang sulit dideteksi dengan durasi dan intensitas estrus yang rendah ini menyebabkan kesulitan dalam melakukan perkawinan buatan melalui inseminasi.

Peningkatan efisiensi reproduksi betina dapat dilakukan melalui aplikasi teknologi reproduksi antara lain sinkronisasi estrus yang diikuti oleh inseminasi buatan (IB) untuk mempercepat penyebaran genetik pejantan superior.

### Sinkronisasi estrus kerbau

Rendahnya efisiensi reproduksi kerbau memacu berbagai usaha untuk meningkatkan kinerja reproduksi seperti memperpendek jarak beranak dan meningkatkan kebuntingan (Kumar et al. 2014), antara lain melalui sinkronisasi berahi secara hormonal. Berbagai metode telah lama diuji cobakan untuk meningkatkan efisiensi reproduksi kerbau betina.

Sinkronisasi estrus merupakan perlakuan manipulasi berahi ternak secara hormonal dengan tujuan untuk mendapatkan sejumlah ternak betina berahi dalam waktu yang bersamaan, sehingga perkawinan dapat dilakukan secara serentak dan

selanjutnya menghasilkan kelahiran dan penyapihan anak pada waktu yang bersamaan yang berdampak pada efisiensi manajemen pemeliharaan. Dengan sinkronisasi estrus, program IB lebih mudah dilakukan secara efisien karena menghemat tenaga dan waktu. Sinkronisasi estrus pada kerbau perlu dilakukan dalam program IB, mengingat tanda-tanda estrus pada kerbau umumnya tidak jelas terlihat sehingga sulit untuk mendeteksi estrus, dengan intensitas dan durasi estrus yang rendah dan terjadi pada malam hari (Barile 2012). Sinkronisasi pada dasarnya dilakukan dengan menggunakan hormon prostaglandin atau progesteron, yang keduanya bertujuan memperpendek atau memperpanjang fase luteal yang menyebabkan penurunan progesteron pada level terendah, sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan hormon estrogen dan *luteneizing hormone* (LH) (Paul et al. 2015). Sinkronisasi estrus hormonal menginduksi berahi yang dapat meningkatkan kesuburan dan memperpendek jarak beranak (Kalwar et al. 2015). Umumnya, penggunaan protokol progesteron, prostaglandin F2 $\alpha$  (atau PGF2 $\alpha$  analog) dan estrogen atau kombinasinya (Paul et al. 2015).

Tingkat kebuntingan hasil sinkronisasi estrus kerbau dari berbagai protokol sangat bervariasi antara 30-50% (Warriach et al. 2015) lebih rendah dibandingkan dengan sapi. Namun, kebuntingan dari estrus sinkronisasi secara hormonal sebanding atau tidak berbeda bila dilakukan dengan berahi alam (Warriach et al. 2015). Sinkronisasi estrus hormonal dapat dilakukan pada ternak *acyclic* atau kerbau dengan siklus berahi tidak normal pascaberanak atau yang sedang menyusui sehingga menyebabkan siklus berahi kembali normal dan dapat bunting segera (Urdaneta et al. 2013). Dalam Tabel 1 disajikan berbagai penelitian dengan menggunakan protokol sinkronisasi yang berbeda menghasilkan tingkat kebuntingan berbeda. Aplikasi prostaglandin (PGF2 $\alpha$ ) merupakan metode yang paling umum dipakai untuk menginduksi estrus karena sifatnya yang luteolitik, melisis/meregresi korpus luteum, yang menyebabkan penurunan konsentrasi progesteron dalam darah, perkembangan folikel ovarium dan terjadinya ovulasi dalam 2-6 hari setelah penyuntikan (Sianturi et al. 2012a). Penambahan *human chorionic gonadotropin* (hCG) disarankan pada kerbau untuk menstimulir terjadinya ovulasi, sehingga dapat meningkatkan kebuntingan. Akhtar et al. (2013) melaporkan kebuntingan kerbau melalui penambahan hCG meningkat (48 vs 65%). Yendraliza et al. (2011) melaporkan kombinasi PGF dan GnRH menghasilkan kebuntingan pada kerbau di Provinsi Riau sebesar 100%. Meskipun tingkat kebuntingan kerbau masih rendah namun dengan sinkronisasi estrus dapat diperoleh kelahiran ternak bersamaan sehingga memudahkan manajemen dan meningkatkan efisiensi usaha.

