GEJALA *INBREEDING* DALAM PENANGKARAN SATWA LIAR

MACHMUD THOHARI *)

ABSTRACT

Captive breeding of some endangered wildlife species is very important, because the extinction of small population is almost inevitable, therefore, the genetic aspects of this breeding program should be made top priority to be observed. The small population size of any species tend to increase the degradation degree of heterozygosity as a consequence of inbreeding.

Genetic variation and the degree of heterozygosity of natural wildlife populatiŏn are higher than those of inbred population (in captive breeding) of the same species.

Some inbreeding depression in small closed population as well as in captive animals are described in this paper, e.g. viability depression, fecundity depression, sex ratio depression.

To enhance the survival of a species in captive breeding, some strategies are suggested to be carried out, e.g. to avoid starting a population with animals which are already inbred, to prevent starting a population with related animals.

PENDAHULUAN

Pengembangbiakan jenis-jenis satwa liar yang dilakukan secara intensif dalam kandang atau di suatu tempat yang diberi batas, yang lazim diistilahkan sebagai penangkaran, memiliki proses pemeliharaan yang pada dasarnya sama dengan pengembangbiakan pada hewan ternak.

Dalam usaha penangkaran suatu jenis satwa liar, proses adaptasi berlangsung dalam jangka waktu cukup panjang, mulai saat individu satwa ditangkap dari alam sampai pada tahap dimana individu tersebut mampu menyesuaikan diri dengan kondisi lokasi penangkaran dan lingkungannya serta perlakuan-perlakuan yang diterimanya. Demikian pula proses adaptasi masih berlanjut sampai individu tersebut mampu berasosiasi dengan individu-individu lainnya, baik sesama jenis kelamin ataupun yang berlainan jenis kelamin di dalam kondisi penangkaran. Apabila tahap ini telah dapat dilewati maka harapan berikutnya adalah terjadinya proses kopulasi antara individu jantan dengan individu betina, dan apabila tidak terdapat kelainan biologis akan segera menghasilkan pembuahan, kebuntingan dan kelahiran anak. Selanjutnya anak yang dilahirkan akan mengalami proses pertumbuhan, pendewasaan untuk mampu berkembangbiak. Demikian seterusnya.

Walaupun upaya pengembangbiakan jenis-jenis satwa liar melalui usaha penangkaran tidak terlalu mudah dan tidak selalu lancar, namun sampai saat ini di beberapa tempat di Indonesia khususnya di kebun binatang telah berhasil ditangkarkan beberapa jenis satwa

---

*) Staf Pengajar Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

liar, antara lain adalah rusa bawean (*Axis kuhlii*), rusa timor (*Cervus timorensis*), rusa sambar (*Cervus unicolor*), jalak bali (*Leucopsar rothschildii*), buaya muara (*Crocodylus porosus*), penyu hijau (*Chelonia mydas*), gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*), dan beberapa jenis primata.

Di antara jenis-jenis satwa yang ditangkar tersebut, rusa bawean sebagai jenis langka yang dilindungi Undang-Undang merupakan contoh yang berhasil. Usaha penangkaran pertama kali yang dilakukan di kebun binatang Surabaya dimulai dengan memelihara 5 ekor yang ditangkap dari alam (Pulau Bawean) pada tahun 1969 dan 1972 (Harsono dan Suwelo, 1983). Pada tahun 1977 jumlahnya telah mencapai 55 ekor, dan telah tersebar di beberapa lokasi penangkaran lain di Jawa Timur dan Madura ataupun di beberapa kebun binatang di luar Jawa Timur.

Dalam usaha penangkaran, kualitas bibit yang digunakan perlu memperoleh perhatian sangat serius, khususnya dalam hal variasi genetiknya. Hal ini sehubungan dengan kualitas keturunan yang akan dihasilkannya nanti. Makin tinggi variasi genetik dari bibit yang digunakan makin tinggi kualitasnya sebagai induk, demikian pula kualitas yang diharapkan pada keturunannya.

