ETIKA BIOTEKNOLOGI MODERN

CB. Kusmaryanto

Abstrak:

Our modern life cannot be separated from biotechnology because biotechnology affects all of our lives and has altered everything we encounter in life. What we eat everyday and most of the medicines to cure our illness are the products of biotechnology. The rapid development of biotechnology in modern era creates various ethical problems. When it is applied to human beings, it creates the hardest ethical problem that cannot be resolved easily, while most of non human being biotechnology creates ethical problem which can be resolved if rigorously applied. Both of them need prudence and clear ethical guidance and principles which is provided by this article.

Kata-kata Kunci:

Biotechnology, genetic engineering, baby by design, genetic determinism, genes, equality among people, human dignity.

PENGANTAR

Kepada para duta besar negara sahabat yang berkumpul di Vatikan pada tanggal 10 Januari 2002, Paus Yohanes Paulus II menyampaikan 8 hal yang mengkhawatirkannya. Beliau berkata antara lain, "*Let us instead open our hearts and minds to the great challenges lying before us: the defence of the sacredness of human life in all circumstances, especially in relation to the challenges posed by genetic manipulation.*"[1] Dalam level yang berbeda, dalam Ensiklik Laudato Si (2015) Paus Fransiskus mengingatkan adanya potensi masalah yang diakibatkan oleh bioteknologi yang diterapkan pada tumbuh-tumbuhan dan binatang. Dalam no. 132 dikatakan, "*...human intervention on plants and animals, which at present includes genetic manipulation by biotechnology for the sake of exploiting the potential present in material reality... Any legitimate intervention will act on nature only in order "to favour its development in its own line, that of creation, as intended by God*".

Paus menggarisbawahi ajaran Gereja bahwa hidup manusia itu suci dan harus dihormati dalam segala situasi. Sampai di sini, ajaran Gereja itu bukanlah ajaran yang baru karena Yesus memang memberikan standard moral yang tinggi bagi pengikut-Nya untuk membela hidup manusia dalam segala situasi. Kalau dulu dikatakan mata ganti mata dan gigi ganti gigi,

tetapi pengikut Yesus bahkan diminta untuk tidak membalas dendam dan bahkan berdoa bagi yang menganiaya; kalau dulu dikatakan kasihilah sesamamu manusia dan bencilah musuhmu, maka Yesus mengajarkan untuk mengasihi dan mendoakan yang membenci (bdk. Mateus 5: 38-39 dan 5:43-44). Pembunuhan langsung – apapun motivasinya dan caranya – tidak pernah bisa dibenarkan karena bertentangan dengan martabat manusia yang diciptakan sebagai gambar dan citra Allah. Memperlakukan manusia hanya sebagai alat/sarana – walaupun tujuannya sesuci apapun – tidak pernah bisa dibenarkan sebab hal ini merendahkan martabat manusia yang adalah gambar dan citra Allah dan sekaligus anak-anak Allah.

Secara khusus, St. Yohanes Paulus II menekankan bahwa zaman kita sekarang ini, telah terjadi serangan massif terhadap kesucian hidup manusia terjadi oleh karena "*Genetic Manipulation*" (manipulasi genetik). Genetic Manipulation ini dilakukan terutama dengan rekayasa genetika (*Genetic Engineering*) yang dilakukan dalam *Biotechnology*. Mengapa ini sangat berbahaya? Karena yang dimanipulasi adalah hidup biologis manusia pada tataran yang paling dasar, yakni apa yang ada dalam sel manusia.

TERMINOLOGI

Sebagai cara, bioteknologi sebenarnya bukan barang yang baru karena sejak lama manusia sudah mempergunakannya untuk memproduksi pangan, misanya membuat anggur, tempe, keju, beer, tape dan sebagainya. Hal itu terjadi karena manusia mempergunakan materi biologi (ragi) untuk mengubah materi biologi yang lainnya: padi ketan yang dimasak dan diberi ragi sehingga mengubah esensi ketan itu menjadi tape ketan.

Istilah bioteknologi dipergunakan pertama kalinya oleh seorang insinyur Hongaria bernama Károly Ereky pada tahun 1919 dengan arti yang berbeda dari maknanya zaman sekarang. Károly Ereky mendefinisikan bioteknologi sebagai produksi babi secara industri dengan memberinya makan beet gula sebagai sumber nutrisi yang sangat mudah dan banyak.[2]

Dalam arti luas, bioteknologi didefinisikan sebagai modifikasi proses biologis yang terarah pada tujuan tertentu. Dalam arti sempit dan modern, definisi bioteknologi itu bermacam macam, misalnya J.E. Smith mengutip The European Federation of Biotechnology (EFB) mendefinisikan bioteknologi sebagai integrasi ilmu-ilmu natural dan organisme, sel, bagian dari padanya, dan analog melekul dalam hal produksi dan pelayanan.[3] Definisi lainnya: Bioteknologi adalah pemanfaatan secara terintegrasi dari ilmu pengetahuan dari biokimia, mikrobiologi dan teknik agar mendapatkan kemampuan penerapan teknologis (industrial) dari mikroirganisme, sel tissue yang sudah dibiakkan dan bagian-bagiannya.[4] Bioteknologi juga didefinisi-