**Tabel 1.** Tingkat kebuntingan kerbau dari beberapa metode sinkronisasi hormonal

Perlakuan	Tingkat kebuntingan (%)	Sumber
GnRH + PGF + GnRH	36	Warriach et al. (2015)
CIDR-SYNCH	39-42	Urdaneta et al. (2013)
GnRH + PGF + hCG	57-68	Akhtar et al. (2013)
GnRH + PGF + PGF	60-90	Perera (2011)
Progesteron + eCG (hCG)	56-64	Perera (2011)
<i>Ovysinch</i> + CIDR	53	Kalwar et al. (2015)
PGF + PGF	83	Jamsawat et al. (2015)

### Inseminasi buatan kerbau

Inseminasi buatan merupakan aplikasi teknologi reproduksi pertama yang dilakukan oleh Spallanzani pada tahun 1779 pada anjing. Tujuan utama IB adalah sebagai alat untuk mengoptimalkan penggunaan pejantan unggul teruji (*proven bull*), sehingga dapat diperoleh anak keturunan dari pejantan superior lebih banyak dalam waktu singkat. Selain itu, keuntungan dari IB memberikan peluang perkawinan antara ternak yang berada di lokasi yang terpisah secara geografis atau antara jenis/rumpun ternak yang berbeda (*crossbreeding*) Inseminasi buatan menghilangkan preferensi ternak terhadap pejantan tertentu atau sebaliknya yang terjadi dalam sistem kawin alam (Barile 2012). Selain itu, penyakit menular seperti vibriosis, trikomoniasis, tuberkulosis, *brucellosis* dan *infectious bovine rhinotracheitis* (IBR) yang mudah tersebar melalui kawin alam dapat dicegah melalui IB (Rossi 2013).

Keberhasilan IB pada kerbau dilaporkan lebih rendah dibandingkan dengan sapi karena kualitas

semen beku kerbau lebih rendah dibandingkan dengan sapi, karena lebih mudah terjadi kerusakan selama proses pembekuan (Andrabi 2009). Teknologi pembekuan semen kerbau telah berkembang pesat sehingga mampu meningkatkan kualitas dan keberhasilan terhadap persentase kebuntingan lebih dari 70% (Sianturi et al. 2012a; 2012b). Teknologi IB digunakan dalam mempercepat perbaikan genetik dalam program *crossbreeding* kerbau potong dengan kerbau perah atau *upgrading* di Filipina (Mumuad 2013; De La Cruz-Cruz et al. 2014), sedangkan di Indonesia IB kerbau mulai diperkenalkan pada tahun 1978 (Toelihere 2001) dalam program persilangan kerbau potong dengan kerbau perah yang dilakukan di Kabupaten Brebes.

Pengamatan berahi yang ditandai oleh lendir, oedema dan perubahan mukosa menjadi kemerahan yang lazimnya menjadi penanda klinis yang khas relatif sulit diamati pada kerbau (Rossi 2013). Namun, peternak kerbau di Indonesia sudah mengerti dan memahami gejala estrus dengan baik yaitu 98% (Triwulanningsih et al. 2012; Yusuf et al. 2013).

Inseminasi tepat waktu menjadi solusi terbaik pada kerbau. Penggunaan prostaglandin (PGF) dengan pemberian dua kali berselang 11 hari yang dilanjutkan dengan IB setelah 48-72 jam pemberian PGF kedua, menunjukkan hasil kebuntingan lebih tinggi (Sianturi et al. 2012b). Balai Penelitian Ternak telah melakukan penelitian IB terjadwal dengan menggunakan sinkronisasi berahi hormonal seperti PGF, GnRH, Progesteron, PMSG dan penamahan hCG sejak tahun 2011 di beberapa daerah sentra kerbau yang menghasilkan tingkat kebuntingan kerbau antara 40-68,2% seperti yang terdapat dalam Tabel 2. Penambahan hCG pada saat IB dapat menjamin terjadinya ovulasi setelah sinkronisasi estrus meningkatkan keberhasilan IB (Sianturi et al. 2012b).