Mengingat bahwa satwa liar pada umumnya dan jenis-jenis langka pada khususnya sangat terbatas jumlah populasinya, maka keberhasilan usaha menangkarkannya merupakan suatu keharusan. Penangkaran satwa liar yang menggunakan bibit dalam jumlah sedikit mempunyai suatu konsekuensi kemungkinan terjadinya **inbreeding**, yaitu perkawinan antara anggota keluarga dekat yang sebenarnya dapat membawa pengaruh jelek dalam kualitas keturunannya.

Oleh karena itu aspek genetik perlu memperoleh perhatian serius dalam suatu usaha penangkaran jenis-jenis satwa langka yang ditujukan untuk menjamin keberadaannya di alam, khususnya dalam program pengawetan keanekaragaman plasma nutfahnya.

PROSES PERKEMBANGBIAKAN

Pengembangbiakan satwa dalam sejarah manusia telah dimulai sejak lama, yaitu ketika manusia mulai berusaha mendomestikasikan jenis satwa untuk pertama kalinya. Pada waktu manusia mulai memilih dan mengembangkan suatu jenis satwa yang terbaik, maka periode ini dapat disebut periode dimulainya bentuk perkembangbiakan (**breeding**) yang pertama kali. Sebagai contoh, dalam periode dimana manusia membutuhkan hewan tunggang untuk transportasi mereka memilih satu jenis satwa yang mempunyai kemampuan lari paling cepat, yaitu kuda. Dalam perkembangannya, mereka mendomestikasikannya, kemudian memilih beberapa individu terbaik untuk dijadikan tetua (**parent stock**), dan digunakan memproduksi generasi-generasi berikutnya.

Proses perkembangbiakan satwa secara nyata dimulai sewaktu sebuah spermatozoon dari individu jantan dewasa mampu menembus dinding sel telur (**ovum**) yang telah masak dari individu betina dewasa. Proses ini lazim disebut pembuahan atau fertilisasi, baik yang berlangsung melalui kopulasi ataupun melalui pembuahan buatan (**artificial insemination**). Setelah proses fertilisasi terjadi, kedua inti sel (dari spermatozoon dan sel telur) menyatu, sehingga berlangsung penyatuan bahan-bahan dasar keturunan dari kedua induknya. Penyatuan ini membentuk **zygote.**

Selanjutnya setiap khromosom yang terkandung dalam inti spermatozoon menyumbangkan satu salinan (**copy**) pada sel telur yang dibuahi. Dengan demikian **zygote** tersebut memiliki dua buah salinan pada setiap khromosomnya (khromosom homolog) yang disebut **diploid** (jumlah khromosom 2 n). Jumlah khromosom pada setiap individu yang diturunkan selalu sama dan tetap dari satu generasi ke generasi berikutnya.

Tahap berikutnya dari proses perkembangbiakan ini adalah telur yang telah terbuahi segera memulai proses pembelahan sel untuk membentuk **embryo** melalui beberapa tahapan. Pada suatu tahap dimana **embryo** mulai tumbuh dengan pesat terjadilah diferensiasi dan formasi sel dari jaringan-jaringan dan organ. Dalam proses diferensiasi sel-sel akan mengalami perkembangan dan perubahan-perubahan struktur dari sifat masing-masing secara teratur, sehingga menghasilkan susunan berbagai tipe sel yang memiliki fungsi khusus yang satu dengan yang lain berbeda, misalnya sel-sel kulit, sel-sel hati dan sel-sel jaringan.

Semua perubahan-perubahan ini dikendalikan dan dipadukan oleh adanya perintah-perintah yang merupakan sifat-sifat keturunan yang dibawa oleh gen-gen dalam setiap sel. Melalui susunan dasar organ, sistem saraf dan hormonal yang telah berkembang maka dimulai adanya kemampuan memainkan peranan penting dalam mengendalikan proses-proses pertumbuhan.

