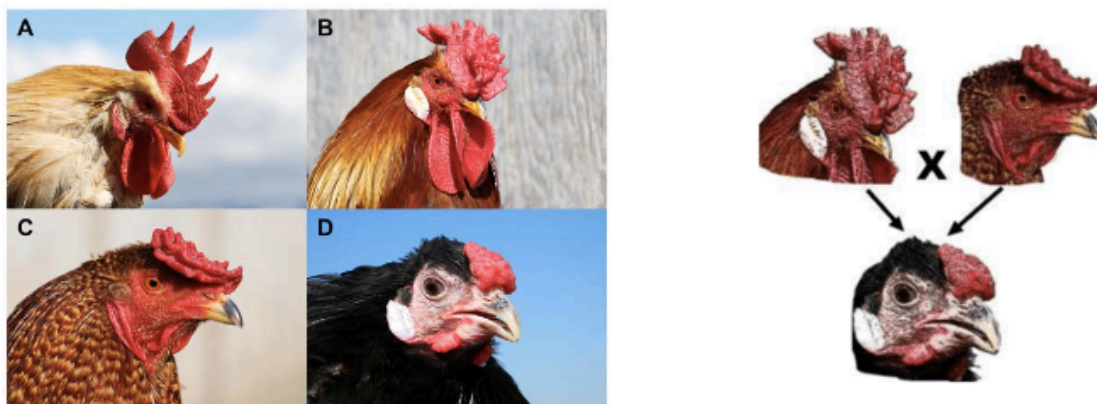


BAB III. SISTEM PERKAWINAN PADA AYAM

3.1. Potensi Genetik Ayam

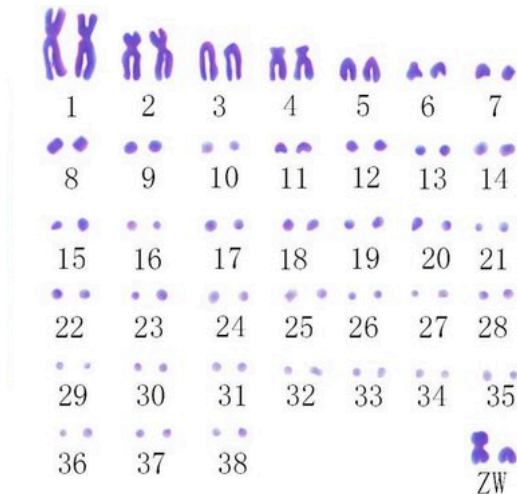
Faktor utama yang mengatur kinerja produksi dalam berbagai hal pada tubuh hewan adalah komposisi genetik. Sekitar 80 persen kinerja unggas dipengaruhi oleh komponen gen dan 20 persen komponen lingkungan untuk memanfaatkan potensi genetik semaksimal mungkin. Pada dasarnya jika bangsa-bangsa (*breed*) unggas memiliki susunan genetik yang buruk, maka apapun kondisi manajemennya walaupun dengan sangat ilmiah, tidak akan diinginkan sebagai produsen yang ekonomis dan menguntungkan. Kombinasi dan ikatan gen yang berkualitas tinggi pada bangsa, varietas dan strain tertentu akan melibatkan banyak praktek pemuliaan ilmiah dan keterampilan yang konsisten. Hal ini merupakan pekerjaan ketrampilan teknis yang membutuhkan upaya terus-menerus dan tidak kenal lelah untuk waktu yang lama. Gregor Mendel dianggap sebagai bapak genetika yang telah merumuskan beberapa hukum dasar dalam genetika berdasarkan pengamatannya yang menjadi dasar sebagian besar keterampilan genetika saat ini.