Penelitian yang dilakukan oleh Balitnak selama tujuh tahun telah menghasilkan total anak hasil IB sebanyak 268 ekor *outbred* di beberapa sentra pembibitan (Banten, Brebes, NTB, Riau dan Kalimantan Timur). Aplikasi sinkronisasi berahi yang

**Tabel 2.** Tingkat kebuntingan kerbau potong melalui sinkronisasi estrus dan IB yang telah dilakukan di berbagai daerah sentra kerbau di Indonesia

Daerah sentra kerbau	Tingkat kebuntingan (%)	Sumber
Provinsi Sumatera Utara	68,8	Situmorang et al. (2012; 2013)
Provinsi Riau	68,0	Triwulanningsih et al. (2012)
Provinsi Banten	50-80	Sianturi et al. (2012b; 2015)
	63-78	Triwulanningsih et al. (2012)
Provinsi Kalimantan Timur	62,0	Praharani et al. (2013a; 2013b)
Provinsi NTB	66,6	Praharani et al. (2014)
Kabupaten Brebes	40,0	Praharani et al. (2013a; 2013b)
	42-63	Sianturi et al. (2012b; 2015)

diikuti dengan IB terjadwal di Indonesia belum diestimasi besaran biayanya dan dampak sosial ekonomi dari program IB dengan sinkronisasi. Sementara di Filipina, Jamsawat et al. (2015) melaporkan bahwa menggunakan PGF (dua kali) dan IB terjadwal dua kali lebih hemat biaya dibandingkan dengan IB menggunakan hormon lain dan deteksi berahi.

### PERFORMANS TERNAK *OUTBRED* (F1)

Perkawinan *outbreeding* antara induk lokal dengan pejantan introduksi dari luar populasi (jauh) yang tidak memiliki hubungan kekerabatan akan menghasilkan ternak *outbred* dengan performans diharapkan lebih tinggi dibandingkan dengan ternak hasil perkawinan menggunakan pejantan lokal sebagai pembandingnya (kontrol). Praharani & Sianturi (2014) dan Praharani et al. (2014) melakukan pengamatan performans kerbau *outbred* di Kabupaten Pandeglang, Banten dan Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat (NTB). Pengamatan terhadap anak F1 *outbred* dibandingkan dengan anak hasil kawin alam dengan pejantan lokal yang diduga memiliki tingkat *inbreeding* tinggi dalam populasinya. Pada Tabel 3 terlihat bahwa variasi ukuran tubuh (panjang badan, lingkaran badan dan tinggi badan) ternak *outbred* antara provinsi disebabkan perbedaan umur prasapah (3-4 bulan) di Provinsi Banten dan lepas sapah (5-7 bulan) di Provinsi NTB.

**Tabel 3.** Tampilan perbandingan ukuran tubuh antara ternak *outbred* dan lokal di Provinsi Banten dan NTB

Parameter	Banten <sup>1</sup>		NTB <sup>2</sup>	
	<i>Outbred</i>	Lokal	<i>Outbred</i>	Lokal
N (ekor)	49	28	20	16
Tinggi badan (cm)	68,38	61,76	81,50	73,20
Lingkar dada (cm)	75,17	69,78	83,30	76,10
Panjang badan (cm)	54,09	50,12	65,60	60,10

**Sumber:** <sup>1</sup>Praharani et al. (2014); <sup>2</sup>Praharani & Sianturi (2014)

Performans ternak *outbred* menunjukkan ukuran badan yang lebih besar dibandingkan dengan ternak kontrol (anak pejantan lokal/kawin alam) pada kedua provinsi. Selain itu, hasil pengamatan pertumbuhan pada ternak *outbred* di NTB menunjukkan pertumbuhan badan sejak lahir sampai umur tujuh bulan lebih tinggi dibandingkan dengan ternak *outbred* (Praharani & Sianturi 2014). Perbedaan performans *outbred* dan lokal disebabkan oleh perbedaan kualitas genetik ternak pejantan yang digunakan dalam perkawinan. Ternak *outbred* berasal dari gen introduksi pejantan luar populasi (Baluran) sedangkan ternak lokal menggunakan pejantan *inbred* yang berasal dari dalam populasi yang diduga memiliki tingkat tekanan *inbreeding* yang tinggi.

Tingkat preferensi peternak terhadap ternak *outbred* lebih tinggi dibandingkan dengan ternak lokal seperti yang dilaporkan oleh Praharani & Sianturi (2014) dan Praharani et al. (2014) yang melakukan penelitian di Provinsi Banten dan NTB (Tabel 4). Penelitian menggunakan survei wawancara terhadap peternak *outbred* dan lokal dengan parameter pertumbuhan, eksterior dan taksiran harga jual ternak menunjukkan bahwa 70-80% peternak baik di Provinsi Banten dan NTB menyenangi ternak *outbred* karena harga jualnya lebih tinggi. Sebagian 15-27% peternak belum berpendapat adanya perbedaan superioritas ternak *outbred* dibandingkan dengan lokal.