Tahap lebih lanjut, **embryo** tersebut berkembang menjadi **foetus** yang telah mengalami pembentukan semua organ dasar. **Foetus** akan terus mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan di dalam kandungan induknya, sampai mencapai bentuk yang sempurna dan akhirnya dilahirkan.

Anak-anak yang dilahirkan akan mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan hingga menjadi dewasa dan mampu melangsungkan reproduksi, untuk melanjutkan tugas yang telah dilakukan oleh induk dan nenek moyangnya, yaitu menghasilkan keturunan. Demikian berlanjut pada generasi-generasi berikutnya.

VARIASI GENETIK

Telah diuraikan dalam bab di atas bahwa hasil pembuahan individu jantan dan betina akan menghasilkan pewarisan sifat-sifat yang diturunkan kepada anaknya melalui gen-gen dari kedua induknya. Setiap elemen gen-gen yang dimiliki kedua induknya tersebut diasumsikan mampu menghasilkan salinan sifat-sifat yang diturunkan secara persis sama kepada anaknya. Setiap salinan yang ada dalam individu anak diasumsikan pula mampu melakukan fungsi dan efek yang sama sebagaimana halnya dengan individu induk dan nenek moyangnya. Demikian pula unit-unit yang berbeda tersebut mempunyai kemampuan untuk berperan serta atau ambil bagian dalam setiap proses kombinasi yang memungkinkannya berbeda dari kedua induk atau nenek moyangnya. Misalnya unit-unit yang berbeda bertanggung jawab terhadap warna rambut dan bentuk rambut, maka mereka harus mampu pula untuk mengkombinasikan kembali dalam semua kemungkinan kombinasi yang ada. Dalam hal ini di dalam khromosom, atau lebih tepat lagi, asam nukleat terkandung bahan dasar gen-gen sebagai unsur transmisi keturunan.

Variasi pada sifat bawaan dalam suatu kelompok timbul karena adanya faktor keturunan dan faktor lingkungan. Variasi genetik tersebut dapat dimungkinkan akibat adanya individu-individu yang memiliki kombinasi gen-gen (genotipe) yang berbeda. Genotipe tak dapat diamati secara langsung, oleh karenanya perlu menggunakan sifat-sifat luar yang bisa diamati, disebut fenotipe.

Variasi genetik dapat dianalisis melalui beberapa metoda, antara lain sitogenetika dan elektroforesis biokimia. Dengan data yang diperoleh dari analisis elektroforesis enzimatik dapat dihitung frekuensi genotipe dari suatu populasi satwa yang hidup di alam dengan bantuan model dari Hardy-Weinberg, sedangkan identitas gen-gen yang terkandung dalam individu-individu dari suatu populasi dan jarak genetik antar populasi dapat dihitung dengan prosedur dari Nei (1972).

Erikson *et al.* (1976) menunjukkan contoh pada tikus dari jenis *Rattus norvegicus* berdasar penelitiannya antara populasi alam, **outbred** dan **inbred**, menggunakan analisis elektroforesis enzimatik sebagai berikut : diperoleh derajat heterozigositas yang diamati pada **inbred** paling rendah (0,004) dibandingkan dengan populasi alam (0,074) dan populasi **outbred** (0,012); demikian pula untuk derajat heterozigositas yang diharapkan pada populasi **inbred** paling rendah (0,014) dibandingkan dengan populasi alam (0,104) dan populasi **outbred** (0,020).

Variasi genetik suatu populasi dapat dihasilkan secara buatan (**artificial**) dengan hibridasi atau dengan **induced mutation**.

