

## REKAYASA GENETIK DAN PERKEMBANGAN BIOTEKNOLOGI DI BIDANG PETERNAKAN

**Prof. Drs. Sutarno, M.Sc., Ph.D**

Guru Besar Bidang Genetika Molekuler  
dan Wakil Rektor I Universitas Sebelas Maret  
E-mail: nnsutarno@yahoo.com

### 1. BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL DAN MODERN

Bioteknologi adalah bidang penerapan biosains dan teknologi yang menyangkut penerapan praktis organisme hidup atau komponen subseluler pada industri jasa dan manufaktur serta pengelolaan lingkungan. Atau dapat pula di definisikan sebagai teknologi yang menggunakan sistem hayati (proses-proses biologi) untuk mendapatkan barang dan jasa yang berguna bagi kesejahteraan manusia. Bioteknologi memanfaatkan: bakteri, ragi, kapang, alga, sel tumbuhan atau sel hewan yang dibiakkan sebagai konstituen berbagai proses industri.

Pada umumnya bioteknologi dibedakan menjadi bioteknologi tradisional dan modern. Bioteknologi tradisional adalah bioteknologi yang memanfaatkan mikrobia (organisme) untuk memodifikasi bahan dan lingkungan untuk memperoleh produk optimal. Misalnya pembuatan tempe, tape, roti, pengomposan sampah. Sedangkan bioteknologi modern dilakukan melalui pemanfaatan ketrampilan manusia dalam melakukan manipulasi makhluk hidup agar dapat digunakan untuk menghasilkan produk sesuai yang diinginkan manusia. Misalnya melalui teknik rekayasa genetik. Rekayasa genetik merupakan teknik untuk menghasilkan molekul DNA yang berisi gen baru yang diinginkan atau kombinasi gen-gen baru atau dapat dikatakan sebagai manipulasi organisme.

Bioteknologi modern berkembang pesat setelah genetika molekuler berkembang dengan baik. Dimulai dengan pemahaman tentang struktur DNA pada tahun 1960an dan hingga berkembangnya berbagai teknik molekuler telah menjadikan pemahaman tentang gen menjadi semakin baik. Gen atau yang sering dikenal dengan istilah DNA, merupakan materi genetik yang bertanggung jawab terhadap semua sifat yang dimiliki oleh makhluk hidup (Sutarno, 2014). Genetika merupakan ilmu yang mempelajari bagaimana sifat-sifat suatu makhluk hidup ini diturunkan dari induk kepada keturunannya. Sebagian besar dari sifat yang dimiliki

oleh suatu makhluk hidup dikendalikan oleh gen-gen yang berada di dalam inti sel (nukleus), dan pola penurunannya dipelajari dalam Genetika Mendel (*Mendelian Genetics*). Prinsip dasar dari pola penurunan Mendel ini adalah bahwa suatu sifat yang diturunkan kepada keturunannya separoh (50%) berasal dari induk jantan dan separoh (50%) berasal dari induk betina. Namun demikian, adapula sifat-sifat makhluk hidup yang dikendalikan oleh DNA yang berada di luar Inti (mitokondria, kloroplast), yang pola penurunannya tidak mengikuti pola Mendel, sehingga sering disebut sebagai Genetika non-Mendel (*Non-Mendelian Genetics*) (Sutarno, 2015). Pada genetika non-Mendel, sifat yang dimiliki keturunan secara keseluruhan (100%) berasal dari induk betina, sehingga pola penurunannya sering disebut dengan *maternally inherited*. Dengan berkembangnya teknologi molekuler, maka berkembang pula teknik-teknik untuk memanipulasi gen sehingga muncul teknik rekayasa genetik (*genetic engineering*).

Kemajuan-kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah ada baik di bidang fisika, kimia, matematika dan biologi telah memicu majunya bioteknologi. Selain itu, banyak hal yang juga ikut berperan dalam memicu lahirnya bioteknologi, diantaranya adalah karena semakin besar tuntutan untuk mencapai target yang diinginkan dengan proses yang lebih cepat dan terobosan yang inovatif yang bisa menguntungkan bagi umat manusia. Bioteknologi juga memiliki peran penting dalam ilmu pengetahuan dewasa ini, bioteknologi sendiri mengalami berbagai pembaruan dari bioteknologi yang bersifat tradisional kearah bioteknologi yang modern. Manfaat bioteknologi bagi kehidupan manusia dalam meningkatkan kesejahteraan dan perbaikan hidup telah terbukti, antara lain penerapannya untuk memerangi kelaparan, mengatasi kelangkaan sumber daya energi, mengurangi pencemaran lingkungan dan masih banyak lagi.