Tidak ada dua individu yang genetiknya persis sama. Setiap individu akan berbeda satu sama lain karena genetiknya bervariasi. Hal ini disebabkan setiap orang tua akan mentransmisikan (mengalirkan) satu gen atau pasangan gen ke keturunannya dan variasinya tergantung pada heterozigositas (campuran) jumlah pasangan gen dari orang tuanya. Separuh pasangan gen merupakan warisan dari masing-masing induk (orang tua) dan separuh pasangan dari lingkungan yang diterima oleh masing-masing keturunannya. Ayam memiliki total 39 pasang kromosom (Gambar 1) dan masing-masing membawa banyak gen, beberapa mungkin juga 100 buah gen. Jumlah gamet (pasangan gen) yang dihasilkan sangat banyak sehingga menghasilkan kombinasi sifat/karakter (herediter) yang sangat besar. Ekspresi karakter disebabkan oleh satu atau lebih gen. Unit dasar pewarisan sifat individu adalah gen dan bukan karakter.



Gambar 1. Empat fenotipe jengger pada ayam yang segregasi (pemisahan) alel (pasangan) gennya dapat dijelaskan dari kombinasi jengger *Rose* (B) dan interaksinya. (A) Jantan tipe liar jengger *Single* ($rr\ pp$), (B) Jantan jengger *Rose* ($R-\ pp$), (C) Jantan jengger *Pea* ($rr\ P-$) dan (D) jantan jengger *Walnut* ($R-\ P-$). (Sumber: Foto oleh Freyja Imsland (A–C) dan David Gourichon (D). doi:10.1371/journal.pgen.1002775.g001). Gambar sebelah kanan menunjukkan bentuk jengger *Pea* disilangkan dengan bentuk jengger *Rose* menghasilkan campuran sifat homosigot dominan bentuk jengger *Walnut*.

Hewan unggas telah terbukti dapat beradaptasi secara teratur untuk mengatasi kondisi iklim yang kurang sesuai, sehingga hal ini memungkinkan unggas dapat bertahan hidup di lingkungan kondisi iklimnya lebih ekstrim. Sebagai telah dijelaskan dalam bab sebelumnya bahwa ayam ras pedaging telah mencapai tingkat produktif yang tinggi dikarenakan perbaikan genetik yang terus menerus, namun karena kurangnya sistem termoregulasi yang efektif dan metabolisme yang meningkat, maka jenis ayam ini memerlukan adaptasi yang lebih besar terhadap tekanan lingkungan yang keras. Sebaliknya, ayam kampung umumnya memiliki performa genetik dan morfologis serta sifat liar-nya yang membantu menghadapi kondisi lingkungan yang keras. Ayam kampung memiliki kapasitas yang lebih besar untuk mengatasi cekaman panas. Namun, mereka memberikan tingkat produksi yang lebih rendah karena ayam kampung jarang atau bahkan tidak pernah menjadi sasaran program pemuliaan (Perini 2020).



Gambar 2. Kromosom ayam; sebanyak 39 pasang (38 pasang autosome dan 1 pasang kromosom sex/kelamin (ZW= betina)

(Sumber: Ji et al., 2016)

Meskipun perpindahan (transfer) gen intra dan antar spesies secara teoritis memungkinkan, namun masih banyak masalah teknis, etika, dan penerimaan konsumen yang masih harus diselesaikan. Selain itu, gen spesifik dengan pengaruh yang signifikan (nyata) terhadap pertumbuhan dan konversi pakan belum diidentifikasi sebagai kandidat / calon untuk transfer gen. Kontribusi tidak langsung dari teknik-teknik tersebut melalui pengembangan vaksin, obat-obatan, biji-bijian untuk pakan, dan bahan-bahan lain yang berdampak lebih baik dan signifikan pada kinerja dan efisiensi pertumbuhan daging unggas. Meskipun perkembangan teknik genetika molekuler terus menjanjikan untuk perbaikan unggas komersial, namun teknik ini cenderung tetap bekerjasama dengan metode tradisional daripada menggantikannya.