Hibridisasi

Hibridisasi mulai dikembangkan sewaktu para **breeder** mengalami kesulitan untuk menemukan adanya genotipe yang terbaik dari populasi alam. Untuk itu diupayakan suatu hibridasi antara tetua (**parent stock**) untuk memperoleh kombinasi-kombinasi gen yang diinginkan. Pada umumnya hibridasi antar individu-individu dalam satu jenis menghasilkan keturunan yang sepenuhnya subur (**fertile**). Persilangan tertenu antara individu-individu yang berasal dari jenis (spesies) yang berbeda atau individu-individu dari genus berbeda adalah mungkin, tetapi biasanya menghasilkan anak yang steril. Contoh hibridisasi pada satwa adalah bagal yang merupakan hibrid antara kuda dengan keledai. Bagal mencerminkan kombinasi setengah kekuatan kuda dengan daya tahan terhadap panas dari keledai, tetapi hewan hasil hibridisasi ini steril. Pada tanaman, hibrid interspesifik yang steril dapat dikembangbiakkan dengan stek atau cangkok.

Mutasi

Mutasi spontan yang terjadi dalam gen akan menghasilkan peningkatan variasi genetik. Laju mutasi dapat ditingkatkan melalui suatu perlakuan khusus (baik pada tanaman ataupun hewan) dengan radiasi, misalnya dengan sinar X atau sinar neutron, atau dengan mutagen kimia (contoh diethyl sulfat atau ethyleneimine).

Seleksi

Sifat-sifat bawaan yang merupakan warisan kualitatif dapat diseleksi. Sifat-sifat tersebut ditentukan oleh gen-gen yang terdapat pada salah satu atau beberapa bagian dari khromosom. Sebagai contoh sifat-sifat bawaan warisan kualitatif adalah daya tahan terhadap jenis penyakit tertentu pada suatu jenis tanaman, dan ada atau tidak adanya tanduk pada sapi. Seleksi ini relatif mudah dan cepat dilakukan, sedangkan lingkungan berpengaruh kecil terhadap penampakan gen-gen tersebut. Di pihak lain sifat bawaan produksi pada umumnya merupakan sifat warisan kuantitatif. Mereka ditentukan oleh gen-gen yang berlokasi di berbagai tempat dari khromosom dan diturunkan dalam berbagai tingkat, tergantung pada bagaimana gen-gen superior diterima oleh anak. Contoh sifat bawaan warisan kuantitatif adalah kapasitas produksi air susu pada sapi perah dan kemampuan menghasilkan biji pada jagung. Sifat bawaan ini dapat dimodifikasi dengan mudah oleh faktor-faktor lingkungan. Pada seleksi yang ditujukan untuk menghasilkan kemampuan produksi dari suatu bibit, populasi hewan atau tanaman yang dikembangbiakkan harus memiliki persyaratan dalam variasi genetik yang nyata, dan persentase dalam kemampuan menurunkan sifat adalah positif.

Uraian di atas hanya dimaksudkan untuk memberikan gambaran terhadap beberapa perlakuan yang dapat menimbulkan berbagai fenomena dalam variasi genetik. Di dalam program penangkaran sudah tentu tidak semuanya dapat diterapkan, terutama apabila tujuan usaha penangkaran tersebut adalah untuk meningkatkan populasi suatu jenis satwa di alam, sehingga keturunan yang dihasilkan dari usaha penangkaran tersebut harus dikembalikan ke alam (**restocking**). Dengan demikian persyaratan yang tidak memperkenankan adanya perubahan-perubahan genetik dan perilaku suatu jenis satwa dari keadaannya yang asli dapat tetap terpenuhi. Namun demikian teknik tersebut di atas dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi suatu jenis satwa yang mendekati kepunahan karena jumlahnya di dalam sangat kritis. Apabila tidak diberi perlakuan secara khusus perkembangbiakannya tidak akan mungkin berhasil, yang mana berarti berakhirnya kelangsungan hidup jenis satwa tersebut di alam. Meskipun demikian teknik-teknik yang diterapkan sejauh mungkin menjaga supaya sifat-sifat genetik yang mungkin timbul tidak menyimpang dari sifat dasar genetik jenis yang bersangkutan.