Bioteknologi dapat digunakan untuk meningkatkan produksi peternakan, melalui: 1).

teknologi produksi, seperti inseminasi buatan, embrio transfer, kriopreservasi embrio, fertilisasi in vitro, sexing sperma maupun embrio, cloning dan splitting. 2). rekayasa genetika, seperti genome maps, *marker assisted selection (MAS)*, transgenic, identifikasi gen, konservasi molekuler, dan 3). peningkatan efisiensi dan kualitas pakan, seperti manipulasi mikroba rumen, dan bioteknologi yang berkaitan dengan bidang veteriner (Gordon, 1994; Niemann dan Kues, 2000).

## **2. PENERAPAN BIOTEKNOLOGI DALAM BIDANG PETERNAKAN ANTARA LAIN:**

### **Transplantasi Nukleus (Kloning)**

Teknologi ini lebih dikenal dengan teknologi kloning yaitu teknologi yang digunakan untuk menghasilkan individu duplikasi (mirip dengan induknya). Teknologi kloning telah berhasil dilakukan pada beberapa jenis hewan. Salah satunya adalah pengkloningan domba yang dikenal dengan domba Dolly. Melalui kloning hewan, beberapa organ manusia untuk keperluan transplantasi penyembuhan suatu penyakit berhasil dibentuk.

### **Inseminasi Buatan**

Teknik ini dikenal dengan nama kawin suntik, suatu teknik untuk memasukkan sperma yang telah dicairkan dan diproses terlebih dahulu yang berasal dari ternak jantan ke dalam saluran alat kelamin betina dengan menggunakan metode dan alat khusus.

### **Transfer Embrio**

Apabila kawin suntik memfokuskan pada sperma jantan, maka transfer embrio tidak hanya potensi dari jantan saja yang dioptimalkan, melainkan potensi betina berkualitas unggul juga dapat dimanfaatkan secara optimal. Teknik TE ini, betina unggul tidak perlu bunting tetapi hanya berfungsi menghasilkan embrio yang untuk selanjutnya bisa ditransfer pada induk titipan dengan kualitas yang tidak perlu bagus tetapi memiliki kemampuan untuk bunting. Embrio yang didapat dapat langsung di transfer ke dalam sapi resipien atau dibekukan untuk disimpan dan di transfer pada waktu lain.

### **Genetic engineering (Rekayasa Genetik)**

Rekayasa genetik atau rekombinan DNA merupakan kumpulan teknik-teknik eksperimental yang memungkinkan peneliti untuk mengisolasi,

mengidentifikasi, dan melipatgandakan suatu fragmen dari materi genetika (DNA) dalam bentuk murninya. Pemanfaatan teknik genetika di dalam bidang pertanian maupun peternakan diharapkan dapat memberikan sumbangan, baik dalam membantu memahami mekanisme-mekanisme dasar proses metabolisme maupun dalam penerapan praktisnya seperti misalnya untuk pengembangan tanaman-tanaman pertanian maupun hewan-hewan ternak dengan sifat unggul. Untuk tujuan ini dapat dilakukan melalui pengklonan atau pemindahan gen-gen penyandi sifat-sifat ekonomis penting pada hewan maupun tumbuhan, pemanfaatan klon-klon DNA sebagai marker (penanda) di dalam membantu meningkatkan efisiensi seleksi dalam program pemuliaan (Sutarno, 2002).