Keberhasilan setiap program pemuliaan sangat tergantung pada genetika dari populasi nenek moyang / leluhur (*ancestor*), karena hal ini akan menyediakan alternatif potensi genetik yang dapat dipilih. Hal ini merupakan pertimbangan yang sangat penting untuk setiap program pemuliaan unggas yang melibatkan beberapa galur ayam. Karena dimungkinkan banyak generasi yang diseleksi untuk rentang / bentang sifat yang sempit dan mungkin telah menghilangkan variasi genetik yang diperlukan untuk pemuliaan ternak untuk rentang genetik yang lebih luas. Keragaman genetik yang ada pada galur murni komersial modern diduga hanya 50% dari yang dimiliki oleh para leluhurnya (Muir *et al.* 2008). Hal ini menunjukkan bahwa mencari karakter genetik (genotipe) di luar stok komersial yang telah ada saat ini adalah menjadi penting. Seleksi buatan pada ayam pedaging juga telah menyebabkan peningkatan tingkat rekombinasi gen (Groenen *et al.*, 2009), dan memberikan berbagai variasi yang terus-menerus di setiap generasi ternak (Dawkins & Layton 2012).

3.1. Metode Perkawinan

Di peternakan khusus pembibit ayam (*breeder*) yang populasi ayamnya ribuan, maka seluruh urutan perilaku kawin pada hewan jantan maupun betina tidak selalu terjadi, seperti tarian rayuan ayam jantan untuk menarik betina. Ayam adalah poligini tetapi jantan dan betina tertentu secara selektif kawin secara teratur. Beberapa betina dalam kelompok / *flock* akan menunjukkan penghindaran terhadap jantan tertentu, dan karena itu maka betina tersebut jarang dikawin oleh jantan tersebut.



Gambar 3. Beberapa perilaku ayam jantan mendekati ayam betina untuk dikawin

Ayam jantan biasanya ejakulasi (menghasilkan sperma) antara 100 juta dan lima miliar sperma pada suatu waktu dengan konsentrasi yang lebih besar di pagi (awal) hari daripada di sore (akhir) hari, dikarenakan terjadi pengurangan jumlah dan konsentrasi sperma akibat terjadinya banyak perkawinan. Rata-rata ejakulasi pertama sekitar 1 ml tetapi setelah beberapa kali ejakulasi, maka volume rata-rata akan berkurang menjadi 0,5 ml atau kurang. Data ini diperoleh dari koleksi (pengumpulan) semen seperti yang dilakukan pada inseminasi buatan (IB) (kawin suntik). Jumlah sperma dan volume per ejakulasi harus lebih rendah pada perkawinan alami daripada pengumpulan sperma dengan stimulasi (rangsangan) buatan dan pijat perut pada teknik IB. Frekuensi kawin mengikuti pola diurnal dengan frekuensi kawin mencapai puncaknya pada awal (pagi) dan akhir (sore) hari.

Seekor ayam jantan dapat kawin sekitar 10 hingga 30 kali atau lebih per hari, tergantung pada ketersediaan ayam betina dan persaingan dari ayam jantan lainnya. Namun, jumlah sperma per ejakulasi jarang yang kurang dari 100 juta, yaitu jumlah minimum yang diperlukan untuk mempertahankan kesuburan yang tinggi. Melalui perkawinan alami, kesuburan akan lebih baik bila perkawinan terjadi setelah induk ayam bertelur dengan cangkang keras. Namun, jika ayam

sering dikawinkan (setiap hari), kemungkinan tidak akan terjadi perbedaan fertilitas (kesuburan) yang mencolok terlepas dari kapan perkawinan terjadi.

Ayam jantan memiliki lingga (lobang kelamin) kecil yang menjadi membesar dengan getah bening untuk membentuk organ sanggama (persetubuhan). Organ sanggama yang belum sempurna, maka pada saat kawin sering tidak bisa terjadi penetrasi (pemasukan sperma ke alat kelamin betina). Ayam betina membalikkan vaginanya selama sanggama, yang membantu mentransfer air mani (sperma) ke dalam saluran telur. Bebek, angsa, dan beberapa burung lainnya memiliki organ kopulasi/sanggama yang lebih jelas.

Pemahaman tentang perilaku kawin alami pada ayam dapat membantu manajer breeder (peternak pembibit) dan produsen untuk mengamati urutan perilaku kawin ayam dalam flock (kandang kelompok) untuk menilai apakah fertilitas flocknya baik, sedang atau buruk. Di kandang ayam kelompok ini, perhatikan frekuensi betina yang keluar dari batas-batas proteksi agar bisa dikawinkan. Ketika sebagian besar betina enggan memasuki area berkumpul (lantai), maka ini merupakan tanda bahwa pejantan mungkin terlalu agresif dan akibatnya kesuburan bisa terganggu.