INBREEDING DAN PENGARUHNYA TERHADAP KUALITAS KETURUNANNYA

Populasi satwa liar di alam memiliki suatu mekanisme pengaturan populasi, baik secara intrinsik ataupun ekstrinsik. Secara intrinsik dapat melalui proses hormonal (Christian, 1950; 1968, Christian dan Davis, 1964 *dalam* Dajoz, 1974) maupun melalui autoregulasi dari struktur genetik yang dimiliki (Chitty, 1960; 1965; 1967 dan Pimentel, 1961; 1968 *dalam* Dajoz, 1974). Pada beberapa jenis karnivora kecil dari genus *Antechinus*, seluruh individu jantan tiba-tiba akan mati pada akhir musim kawin yang singkat, untuk mencegah kemungkinan terjadinya **inbreeding** antara induk jantan dengan anak betinanya (Leo dan Cockburn, 1985 *dalam* Ralls *et al.*, 1986). Contoh lain adalah pada jenis primata, *Macaca rhesus* (Chyko-Sade dan Sade, 1979 *dalam* Ralls *et al.*, 1986), populasinya tersusun dari individu-individu betina yang hampir semuanya merupakan sanak famili dan individu-individu jantan pendatang (**immigrant**) (Pusey dan Packer, 1986 *dalam* Ralls *et al.*, 1986). Demikian pula umumnya terjadi gejala dispersal jantan, dimana individu jantan sering bertukar tempat antar kelompok **breeding**.

Pada berbagai jenis mamalia dan burung, dispersal kelahiran terjadi sebelum kematangan kelamin (Greenwood, 1980 *dalam* Ralls *et al.*, 1986).

Contoh lain adalah pada singa dan sejenis lutung (**langur**), mereka mempertahankan kelompok betinanya dari pesaing-pesaingnya, tetapi akhirnya dengan terpaksa melepaskannya kepada pejantan lain (Pusey dan Packer, 1986 dan Hardy, 1977 *dalam* Ralls *et al.*, 1986).

Fenomena di atas merupakan suatu mekanisme pengaturan populasi dari jenis-jenis satwa tertentu untuk mencegah kemungkinan terjadinya **inbreeding**.

Lain halnya dengan kelompok individu satwa yang dipelihara dalam penangkaran, dimana mekanisme pengaturan populasi secara alami tidak dapat berfungsi lagi. Apabila jumlah bibit yang ditangkarkan tetap dari generasi ke generasi, maka akan terjadi perkawinan ulang antara individu-individu yang masih mempunyai hubungan keluarga dekat, baik antar anak (F_1 x F_1), antar cucu (F_2 x F_2) ataupun antar anak dan induk (F_1 x P), antar anak dan cucu (F_1 x F_2), antar induk dan cucu (P x F_2), dan seterusnya.

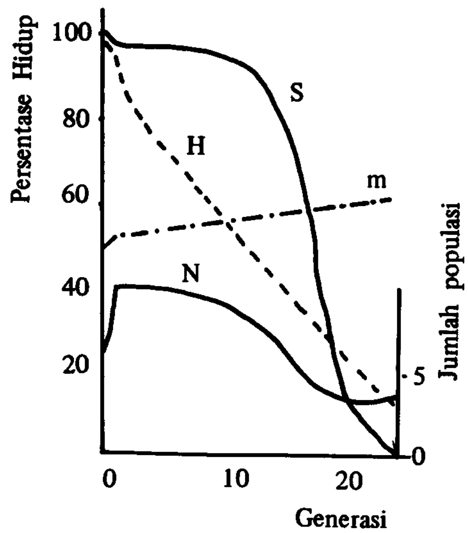
Manakala suatu individu satwa telah menginjak dewasa dan mampu melakukan perkawinan, mereka dapat melakukan perkawinan dengan lawan jenisnya, baik yang berasal dari luar keluarga ataupun yang berasal dari keluarga yang sama, bahkan dengan induknya. Perkawinan yang terjadi antara dua individu yang berasal dari satu garis keluarga dekat, disebut **inbreeding**, pada hakekatnya tidak dikehendaki dalam penangkaran mengingat kualitas keturunan yang dihasilkannya.