Tersedianya ternak *outbred* (F1) yang memiliki performans pertumbuhan lebih baik dapat dijadikan sebagai calon bibit dalam populasi. Namun, tingginya harga jual ternak *outbred* mengakibatkan sulitnya mempertahankan dalam populasi, disebabkan peternak dengan cepat menjual ternak *outbred* untuk mendapatkan keuntungan lebih tinggi pada umur lepas sapah seperti yang terjadi di Provinsi Banten (Praharani et al. 2014). Dampak sosial ekonomi lainnya adalah permintaan ternak *outbred* cukup tinggi karena komunikasi antar peternak yang saling berbagi pengalaman dan informasi mengenai pertumbuhan dan performans ternak *outbred* mengakibatkan pada tingginya harga dan preferensi ternak *outbred*. Peternak rela membeli ternak *outbred* dengan harga lebih tinggi. Peran lembaga terkait dalam hal ini pemerintah daerah setempat sangat diperlukan untuk melindungi ternak

**Tabel 4.** Tingkat preferensi peternak terhadap ternak *outbred* di Provinsi Banten dan NTB

Parameter	<i>Outbred</i> > lokal (%)		<i>Outbred</i> = lokal (%)		Tidak tahu (%)	
	Banten <sup>1</sup>	NTB <sup>2</sup>	Banten <sup>1</sup>	NTB <sup>2</sup>	Banten <sup>1</sup>	NTB <sup>2</sup>
N (ekor)	45	36	45	36	45	36
Pertumbuhan	84,4	85,1	11,1	10,9	4,5	4,0
Eksterior	77,7	82,5	15,5	11,2	6,8	6,3
Taksiran harga	73,5	80,3	13,3	15,7	13,2	6,5

**Sumber:** <sup>1</sup>Praharani et al. (2014); <sup>2</sup>Praharani & Sianturi (2014)



*outbred* agar tidak keluar dari populasi, dapat dilakukan melalui pembentukan kelompok pembibitan yang merupakan bagian dari kelompok peternak dengan cara pemberian insentif atau biaya pengganti pemeliharaan.

Peternak kerbau di Provinsi Banten dan NTB saat ini lebih menyenangi IB karena telah membuktikan superioritas dari ternak *outbred*. Pemerintah Daerah setempat sudah selayaknya melakukan program IB kerbau melalui penyediaan semen beku dan inseminator khusus kerbau. Pada daerah sentra kerbau dapat dilakukan pemasangan program IB khususnya pada kelompok peternak dengan sistem pemeliharaan semi intensif (mengkandangkan ternak pada malam hari).

Introduksi pejantan baru dalam populasi kerbau melalui perkawinan *outbreeding* dengan cara IB selain menghasilkan ternak *outbred* diharapkan dapat menurunkan tingkat *inbreeding* dan sekaligus meningkatkan keragaman genetik dan produktivitas ternak. Peran institusi terkait dalam menyelamatkan ternak *outbred* agar tidak dijual/keluar dari populasi (kelompok) peternak perlu diupayakan, mengingat taksiran harga ternak *outbred* lebih tinggi, sehingga peternak cenderung memprioritaskan penjualan ternak *outbred* untuk mendapatkan keuntungan yang lebih besar.

## KESIMPULAN

Perkawinan *outbreeding* melalui introduksi pejantan yang berasal dari luar populasi yang jauh merupakan sebuah alternatif untuk memasukkan pejantan baru dalam kelompok kerbau sekaligus menurunkan tekanan *inbreeding*. Teknologi inseminasi buatan terjadwal dengan sinkronisasi estrus secara hormonal merupakan cara terbaik dalam penerapan sistem perkawinan *outbreeding* dengan meniadakan persaingan dominasi pejantan dalam populasi dan kesulitan deteksi berahi. Ternak *outbred* lebih disukai peternak karena memiliki performans superior dalam pertumbuhan dan eksterior dengan harga jual lebih tinggi dibandingkan dengan ternak lokal. Program *outbreeding* yang berkelanjutan melalui inseminasi buatan pada kerbau sangat diharapkan karena meningkatkan sosial ekonomi dan ketersediaan bibit berkualitas. Program *outbreeding* pada kerbau perlu didukung oleh penyediaan pejantan kerbau terseleksi yang berkualitas.

## DAFTAR PUSTAKA

Achyadi K, Teguh S, Puji R, Aulia. 2008. Sosialisasi dan implementasi program grading-up kerbau lumpur (*swamp buffalo*) melalui teknologi inseminasi buatan di Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Dalam: Bamualim AM, Talib C, Handiwirawan E, Herawati

T, penyunting. Peningkatan Produktivitas Ternak Kerbau dalam Mendukung Swasembada Daging Sapi Tahun 2010. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Usaha Ternak Kerbau 2007. Jambi, 22-23 Juni 2007. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 25-31.