Rekayasa genetika merupakan dasar dari bioteknologi yang di dalamnya meliputi manipulasi gen, kloning gen, DNA rekombinan, teknologi modifikasi genetik, dan genetika modern dengan menggunakan prosedur identifikasi, replikasi, modifikasi dan transfer materi genetik dari sel, jaringan, maupun organ. Sebagian besar teknik yang dilakukan adalah memanipulasi langsung DNA dengan orientasi pada ekspresi gen tertentu. Dalam skala yang lebih luas, rekayasa genetik melibatkan penanda atau marker yang sering disebut sebagai *Marker-Assisted Selection (MAS)* yang bertujuan meningkatkan efisiensi suatu organisme berdasarkan informasi fenotipnya. Salah satu aplikasi dari rekayasa genetik adalah berupa manipulasi genom hewan. Hewan yang sering digunakan menjadi uji coba adalah mamalia. Mamalia memiliki ukuran genom yang lebih besar dan kompleks dibandingkan dengan virus, bakteri, dan tanaman. Sebagai konsekuensinya, untuk memodifikasi genetik dari hewan mamalia harus menggunakan teknik genetika molekular dan teknologi rekombinan DNA.

Keunggulan rekayasa genetik adalah mampu memindahkan materi genetik dari sumber yang sangat beragam dengan ketepatan tinggi dan terkontrol dalam waktu yang lebih singkat. Melalui proses rekayasa genetika ini, telah berhasil dikembangkan berbagai organisme maupun produk yang menguntungkan bagi kehidupan manusia.

Teknologi khusus yang digunakan dalam rekayasa genetik meliputi teknologi DNA Rekombinan yaitu pembentukan kombinasi materi genetik yang baru dengan cara penyisipan molekul DNA ke dalam suatu vektor sehingga memungkinkan untuk terintegrasi dan mengalami perbanyakannya di dalam suatu sel organisme lain yang berperan sebagai sel inang.

Manfaat yang didapatkan dari metode rekayasa genetik, antara lain:



1. Mengurangi biaya dan meningkatkan penyediaan sejumlah besar bahan yang sekarang di gunakan di dalam pengobatan, pertanian dan industri.
2. Mengembangkan tanaman – tanaman pertanian yang bersifat unggul
3. Menukar gen dari satu organisme kepada organisme lainnya sesuai dengan keinginan manusia, menginduksi sel untuk membuat bahan-bahan yang sebelumnya tidak pernah dibuat dll

Dengan berkembangnya teknik-teknik molekuler, telah memungkinkan terjadinya percepatan perkembangan dalam bidang rekayasa genetik suatu makhluk hidup. Penguasaan teknik rekombinan DNA telah memungkinkan berkembangnya teknik rekayasa materi genetik yang memungkinkan dibentuknya hewan transgenik. Hewan transgenik adalah hewan yang telah mengalami rekayasa susunan materi genetiknya sehingga dihasilkan hewan atau tumbuhan yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan manusia. Teknologi transgenik pada hewan dapat dilakukan melalui beberapa teknik, misalnya dengan cara penyuntikan fragmen DNA secara mikro ke dalam sel telur yang telah mengalami pematangan. Tujuan dari teknologi ini adalah meningkatkan produk dari hewan ternak seperti daging, susu, dan telur menjadi lebih tinggi. Contoh dari hewan yang mengalami teknologi ini adalah domba transgenik. DNA domba ini disisipi dengan gen manusia yang disebut factor VIII ( merupakan protein pembeku darah) dengan harapan gen tersebut diekspresikan. Domba transgenik yang mengekspresikan gen yang disisipkan tersebut akan menghasilkan susu yang mengandung factor VIII yang dapat dimurnikan untuk menolong penderita hemophilia.

Rekayasa genetik juga dapat melestarikan spesies langka. Sebagai contoh, sel telur zebra yang sudah dibuahi lalu ditanam dalam rahim kuda yang merupakan spesies lain sebagai surrogate mother (ibu/ induk titipan).

Teknik pelestarian dengan rekayasa genetik ini sangat bermanfaat, dengan alasan:

1. Induk dari spesies biasa dapat melahirkan anak dari spesies langka.
2. Telur hewan langka yang sudah dibuahi dapat dibekukan, lalu disimpan bertahun-tahun meskipun induknya sudah mati. Telur yang sudah disimpan beku ini kemudian dapat ditransplantasi.