Kondisi yang baik adalah jika ayam betina dapat berinteraksi di area lantai kandang pada waktu sebelum dan segera setelah produksi telur dimulai agar ayam biasa bergerak ke arah sarang dalam kandang.

3.1.1. Pemilihan Galur Ayam Calon Tetua

Beberapa hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa terdapat korelasi atau hubungan antara suatu karakter atau sifat dengan sifat-sifat lain dalam individu ternak, sebagai contoh pada ayam pedaging terdapat hubungan yang erat (tinggi) antara bobot tetuanya dengan bobot keturunannya pada umur delapan minggu, maka seleksi (pemilihan) sebaiknya dilakukan pada umur tersebut. Perhatian lebih ditekankan untuk ayam pejantan tetua dalam seleksi dibandingkan untuk galur / strain tetua betina. Karena, secara jalur genetik pejantan lebih banyak peluang untuk menyebarkan gen melalui sel-sel gamet (sel kelamin) dibandingkan betina. Sehingga, pemilihan pejantan untuk sifat-sifat unggul yang diinginkan akan menentukan keturunannya dari hasil perkawinan dengan betina yang terpilih.

Nilai korelasi atau hubungan antara bobot tetua pada saat dewasa kelamin dan keturunannya pada ayam pedaging adalah rendah / kecil, karena seleksi berdasarkan bobot ayam yang akan bertelur atau umur lebih dari 8 minggu sangat sulit. Meskipun perbandingan persentase ayam jantan dan betina yang dihasilkan dari hasil perkawinan adalah sama, namun lebih banyak penekanan seleksi (eliminasi) diterapkan untuk ayam jantan daripada ayam betina.

Karena sistem seleksi ini tidak menghasilkan perbedaan pengaruh untuk generasi berikutnya disebabkan ayam jantan yang dibutuhkan lebih sedikit daripada ayam betina.

3.1.2. Seleksi (Pemilihan) Pejantan Ayam

Pertama-tama harus ditetapkan persentase jantan yang harus dipertahankan pada umur syarat kematangan seksual (dewasa kelamin). Biasanya 60 % pejantan dipertahankan pada umur hingga tua (tidak produktif). Empat puluh persen umur delapan minggu dengan komposisi 12-15 % nya umur matang seksual (dewasa kelamin). Persentase lebih banyak pada umur tahap awal dan menengah, karena nantinya akan terjadi penurunan akibat kematian dan seleksi pada periode selanjutnya. Untuk seleksi setidaknya 15 % populasi ditimbang bobot badan secara individual dalam group (kelompok) atau kandang, sebagai perwakilan semua ayam pada umur delapan minggu. *Recording* atau catatan bobot badan ini di lembar terpisah, mulai dari bobot yang terberat dan diakhiri dengan bobot paling ringan. Sesuai dengan persentase yang diperlukan, maka hitungan jumlah pejantan yang 15 % harus dipisahkan, mulai dari yang terberat hingga yang paling ringan. Angka bobot badan tercapai menjadi bobot minimum untuk seleksi. Singkirkan ayam jantan yang bobotnya di bawah standar minimum yang ditetapkan oleh penimbangan individu. Berat sampel harus diambil di setiap kandang untuk meniadakan pengaruh variasi.