Akhtar MS, Lodhi LA, Farooq AA, Ayaz MM, Murtaza S. 2013. Effect of different doses of hCG at AI on pregnancy rates of repeat breeder Nili-Ravi buffalo. *Buffalo Bull.* 32:362-365.

Amin M, Lestari U. 2015. Identifikasi keragaman genetik kerbau lokal populasi Jawa Timur dan Nusa Tenggara barat berbasis mikrosatelit sebagai model pengembangan konservasi kerbau secara *ex situ*. Dalam: Prosiding Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS. Surakarta (Indonesia): FKIP UNS. hlm. 528-533.

Andrabi SMH. 2009. Factors affecting the quality of cryopreserved buffalo (*Bubalus bubalis*) bull spermatozoa. *Reprod Domest Anim.* 44:552-569.

Bamualim A, Zulfardi M. 2008. Situasi dan keberadaan kerbau di Indonesia. Dalam: Bamualim AM, Talib C, Handiwirawan E, Herawati T, penyunting. Peningkatan Produktivitas Ternak Kerbau dalam Mendukung Swasembada Daging Sapi Tahun 2010. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Usaha Ternak Kerbau 2007. Jambi, 22-23 Juni 2007. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 32-39.

Barile VL. 2012. Technologies related with the artificial insemination in buffalo. *J Buffalo Sci.* 1:139-146.

Bezdicsek J, Subrt J, Filipeik R, Bjelka M, Dufek A. 2007. The effects of inbreeding on service period and pregnancy length in Holsteins and Czech Fleckviehs after the first calving. *Arch Tierz, Dummerstorf.* 50:455-463.

Borghese A. 2010. Development and perspective of buffalo and buffalo market in Europe and Near East. *Rev Vet.* 21:20-31.

Borghese A. 2013. Buffalo livestock and products in Europe. *Buffalo Bull.* 32:50-74.

Cheptou PO, Donohue K. 2011. Environment-dependent inbreeding depression: its ecological and evolutionary significance. *New Phytol.* 189:395-407.

Croquet C, Mayeres P, Gillon A, Vanderick S, Gengler N. 2006. Inbreeding depression for global and partial economic indexes, production, type, and functional traits. *J Dairy Sci.* 89:2257-2267.

Cruz LC. 2013. Changing faces of swamp buffaloes in an industrializing Asia. *Buffalo Bull.* 32:32-49.

De La Cruz-Cruz LA, Guerrero-Legarreta I, Ramirez-Necoechea R, Roldan-Santiago P, Mora-Medina P, Hernandez-Gonzalez R, Mota-Rojas D. 2014. The behaviour and productivity of water buffalo in different breeding systems: A review. *Vet Med (Praha).* 59:181-193.