Perkembangbiakan dapat dilangsungkan dengan sistem perkawinan yang didasarkan pada persilangan antara keturunan segaris dari bibit tunggal atau antara dua bibit yang berbeda. Individu hasil perkawinan dari keturunan segaris umumnya rentan dalam kemampuan reproduksi, kekuatan/kesegaran badan jelek, dan mengurangi penampilan (**performance**) bibit.

Satwa yang hidup dalam suatu populasi kecil, atau satwa yang dipelihara dalam suatu lingkungan terbatas, misalkan dalam bentuk penangkaran, relatif sangat peka terhadap perubahan beberapa komponen hidupnya. Dalam hal ini Senner (1980) mengemukakan bahwa komponen-komponen tersebut antara lain adalah fekunditas, daya hidup, masing-masing materi genetik yang dimiliki, dan ukuran pemeliharaan. Sedangkan kecenderungan terhadap perubahan komponen lain (**sex ratio**, materi genetik mereka dan ukuran dasar) relatif tidak begitu peka. Nasib selanjutnya dari populasi satwa yang jumlahnya terbatas hampir pasti akan mengalami kepunahan.

Dilihat dari derajat heterozigositasnya, peningkatan **inbreeding** mengakibatkan penurunan angka heterozigositas (Senner, 1980), atau seperti yang dikemukakan oleh Ralls *et al.* (1986) bahwa peningkatan homozigositas dapat menyebabkan tekanan **inbreeding**.

Gambar 1 menjelaskan adanya fenomena tersebut. Heterozigositas (H) yang mungkin terjadi pada suatu populasi besar yang hidup di alam. Dalam keadaan dimana individu-individu anggota populasi tak mempunyai hubungan keluarga, heterozigositas maksimum dinyatakan dengan angka 100. Apabila heterozigositas menurun, rata-rata daya hidup dari anak dan fekunditas induk akan menurun sampai pada tingkat dimana jumlah populasi (N) tidak dapat dipertahankan lebih lama pada batas tersebut.



Gambar 1. Heterozigositas (H), jumlah populasi (N), proporsi anak jantan (m), dan daya hidup (S) pada populasi yang dipelihara di kandang (Senner, 1980).

Proporsi dari anak jantan (m) meningkat (pada mamalia) sebab individu betina cenderung lebih rentan terhadap adanya tekanan **inbreeding**. Kemungkinan daya hidup (S) cukup tinggi sampai 15 generasi, tetapi selanjutnya menurun secara tajam, hingga mendekati nol menjelang generasi ke 25. Kepunahan akan terjadi bila jumlah anak dari setiap jenis kelamin yang hidup dalam satu generasi kurang dari satu individu. Jadi kemungkinan punah merupakan fungsi dari jumlah anak dalam satu generasi (fungsi dari jumlah perkembangbiakan betina dan fekunditasnya), kemampuan hidup dari anak (juga fungsi dari **inbreeding**) dan **sex ratio** anak yang hidup (juga fungsi dari **inbreeding**).

Sebagai gambaran dapat diuraikan demikian : setiap populasi dibentuk oleh sejumlah N individu satwa, kemudian berkembang biak hingga mencapai M individu dalam generasi yang akan datang. Populasi tersebut selanjutnya tinggal tetap pada batas maksimum, M, sampai pada tingkat dimana tekanan **inbreeding** begitu kuat, sehingga laju penggantian anggota populasi tidak dapat tercapai. Akibatnya jumlah populasi akan turun (Senner, 1980).