3.1.3. Seleksi (Pemilihan) Induk Betina Ayam

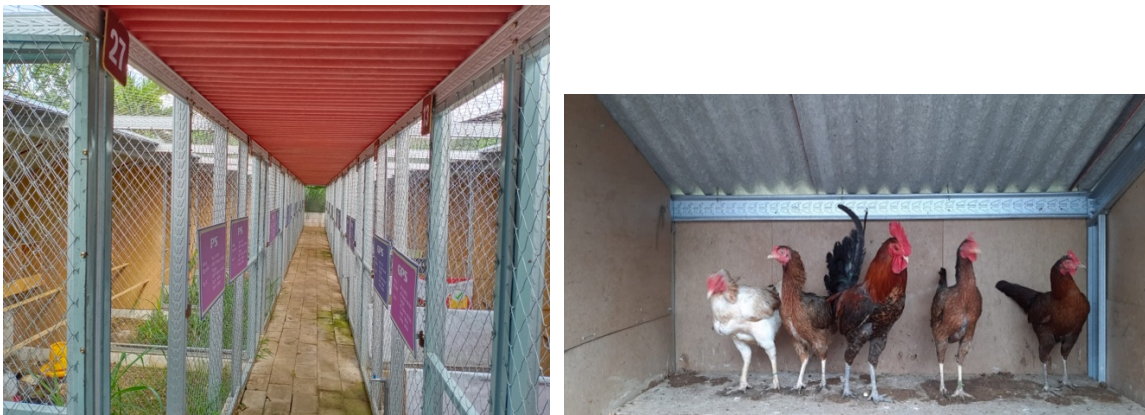
Seleksi untuk betina dilakukan dengan jumlah seleksi yang lebih rendah daripada jantan. Sekitar 80 % betina dipertahankan pada usia delapan minggu. Berat badan tidak banyak digunakan untuk seleksi betina. Seleksi kadangkala dapat dilakukan dengan prosedur yang sama yang diterapkan untuk jantan, tetapi biasanya dilakukan dengan mengikuti metode penyingkiran (*culling*) yang normal, yaitu ayam dipilih berdasarkan penampilan umum, kondisi tubuh, konfirmasi, pola ganti kulit, dll.

3.1.4. Metode Perkawinan (*Mating*)

Metode perkawinan memainkan peran yang penting dalam memperoleh kesuburan telur dari unggas hasil pembibitan. Ada lima metode kawin yang umum digunakan, di mana perkawinan metode kandang (pen) dan perkawinan kelompok banyak diterapkan dalam usaha komersial. Sementara perkawinan berbasis pejantan, kawin bergilir dan inseminasi buatan (AI) penting dari sudut pandang penelitian.

a. Perkawinan Kandang *Pen* (*Pen Mating*)

Model perkawinan ini umumnya digunakan untuk penetasan silsilah atau keturunan. Tetua (orang tua) dari ayam yang akan dihasilkan keturunannya dapat ditentukan dalam kandang betina. Jumlah betina yang diperbolehkan untuk dikawinkan lebih banyak dengan pejantan tunggal dalam kelompok kecil di kandang dan terpisah untuk setiap jantan. Rasio (perbandingan) jantan dan betina sekitar 1 : 5 – 10. Tetapi pada model perkawinan ini tingkat kesuburan mungkin tidak sebaik pada model perkawinan kelompok, karena biasanya jantan yang menuju kandang betina mungkin tidak suka kawin dengan betina tertentu dan sebaliknya.



Gambar 4. Contoh model kandang pen untuk perkawinan ayam

b. Perkawinan dalam Kawan / Kelompok (*Flock Mating*)

Ini adalah metode perkawinan ayam yang umum digunakan di sebagian besar peternak pemulia (pembibit). Sekitar 20-30 pejantan ayam dicampurkan dengan sekitar 250-300 ayam betina dalam suatu kelompok / kawan di suatu kandang. Hal ini mengurangi kemungkinan kejadian kesamaan / kemiripan genetik pada keturunannya atau kedekatan genetik (*inbreeding*) dalam perkawinan dan diperoleh fertilitas yang sangat baik, tetapi silsilah keturunannya tidak dapat diketahui.



Gambar 5. Perkawinan dalam kelompok / kawanan (*flock*)

c. Perkawinan Pejantan (*Stud Mating*)

Dalam model perkawinan ini maka pejantan ditempatkan di kandang dan betina dipasangkan satu per satu dengan jantan. Perkawinan ini hanya untuk waktu tertentu, setelah kawin maka betina dikeluarkan dari kandang tersebut. Metode ini sangat baik untuk meningkatkan utilitas jantan yang luar biasa dan untuk meningkatkan hasil perkawinan silsilah, sehingga model perkawinan ini lebih mahal dikarenakan banyak kandang yang digunakan untuk pasangan perkawinan ayam.