- Deb GK, Nahar TN, Duran PG, Presicce GA. 2016. Safe and sustainable traditional production: The water buffalo in Asia. *Front Environ Sci.* 4:1-7.
- Desta TT. 2012. Introduction of domestic buffalo (*Bubalus bubalis*) into Ethiopia would be feasible. *Renew Agric Food Syst.* 27:305-313.
- Ditjen PKH. 2011. Peraturan Menteri Pertanian No.51/Permentan/OT.140/9/2011 tentang Rekomendasi Persetujuan Pemasukan Dan Pengeluaran Benih dan/atau Bibit Ternak Ke Dalam dan Ke Luar Wilayah Negara Republik Indonesia. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.
- Ditjen PKH. 2017. Statistik peternakan 2017. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.
- Falconer DS, MacKay TFC. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th ed. Harlow (UK): Longman Group.
- Falleiro VB, Malhado CHM, Malhado ACM, Carneiro PLS. 2014. Population structure and genetic variability of Angus and Nellore Herds. *J Agric Sci.* 6:277-286.
- Ferraz PC, Malhado CHM, Carneiro PLS, Ramos AA. 2015. Population structure and genetic variability of a closed Jaffarabadi buffalo herd from Brazil. *Buffalo Bull.* 34:197-207.
- Gullstrand P. 2015. Control of inbreeding in dairy cattle in the genomic era [Bachelor Thesis]. [Uppsala (Sweden)]: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Jamsawat V, Mamuad FV, Venturina EV. 2015. Effects of PGF2 $\alpha$  and GnRH on reproductive performance of cattle and buffaloes in Thailand and Philippines. *J Agric Technol.* 11:2273-2281.
- Kalwar Q, Memon AA, Bhutto MB, Kunbhar HK. 2015. Estrus response and fertility rate in Kundhi buffaloes following estrus synchronization in breeding season. *J Adv Vet Anim Res.* 2:362-365.
- Kandeepan G, Anjaneyulu ASR, Kondaiiah N, Mendiratta SK, Lakshmanan V. 2009. Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat. *Meat Sci.* 83:10-14.
- Keller LF, Waller DM. 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends Ecol Evol.* 17:230-241.
- Khan MS, Ahmad N, Khan MA. 2007. Genetic resource and diversity in dairy buffaloes in Pakistan. *Pak Vet J.* 27:201-207.
- Kumar PR, Singh SK, Kharche SD, Govindaraju CS, Kumar B. 2014. Review article anestrus in cattle and buffalo: Indian perspective. *Adv Anim Vet Sci.* 2:124-138.
- Lemcke B. 2011. Is there a major role for buffalo in Indonesia's beef self sufficiency program by 2014? Dalam: Talib C, Herawati T, Matondang RH, Praharani L, penyunting. Percepatan Perbibitan dan Pengembangan Kerbau melalui Kearifan Lokal dan Inovasi Teknologi untuk Mensukseskan Swasembada Daging Kerbau dan Sapi serta Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Peternakan. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Usaha Ternak Kerbau. Lebak, 2-4 November 2010. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 1-6.
- Leroy G. 2014. Inbreeding depression in livestock species: Review and meta-analysis. *Anim Genet.* 45:618-628.
- Losdat S, Chang SM, Reid JM. 2014. Inbreeding depression in male gametic performance. *J Evol Biol.* 27:992-1011.
- Malhado CHM, Malhado ACM, Carneiro PLS, Ramos AA, Carrillo JA, Pala A. 2013. Inbreeding depression on production and reproduction traits of buffaloes from Brazil. *Anim Sci J.* 84:289-295.
- Marcondes CR, Marques LC, Vozzi PA, Aguiar JF, Camargo RNC, Duarte SRR, Marques JRF. 2014. Pedigree analysis applied to an endangered buffalo population: Possible management strategy. *Livest Res Rural Dev.* 26:1-12.
- Mawi SH. 2009. Program aksi perbibitan terak kerbau di Kabupaten Kutai Kertanegara. Dalam: Bamualim AM, Talib C, Herawati T, penyunting. Peningkatan Peran Kerbau dalam Mendukung Kebutuhan Daging Nasional. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Usaha Ternak Kerbau. Tana Toraja, 24-26 Oktober 2008. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 147-154.
- Mumuad FV. 2013. Increasing efficiency of artificial insemination (AI) in buffalo upgrading program in Nueva Ecija, Philippines. *Buffalo Bull.* 32:376-379.
- Naghavian S, Hasani S, Azari MA, Ahmadi ARK, Saghi DA, Zade NM. 2016. Estimation of inbreeding coefficients using pedigree and microsatellite markers and its effects on economic traits of Shirvan Kordi sheep. *Iran J Appl Anim Sci.* 6:133-141.
- Napolitano F, Pacelli C, Grasso F, Braghieri A, De Rosa G. 2013. The behaviour and welfare of buffaloes (*Bubalus bubalis*) in modern dairy enterprises. *Animal.* 7:1704-1713.
- Naveena BM, Kiran M. 2014. Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security. *Anim Front.* 4:18-24.
- Neaves LE, Eales J, Whitlock R, Hollingsworth PM, Burke T, Pullin AS. 2015. The fitness consequences of inbreeding in natural populations and their implications for species conservation - A systematic map. *Environ Evid.* 4:5.
- Paige KN. 2010. The functional genomics of inbreeding depression: A new approach to an old problem. *Bioscience.* 60:267-277.
- Paul AK, Yoisungnern T, Bunaparte N. 2015. Hormonal treatment and estrus synchronization in cows. *J Adv Vet Anim Res.* 2:10-17.