Selanjutnya Senner (1980) menggambarkan beberapa kasus kepekaan dari model dengan beberapa peubah, sebagai berikut :

Fekunditas

Sewaktu laju reproduksi tinggi, terdapat ekses keturunan, yang memungkinkan terjadinya seleksi terhadap kesegaran individu atau sifat bawaan lainnya. Sewaktu laju reproduksi rendah jumlah anak yang dihasilkan sedikit, sehingga setiap individu satwa dibutuhkan untuk dijadikan bibit bagi generasi yang akan datang. Keadaan ini mengakibatkan tidak mungkin dilakukannya seleksi. Contoh yang sangat berhasil dari perkembangbiakan satwa di kandang adalah dua spesies yang mempunyai hubungan dekat dengan binatang domestik biasa : Kuda Przewalski (*Equus przewalkii*) dan bison (*Bison bonanus*).

Tekanan terhadap daya hidup

Apabila koefisien **inbreeding** meningkat, jumlah anak yang mampu untuk hidup menurun. Penurunan ini disebut sebagai tekanan **inbreeding**, yang meliputi tiga macam : tekanan terhadap kemampuan hidup, tekanan terhadap fekunditas, dan tekanan terhadap **sex ratio**. Tekanan terhadap kemampuan hidup merupakan kegagalan dari keturunan untuk hidup sampai umur dewasa, sebagai fungsi dari koefisien **inbreeding** keturunannya.

Tekanan terhadap fekunditas

Satwa-satwa **inbred** cenderung steril dibandingkan satwa-satwa **outbred**. Induk **inbred** merupakan induk yang lebih rentan dibandingkan dengan induk **outbred**. Kedua faktor tersebut berperan menurunkan fekunditas asal dari pasangan satwa, sebagai fungsi dari tingkat **inbreeding** induknya.

Tekanan terhadap sex ratio

Sex ratio akan mengalami perubahan selama proses **inbreeding**. Tampaknya hal ini disebabkan oleh keadaan bahwa khromosom X jantan (pada mamalia) selalu hemizigote, bebas dari **inbreeding**. Pasangan khromosom X betina dapat meningkatkan homozigositas karena penambahannya dalam **inbreeding**. Oleh karenanya jumlah individu-individu jantan biasanya meningkat dalam derajat **inbreeding** yang lebih tinggi (catatan : pasangan khromosom jantan XY dan khromosom betina XX). Dalam hal ini **set ratio** yang tak seimbang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup populasi dengan cara sebagai berikut :

1. Secara langsung : dengan kemungkinan mengurangi paling tidak satu individu dari setiap jenis kelamin yang hidup dan berkembangbiak.
2. Secara tak langsung : dengan meningkatkan laju **inbreeding**.

LANGKAH - LANGKAH UNTUK MENGURANGI INBREEDING

Beberapa cara pengelolaan dalam usaha penangkaran satwa dapat dikerjakan untuk mengurangi inbreeding, yaitu :

1. Dalam penangkaran satwa perlu dibuat program perkawinan yang teratur, disertai dengan pencatatan lengkap terhadap semua individu yang ada. Dengan demikian setiap individu dapat diketahui secara pasti kedudukannya dalam keluarga dan silsilahnya. Hal ini dapat mengurangi kemungkinan terjadinya inbreeding.
2. Dalam awal usaha penangkaran hendaknya dihindarkan pengambilan individu-individu satwa dari suatu populasi, dimana terdapat individu inbred. Di dalam suatu kelompok satwa yang terdiri atas individu-individu yang tak mempunyai hubungan keluarga tetapi masing-masing individu merupakan satwa inbred, maka keanekaragaman genetik yang dimiliki diperkirakan setengahnya daripada yang dimiliki oleh kelompok yang tak mempunyai hubungan keluarga dan sama sekali bukan merupakan satwa inbred (Senner, 1980).
3. Untuk memulai usaha penangkaran hindarkan penggunaan populasi satwa dimana anggota populasinya saling mempunyai hubungan keluarga (Senner, 1980).
4. Secara berkala perlu dimasukkan individu-individu baru ke dalam kelompok yang sedang ditangkar, yang mana kedua kelompok tersebut tak mempunyai hubungan keluarga. Tindakan ini sebagai upaya memberikan penyegaran genetik ke dalam kelompok lama.