Contoh lain pemanfaatan rekayasa genetik pada hewan misalnya pemanfaatan Hormon bST (*bovine somatotrophine hormone*). Dengan rekayasa genetik dihasilkan hormon pertumbuhan hewan yaitu bST, melalui teknik:

1. Plasmid bakteri E.Coli dipotong dengan enzim endonuklease.
2. Gen somatotropin sapi diisolasi dari sel sapi
3. Gen somatotropin disisipkan ke plasmid bakteri
4. Bakteri yang menghasilkan *bovine somatotrophine* ditumbuhkan dalam tangki fermentasi
5. *bovine somatotrophine* diambil dari bakteri dan dimurnikan.

Hormon ini dapat memicu pertumbuhan dan meningkatkan produksi susu. bST mengontrol laktasi (pengeluaran susu) pada sapi dengan meningkatkan jumlah sel-sel kelenjar susu. Jika hormon yang dibuat dengan rekayasa genetika ini disuntikkan pada hewan, maka produksi susu akan meningkat hingga 20%. Pemakaian bST telah disetujui oleh FDA (Food and Drug Administration), lembaga pengawas obat dan makanan di Amerika. Amerika berpendapat susu yang dihasilkan karena hormon bST aman di konsumsi tapi di Eropa hal ini dilarang karena penyakit mastitis pada hewan yang diberikan hormon ini meningkat 70%. Selain mempengaruhi produksi susu, treatment dengan hormon ini dapat berpengaruh pada ukuran ternak hingga 2 kali lipat ukuran normal. Caranya dengan menyuntik sel telur yang akan dibuahi dengan hormon BST.

### 3. PRINSIP DAN TEKNIK DASAR REKAYASA GENETIK

Beberapa metode yang sering digunakan dalam teknik rekayasa genetika meliputi penggunaan vektor, kloning, PCR (*Polymerase Chain Reaction*), dan seleksi, screening, serta analisis rekombinan. Adapun langkah-langkah dari rekombinasi genetik meliputi (1) *Identifikasi gen yang diharapkan*; (2) *Pengenalan kode DNA terhadap gen yang diharapkan*; (3) *Pengaturan ekspresi gen yang sudah direkayasa*; dan (4) *Pemantauan transmisi gen terhadap keturunannya*. Memodifikasi materi genetik hewan telah banyak dilakukan dengan tujuan memiliki berbagai macam manfaat yang bisa diambil, antara lain: (1) *Bidang Sains dan Kedokteran Hewan* yang secara genetika sudah dimodifikasi atau dikenal dengan istilah *Genetically Modified Animal* (GMA) seperti pada hewan uji yakni mencit dapat digunakan untuk penelitian bagaimana fungsi yang ada pada hewan. Disamping itu juga digunakan untuk memahami dan mengembangkan perlakuan pada

penyakit baik pada manusia maupun hewan. (2) *Pengobatan Penyakit*. Beberapa penelitian telah menggunakan protein pada manusia untuk mengobati penyakit tertentu dengan cara mentransfer gen manusia ke dalam gen hewan, misalnya domba atau sapi. Selanjutnya hewan tersebut akan menghasilkan susu yang memiliki protein dari gen manusia yang akan digunakan untuk penyembuhan pada manusia. (3) *Modifikasi Hasil Produksi Hewan*. Beberapa negara melakukan rekayasa genetik pada hewan ternak yang diharapkan akan menghasilkan hewan ternak yang cepat pertumbuhannya, tahan terhadap penyakit, bahkan menghasilkan protein atau susu yang sangat bermanfaat bagi manusia. Berikut ini ada beberapa penerapan Rekayasa Genetika pada beberapa jenis hewan.

Unsur-unsur yang esensial diperlukan dalam kloning DNA adalah:

1. Enzim retraksi (enzim pemotong DNA)
2. Kloning vektor (pembawa)
3. Enzim ligase yang berfungsi menyambung rantai DNA

Adapun proses-proses dasar dalam kloning DNA meliputi :

1. Pemotongan DNA (DNA organisme yang diteliti dan DNA vektor)
2. Penyambungan potongan-potongan (fragmen) DNA organisme dengan DNA vektor menggunakan enzim ligase
3. Transformasi rekombinan DNA (vektor + DNA sisipan) ke dalam sel bakteri *Eschericia coli*.
4. Seleksi (screening) untuk mendapatkan klon DNA yang diinginkan.