- Perera BMAO. 2011. Reproductive cycles of buffalo. *Anim Reprod Sci.* 124:194-199.
- Praharani L. 2009. Tinjauan performa persilangan kerbau sungai × kerbau lumpur. Dalam: Bamualim AM, Talib C, Herawati T, penyunting. Peningkatan Peran Kerbau dalam Mendukung Kebutuhan Daging Nasional. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Usaha Ternak Kerbau. Tana Toraja, 24-26 Oktober 2008. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 29-37.
- Praharani L, Juarini E, Budiarsana IGM. 2010. Parameter indikator *inbreeding rate* pada populasi ternak kerbau di Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Dalam: Talib C, Herawati T, Matondang RH, Syafitrie C, penyunting. Peningkatan Produktivitas Kerbau Melalui Aplikasi Teknologi Reproduksi Dalam Rangka Meningkatkan Kesejahteraan Peternak. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Kerbau. Brebes, 11-13 November 2009. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 93-99.
- Praharani L, Ashari. 2012. Dinamika kelestarian populasi (*herd survival*) kerbau: Kasus di Kabupaten Lebak, Banten. Dalam: Talib C, Herawati T, Praharani L, Sumantri C, Hidayati N, penyunting. Pengembangan Usaha Pembibitan Kerbau melalui Pemanfaatan Keunggulan Daya Adaptasi dan Kesesuaian Inovasi Teknologi dalam Mensukseskan Swasembada Daging Nasional. Prosiding dan Lokakarya Nasional Kerbau. Samarinda, 21-22 Juni 2011. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 76-81
- Praharani L, Talib C, Wibowo B, Isbandi, Rusdiana. 2011. Perbaikan sistem perbibitan dan *rearing* calon pejantan kerbau di Kabupaten Lebak. Laporan Penelitian PIPP. Jakarta (Indonesia): Kementerian Ristek.
- Praharani L, Budiarsana IGM, Juarini E. 2013a. Tingkat kebuntingan ternak kerbau melalui perbaikan pakan dan inseminasi buatan tepat waktu dengan sinkronisasi estrus. Seminar Nasional Pengembangan Agribisnis Peternakan. Purwokerto, 8 Desember 2012. Purwokerto (Indonesia): UNSOED.
- Praharani L, Sianturi RSG, Kristianto LK. 2013b. Peningkatan genetik ternak kerbau melalui inseminasi buatan di Kabupaten Kutai Kertanegara. Laporan Kegiatan Dinas Peternakan Kunker. Kutai Kertanegara (Indonesia): Dinas Peternakan Kunker.
- Praharani L, Sianturi RSG. 2014. Growth performance of outbred calves of Baluran × Banten swamp buffaloes. In: Sustainable Livestock Production in the Perspective of Food Security, Policy, Genetic Resources and Climate Change. Proceedings of the 16th AAAP Animal Science Congress. Vol. II. Yogyakarta, 10-14 November 2014. Yogyakarta (Indonesia): Gadjah Mada University. p 1483-1486
- Praharani L, Sianturi RSG, Budiarsana IGM. 2014. Perkawinan *outbreeding* melalui aplikasi teknologi reproduksi pada ternak kerbau di Provinsi NTB. Laporan Penelitian Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional. Jakarta (Indonesia): Kementerian Ristek.
- Rodas-González A, Huerta-Leidenz N, Vidal A, Colina O, Lopez J, Rodriguez R. 2015. Comparison of water buffalo (*Bubalus bubalis*) with crossbred and purebred Brahman cattle for growth performance on savannah and slaughter traits at four ages in Venezuela. *Anim Prod Sci.* 55:967-977.
- Rossi P. 2013. Timed artificial insemination in the reproductive management of buffalo (*Bubalus bubalis*) herds. [Thesis]. [Napoli (Italy)]: Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Rutberg AT. 1983. Factors influencing dominance status in American Bison cows (*Bison bison*). *Z Tierpsychol.* 63:206-212.
- Santana JL, Oliveira PS, Eler JP, Gutierrez JP, Ferraz JBS. 2012. Pedigree analysis and inbreeding depression on growth traits in Brazilian Marchigiana and Bonsmara breeds. *J Anim Sci.* 90:99-108.
- Sayed AI, Abdel-Salam SA, Elsayed M, Abou-Bakr S. 2012. Inbreeding Coefficient in simulated open nucleus breeding scheme in Egyptian buffalo. *Egypt J Anim Prod.* 49:1-8.
- Sianturi RSG, Purwantara B, Supriatna I, Amrozi, Situmorang P. 2012a. Pengaruh glutation dan penggantian plasma semen kerbau dengan plasma semen sapi terhadap kualitas semen beku kerbau rawa (*Bubalus bubalis*). *JITV.* 17:169-178.
- Sianturi RSG, D.A. Kusumaningrum, L. Praharani, R. Krisnan, W. Nugroho, Y. Widiawati. 2015. Peningkatan Efisiensi Produksi dan Reproduksi Kerbau Lumpur. Laporan Penelitian APBN 2015. Bogor. Indonesia. Balitnak. Kementerian Pertanian.
- Sianturi RSG, Purwantara B, Supriatna I, Amrozi, Situmorang P. 2012b. Optimasi inseminasi buatan pada kerbau lumpur (*Bubalus bubalis*) melalui Teknik sinkronisasi estrus dan ovulasi. *JITV.* 17:92-99.
- Situmorang P, Praharani L, Mahyudin P, Sianturi RSG. 2013. Perkawinan *outbreeding* ternak kerbau melalui aplikasi teknologi reproduksi di Provinsi NTB. Laporan Akhir INSINAS. Jakarta (Indonesia): Kementerian Ristek.
- Situmorang P, Praharani L, Sianturi RSG. 2012. Performans kerbau penghasil susu yang dipelihara di sekitar perkebunan sawit melalui teknologi inseminasi buatan. Dalam: Seminar Nasional Teknologi Peternakan. Mataram, 11 Desember 2012. hlm. 3-13.
- Sulaeman. 2011. Percepatan peningkatan populasi dan kualitas kerbau melalui efisiensi reproduksi. Dalam: Talib C, Herawati T, Matondang RH, Praharani L, penyunting. Percepatan Perbibitan dan Pengembangan Kerbau melalui Kearifan Lokal dan Inovasi Teknologi untuk Mensukseskan Swasembada Daging Kerbau dan Sapi serta Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Peternakan. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Usaha Ternak Kerbau. Lebak, 2-4 November 2010. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 16-22.