KESIMPULAN

1. Suatu jenis satwa liar di alam yang ukuran populasinya dalam keadaan sangat rendah perlu segera ditangkarkan.
2. Inbreeding dapat mengakibatkan satwa hasil penangkaran mengalami penurunan fekunditas, daya hidup dan keseimbangan sex ratio.
3. Penangkaran satwa liar yang menggunakan individu-individu dalam jumlah terbatas sebagai bibit, dapat menimbulkan terjadinya inbreeding, yaitu perkawinan antara individu-individu yang masih mempunyai hubungan keluarga dekat.
4. Individu-individu satwa yang dipelihara dalam suatu penangkaran kemungkinan besar mempunyai variasi genetik lebih rendah dibandingkan dengan yang ada di populasi alam. Demikian pula variasi genetik suatu populasi kecil di alam lebih rendah dibandingkan dengan yang mempunyai populasi besar.
5. Beberapa langkah yang dapat mengurangi terjadinya inbreeding dalam penangkaran satwa adalah :
   (a) pengambilan bibit satwa dari populasi berbeda.
   (b) melakukan test heterozigositas pada satwa yang akan digunakan sebagai bibit. Lebih tinggi derajat heterozigositasnya, nilai satwa sebagai bibit lebih baik.
   (c) melakukan pencatatan silsilah yang teratur untuk setiap individu yang ditangkar.

(d) memasukkan individu-individu baru secara berkala, yang bukan merupakan satwa **inbred** atau yang tidak mempunyai hubungan keluarga dengan satwa yang telah ada. Individu baru tersebut dapat berasal dari populasi alam ataupun dari tempat penangkaran lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk Ir. Sumarjono Soedargo yang telah meminjamkan bahan-bahan yang sangat bermanfaat dalam penulisan makalah ini. Juga untuk Ir. Haryanto yang telah memberikan bantuan dalam persiapan dan pengetikan naskah, sehingga memungkinkan selesainya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

DAJOZ, R. 1974. Dynamique des populations. Masson et Cie, Paris.

ERIKSON, K., O. HALKKA, J. LOKKI AND A. SAURA. 1976. Enzyme polymorphism in feral, outbred and inbred rats (*Rattus norvegicus*). Heredity 37 (3) : 341 - 349.

FREY, K.J. 1980. Breeding. Encyclopedia Americana. Vol. 4 : 496 - 499. Grolier Inc., Connecticut.

HARSONO, R.M. DAN I.S. SUWELO. 1983. Rusa bawean hasil pengembangbiakan kebun binatang Surabaya ditangkarkan di Pulau Madura. Proc. Seminar Satwa Liar, pp. 43 - 51.

NEI, M. 1972. Genetic distance between populations. Amer. Nat. 106 (949) : 283 - 292.

RALLS, K., P.H. HARVEY AND A.M. LYLES. 1986. Inbreeding in natural populations of birds and mammals. *In* : Soule, M.E. (Ed). Conservation biology : The Science of Scarcity and Diversity, pp. 35 - 56. Sinaeur Assoc. Inc. Publ., Massachussets.

SENNER, J.W. 1980. Inbreeding depression and the survival of zoo populations. *In* : Soule, M.E. and B.A. Wilcox. Conservation Biology : An Evolutionary Ecological Perspective. pp. 209 - 242. Sinaeur Assoc. Inc. Publ., Massachussets.