Gambar 6. Perkawinan dalam kandang pejantan (*stud mating*)

d. Perkawinan Bergilir (*Shift Mating*)

Dalam metode ini pejantan dipindahkan dari satu kandang ke kandang lain dalam jangka waktu tertentu. Teknik perkawinan ini membantu untuk pengujian menyeluruh terhadap betina karena betina akan dipasangkan pada beberapa pejantan untuk kawin. Tetapi untuk menjaga keakuratan induk, metode ini sedikit sulit karena telur yang subur dapat diproduksi selama satu sampai dua minggu bahkan setelah mengeluarkan pejantan dari kandang itu. Rekomendasi untuk mengatasi masalah ini adalah membuang telur selama satu minggu setelah pemindahan pejantan lama dan kandang khusus pejantan baru. Dengan mengadopsi pergeseran setelah rentang waktu yang singkat, sejumlah besar jantan dapat diuji dengan penilaian yang memadai terhadap betina yang untuk dikembangbiakan.

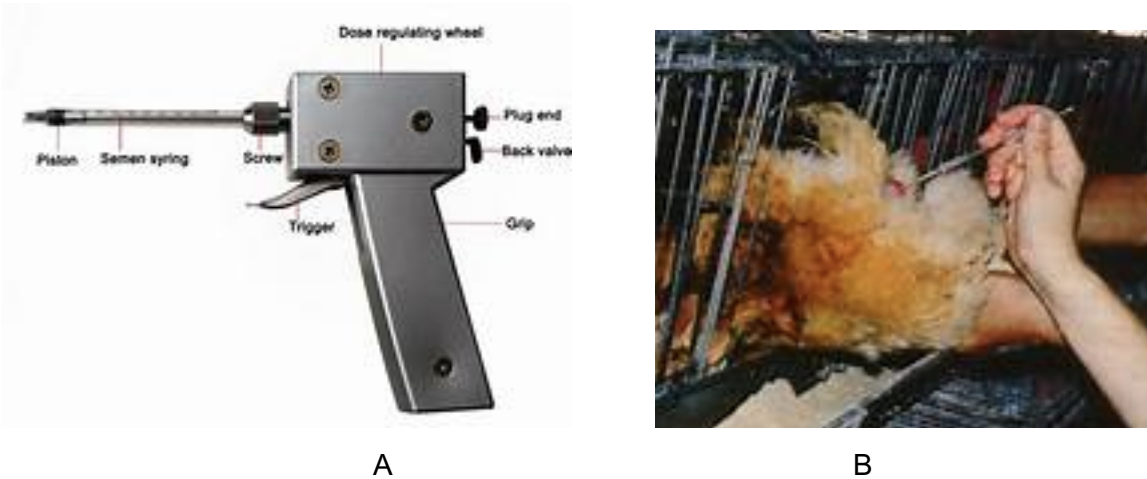
e. Perkawinan dengan Inseminasi Buatan (IB)

Metode perkawinan ini tidak umum digunakan pada ayam, karena biasanya diaplikasikan pada ternak besar, seperti sapi atau kerbau. Tetapi cukup umum di peternakan kalkun karena masalah fertilitas (kesuburan) yang lebih rendah dibandingkan pada ayam. Alasan IB ini jarang digunakan pada peternakan ayam komersial, selain ayam cukup mudah dengan kawin alam, dikarenakan jarang tersedianya personel terlatih dan biasanya yang lebih banyak tenaga kerja terlibat dalam penanganan pemeliharaan ayam. Tetapi jika dipraktekkan, ini adalah metode yang sangat baik untuk meningkatkan efisiensi program pemuliaan. Karena akan lebih meningkatkan kegunaan ayam pejantan, menghilangkan strata sosial dalam perkawinan alami ayam, meminimalkan risiko penyebaran penyakit dan meningkatkan akurasi dalam penentuan keturunan, sehingga lebih menguntungkan.