#### 4. SAPI TRANSGENIK

Transfer materi genetik dengan teknologi rekombinan DNA merupakan suatu metode penemuan baru untuk menghasilkan ternak *transgenik*. Ternak *transgenik* memperlihatkan bermacam-macam fenotipe baru melalui ekspresi molekul DNA eksogen. Ternak *transgenik* dihasilkan dengan *injeksimikro* gen ke dalam *pronukleus* sesaat setelah fertilisasi dan sebelum terjadi pembelahan pertama zigot, selanjutnya ditanam di dalam rahim induk pengganti.

Transfer gen (*transgenik*) artinya penyatuan stabil dari suatu gen dari spesies lain atau bangsa ternak lain dalam satu spesies, sehingga gen itu berfungsi pada ternak penerima dan diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Ternak *transgenik* adalah seekor ternak yang DNA keturunannya telah ditingkatkan melalui penambahan

atau penggantian DNA dari sumber lain melalui rekombinan DNA.

Para ilmuwan telah menggunakan teknologi tersebut untuk mengembangkan ternak *transgenik* misalnya sapi *transgenik* yang mempunyai laju pertumbuhan yang tinggi dan kualitas daging yang baik dan juga telah menghasilkan domba *transgenik* yang mempunyai bulu yang tebal dll.

Hewan *transgenik* dapat dijadikan andalan sebagai hean yang potensial dalam memajukan dunia peternakan. Berawal dari mencit sampai pengembangan ke ternak-ternak seperti domba, sapi, kelinci dan babi. Produksi sapi *transgenik* sangat tergantung pada kualitas embrio satu sel yang akan di injeksi. Bila embrio diperoleh secara *in vivo* maka prosedur diawali dengan superovulasi ternak donor (untuk mendapatkan banyak embrio), koleksi zigot (embrio satu sel), mikro injeksi DNA pada embrio, kultur embrio sampai fase blastosis, ditransfer pada induk resipien dan diperoleh sapi *transgenik* (Bondioli *et.al.*, 1991).

Hewan *transgenik* merupakan satu alat riset biologi yang potensial dan sangat menarik karena menjadi model yang unik untuk mengungkap fenomena biologi yang spesifik. Beberapa hewan *transgenik* diproduksi untuk mempunyai sifat ekonomis tertentu, misalnya untuk memproduksi susu yang mengandung protein khusus manusia yang dapat membantu dalam perawatan penyakit tertentu. Hewan *transgenik* lainnya diproduksi sebagai model penyakit (secara genetic hewan dimanipulasi untuk menunjukkan gejala penyakit sehingga perawatan dapat lebih efektif untuk dipelajari).

Kemampuan untuk mengintroduksi gen-gen fungsional ke dalam hewan menjadi terobosan berharga untuk memecahkan proses dan sistem biologi yang kompleks. *Transgenik* mengatasi kekurangan dari praktek pembiakan satwa secara klasik yang membutuhkan waktu lama untuk modifikasinya, dan dapat pula digunakan untuk menghilangkan barrier/ keterbatasan lintas taksonomik.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Bondioli, K.R., Biery, K.A., Hill, K.G., Jones, K.B. and De Mayo, F.G., 1991. *Production of Transgenic Cattle by Pronuclear Injection in "Transgenic Animals"*. pp. 265 -273.
- Gordon I. 1994. *Laboratory Production of cattle embryos*. Cab International Walingford.
- Niemann, H. and W.A. Kues, 2000. *Transgenic Livestock : Premises and Promises. J. Anim. Reprod. Sci.* 60 : 277 -293.



Rizma Dera AP, 2016. *Aplikasi rekayasa genetik pada hewan ternak melalui sapi transgenik*, Tugas mata kuliah Genetika Molekuler.  
Sutarno, Cummins, J.M., Greeff, J., Lymbery, A.J. (2002). Mitochondrial DNA polymorphisms and fertility in beef cattle. *Theriogenology*, an

*International Journal of Animal Reproduction* 57: 1603-1610.  
Sutarno (2015). *Genetika Non-Mendel. DNA mitokondria dan perannya dalam produksi hewan dan kelainan pada manusia*. ISBN no 978-979-498-872-5. UNS Press, Solo