- Talib C, Herawati T, Hastono. 2014. Strategi peningkatan produktivitas kerbau melalui perbaikan pakan dan genetik. *Wartazoa*. 24:83-96.
- Thiruvenkadan AK, Rajendran R, Muralidharan J. 2013. Buffalo genetic resources of India and their conservation. *Buffalo Bull*. 32:227-235.
- Toelihere MR. 2001. Potensi dan peluang pengembangan kerbau di Indonesia: Suatu tinjauan reproduksi. Dalam: *Workshop Kebijakan Ketahanan Pangan melalui Pengembangan Kerbau sebagai Sumber Keaneragaman Protein Hewani*. Bogor (Indonesia): Kerjasama Puslitbangnak dan Dinas Pertanian dan Peternakan Provinsi Banten.
- Triwulanningsih E, Haryanto B, Yendraliza. 2012. Respon beberapa metode sinkronisasi estrus dan inseminasi buatan pada kerbau (*Bubalus bubalis*) di Kabupaten Kampar. Dalam: Talib C, Herawati T, Praharani L, Sumantri C, Hidayati N, penyunting. *Pengembangan Usaha Pembibitan Kerbau melalui Pemanfaatan Keunggulan Daya Adaptasi dan Kesesuaian Inovasi Teknologi dalam Mensukseskan Swasembada Daging Nasional*. Prosiding dan Lokakarya Nasional Kerbau. Samarinda, 21-22 Juni 2011. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 61-70.
- Urdaneta NSM, Montiel MCCC, Berrios N, Morillo SN, Belandria J, Andara M, Arias J. 2013. Assessment of the rate of pregnancy in buffaloes crossbred lactation using two protocols CIDR-SYNCH® in 6 and 8 days. *Buffalo Bull*. 32:375.
- Vale WG, Minervino AHH, Neves KAL, Morini AC, Coelho JAS. 2013. Buffalo genetic resources in Latin America: Constraints and treats on its sustainability. *Buffalo Bull*. 32:121-131.
- van Wyk JB, Fair MD, Cloete SWP. 2009. Case study: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *Livest Sci*. 120:218-224.
- Villasmil-Ontiveros Y, Aranguren-Méndez J, Román R, Isea W, Contreras G, Zambrano S, Jordana J. 2008. Pedigree analysis in Criollo Limonero. *Revista Científica*. 18: 284-290.
- Warriach HM, McGill DM, Bush RD, Wynn PC, Chohan KR. 2015. A review of recent developments in buffalo reproduction - A review. In: *Asian-Australasian J Anim Sci*. Vol. 28:451-455.
- Yendraliza, Zesfin BP, Udin Z, Jaswandi, Arman C. 2011. Effect of combination of GnRH and PGF2 $\alpha$  for estrus synchronization on onset of estrus and pregnancy rate in different postpartum in swamp buffalo in Kampar Regency. *J Indonesian Trop Anim Agric*. 36:9-13.
- Yusuf M, Baco S, Karim MN. 2013. Current status of reproductive management in buffalo in West Sulawesi Province, Indonesia. *Open J For*. 3:1-3.