Inseminasi buatan banyak dipraktekkan secara luas pada peternakan kalkun komersial. Hal ini terutama saat dilakukan untuk seleksi hasil dari pembiakan selektif untuk kalkun komersial yang lebih berat dan berdada lebih lebar. Disamping itu sering akibat ketidakmampuan pejantan kalkun untuk secara konsisten mentransfer semen ke kalkun betina saat kopulasi. Industri ayam pedaging belum mengadaptasi AI sejauh pada industri kalkun, tetapi kadangkala digunakan pada ayam pedaging komersial untuk mempertahankan silsilah genetik dan di daerah di mana tenaga kerja relatif murah.

Untuk memahami besarnya teknik IB dalam industri kalkun dibandingkan dengan ternak ayam, maka jika seumpama dalam *flock* (kelompok) terdapat 500 ayam bibit (*breeder*) diinseminasi dengan 100 L semen encer (1:1) dua kali seminggu sebelum permulaan produksi telur dan sekali seminggu setelahnya untuk 24 minggu produksi telur, maka akan memerlukan 13.000 inseminasi menggunakan 650 mL air mani. Sehingga, jelas dengan besaran angka tersebut,

maka pengumpulan semen (sperma) dan inseminasi ayam adalah padat karya karena setiap jantan dan betina ayam harus ditangani setiap minggu.



Gambar 7. Alat IB ayam (A) dan aplikasi IB pada ayam (B)

Meninjau kembali penggunaan AI dalam industri kalkun, maka orang dapat mengatakan dengan pasti bahwa pada tahun 1960-an, yang awalnya inseminasi mingguan didasarkan pada penggunaan semen (sperma) murni dari volume semen per dosis. Namun, pada tahun 1970-an dan awal 1980-an, peternakan kalkun mulai mengencerkan semen dan jumlah sperma yang dinseminasikan telah diketahui per dosis-nya. Pada pertengahan 1980-an hingga 1990-an, betina awalnya diinseminasi seminggu sebelum permulaan bertelur dan inseminasi dilakukan dengan jumlah sperma yang dosisnya diperkirakan 'sesuai' dengan kebutuhan fertilisasi. Hingga saat ini, inseminasi sebelum permulaan produksi telur tetap dipraktikkan secara luas, sebagian besar di perusahaan komersial, walaupun tidak semuanya.

Inseminasi buatan adalah praktik umum di industri perunggasan, terutama di industri kalkun. Di Amerika Utara dan Eropa menggunakannya hampir secara eksklusif untuk produksi telur tetas. Industri ayam pedaging belum mengadaptasi IB sepenuhnya karena beberapa alasan, diantaranya: 1) diperlukan banyak ayam pedaging yang perlu diinseminasi setiap minggu; 2) biaya tenaga kerja akan terpengaruh sangat signifikan; 3) investasi awal dalam kandang khusus untuk ayam pejantan; 4) sarana yang efisien dan hemat biaya untuk penerapan secara benar aplikasi inseminasi buatan (perkandangan dan penanganan ayam) masih perlu dikembangkan; dan 5) adanya kekhawatiran bahwa setelah beberapa generasi pembiakan ayam dengan IB, maka perilaku ayam yang terkait dengan perkawinan alami kemungkinan berkurang. Terlepas dari kekhawatiran ini, manfaat IB untuk ayam mencakup beberapa hal berikut : 1) rasio jantan:betina akan meningkat dari 1:10 untuk kawin alami menjadi 1:25 dengan IB; 2) dengan

penggunaan pejantan lebih sedikit jantan, maka akan ada fokus seleksi yang lebih besar pada ciri-ciri jantan yang penting secara ekonomi dan selanjutnya kemajuan genetik yang lebih besar per generasi; 3) kekhawatiran biosekuriti yang terkait dengan “*spiking*” (penundaan) penuaan pada kelompok ayam karena masuknya jantan baru dan/atau umur lebih muda untuk meningkatkan frekuensi kawin dan kesuburan akan dihilangkan; dan, 4) perbedaan konformasi tubuh antara jantan dan betina yang mempengaruhi transfer sperma saat kawin tidak lagi menjadi pertimbangan.

Latihan Soal:

1. Mengapa identifikasi sifat-sifat penting pada ayam perlu diketahui sebelum dilakukan perkawinan untuk tujuan menghasilkan keturunan yang diinginkan?
2. Mengapa sistem perkawinan ini menjadi perhatian penting dalam perusahaan komersial ayam pedaging maupun petelur?
3. Sebutkan beberapa metode perkawinan dalam ayam untuk tujuan komersial?
4. Apa yang dimaksud insmeinasi buatan (IB) pada ayam dan mengapa Teknik ini lebih banyak digunakan pada peternakan kalkun komersial daripada ayam komersial?
5. Identifikasikan karakter atau penampilan apa saja yang menurut saudara berhubungan dengan produksi telur dan daging?

Rangkuman

Perkawinan pada ayam merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi mutu genetik ayam. Hal ini dikarenakan jika proses penerusan sifat genetik yang bagus maupun membuat kombinasi genetik yang diinginkan pada individu, diperlukan pertemuan masing-masing gen yang dimiliki oleh individu tersebut. Sedangkan transfer genetik ini bisa dilakukan jika gen-gen tadi dikemas dalam media yang bisa berfungsi sebagai alat pemindah dari masing-masing individu tetuanya (orang tua). Dalam sistem biologis, maka sel kelamin berfungsi sebagai media pembawa gen-gen individu yang dirangkai dalam bentuk kromosom dalam sel kelamin ini. Oleh karena itu, menjadi sangat penting untuk mempertemukan sel-sel kelamin (jantan dan betina) ini sehingga terjadi fertilisasi (pembuahan) sel jantan ke sel betina untuk membentuk individu baru yang terdiri dari campuran gen-gen tetua tersebut.

Ada beberapa teknik dalam proses perkawinan ayam, diantaranya metode pen mating, flock mating, stud mating, shift mating dan artificial insemination (AI) / inseminasi buatan (IB). Masing-masing teknik ini memiliki kelebihan maupun kebutuhan pemuliabiakan / pembibitan (breeding). Pada perusahaan perbibitan yang menggunakan galur murni (*pure line*), maka perkawinan

secara pen mating atau inseminasi buatan lebih disarankan karena silsilah tetua keturunannya bisa dilacak dengan jelas dibandingkan teknik perkawinan lain yang melibatkan pejantan maupun betina secara kelompok atau massal. Namun, untuk Teknik IB lebih banyak digunakan pada perusahaan peternakan kalkun daripada ayam, disebabkan antara lain pada ayam masih belum bisa efisien seperti pada peternakan kalkun.

Pustaka

- Ji M., Guan W., Gao Y., Li L., Bai C., Ma Y., and Li X. 2016. Cultivation and biological characterization of chicken primordial germ cells. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 59: e16150374: 1-8. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2016150374>.
- Dawkins, S & Layton, R. 2012. Breeding for better welfare: genetic goals for broiler chickens and their parents. *Animal Welfare*, 21: 147-155. doi: 10.7120/09627286.21.2.147.
- Groenen MAM., Wahlberg P., Foglio M., Cheng HH., Megens HJ., Crooijmans RPMA., Besnier F, Lathrop M., Muir WM., Wong GKS., Gut I., and Andersson L. 2009. A high-density SNP-based linkage map of the chicken genome reveals sequence features correlated with recombination rate. DOI: 10.1101/gr.086538.108.
- Muir WM., Wong GK-S., Zhang Y., Wang J., Groenen MAM., Crooijmans RPMA., Megens HJ., Zhang H., Okimoto R., Vereijkeng A., Jungerius A., Albers GAA., Lawley CT., Delany ME, MacEachern S, and Cheng HH. 2008. Genome-wide assessment of worldwide chicken SNP genetic diversity indicates significant absence of rare alleles in commercial breeds. *PNAS*, 105 (45): 17312–17317. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0806569105.
- Perini F, Cendron F, Rovelli G, Castellini C, Cassandro M, Lasagna E. Emerging genetic tools to investigate molecular pathways related to heat stress in chickens: A Review. *Animals*. 11(1):46. <https://doi.org/10.3390/ani11010046>.