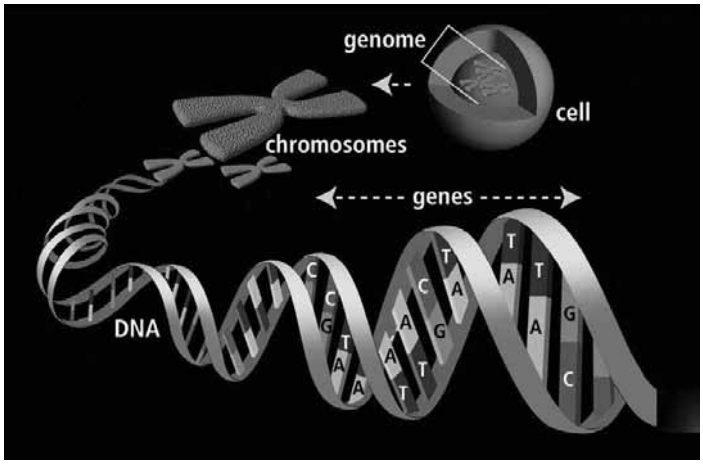
kan sebagai aplikasi biologis yang mempergunakan organisme yang hidup atau *bioprocess* untuk menciptakan produk-produk biologi (*bioproduct*) yang baru. Jadi pada dasarnya bioteknologi adalah penggunaan organisme untuk menghasilkan produk-produk yang baru dan lebih unggul.[5] Hasil terbanyak dari bioteknologi ini ada pada pertanian, proses industri tanaman pangan, dan kesehatan (kedokteran).[6]

Sebagai ilmu pengetahuan, bioteknologi tergolong masih baru dengan diketahuinya susunan dasar biologi, misalnya sel, kromosome, DNA dan gen. Letak kebaruannya ada pada penggunaan segala macam metode modifikasi genetis makhluk hidup. Dengan semakin berkembangnya ilmu genetik, biologi molekuler, microbiologi, dan biokemistri maka bioteknologi berkembang dengan sangat pesat dengan jumlah temuan baru yang sangat banyak dan spektakuler. Oleh karena perkembangannya yang cepat dan massif, Bioteknologi sering dikatakan sebagai ilmu pengetahuan yang revolusioner.

SEL, DNA, GEN, DAN GENOME[7]

Untuk mengerti dengan baik mengenai bioteknologi modern, maka kita harus berbicara mengenai beberapa poin tentang data-data biologi, terutama mengenai biologi molekuler, yang berhubungan dengan sel, DNA, gen dan genome. Secara molekuler, komponen hidup adalah *nucleic acids*, amino *acids, proteins, lipids,* dan *carbohydrates* yang semuanya merupakan unsur vital bagi kehidupan. Nucleic acids adalah melekul yang ada dalam setiap makhluk hidup. Ada dua macam *nucleic acids* yakni *deoxyribonucleic acid* (DNA) dan *ribonucleic acid* (RNA) yang keduanya memainkan peran yang sangat besar dalam karakter keturunan makhluk hidup walaupun fungsi dan bentuknya berbeda.[8]

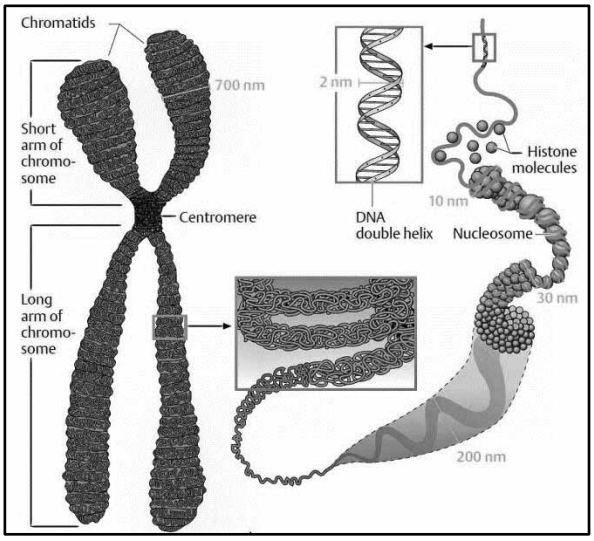
Pada tataran yang paling mendasar, hidup biologis manusia itu ditentukan oleh sel manusia. Sel itu bernafas, memberikan bahan bakar bagi reaksi kimiawi, saling berkomunikasi satu sama lainnya dan bereproduksi.[9] Sel itu menjadi unit struktur kehidupan yang terkecil yang berisi seluruh informasi genetis seseorang.[10] Sel adalah sebuah unit dasar yang mengandung melekul kehidupan; substansi yang menyusun semua makhluk hidup. Semua makhluk hidup yang bersel banyak berasal dari satu sel yang kemudian berkembang menjadi banyak sel. Demikianlah juga manusia berkembang dari satu sel (zigot) yang merupakan percampuran antara ovum dan sperma. Dalam diri manusia, rata-rata terdapat lebih dari 75 trilliun sel[11] dan ada sekitar 200 jenis sel manusia.



Di dalam sebuah sel ada inti sel (nucleus). Di dalam nucleus ada 46 Kromosome kalau kromosome diurai maka akan menjadi DNA. Suatu sekuensi tertentu dari DNA itu adalah sebuah gen

Di dalam inti sel (nukleus) manusia ada 46 kromosome. Kromosome itu berpasang-pasang sehingga dalam diri manusia ada 23 pasang kromosome. Salah satu pasangan kromosome itu adalah kromosome sex, karena kromosome inilah yang menentukan jenis kelamin seseorang. Kromosome sex itu adalah X dan Y. Kalau dalam diri manusia ada pasangan XX, maka manusia itu adalah perempuan. Kalau pasangan kromosome itu adalah XY maka dia laki-laki. Ovum hanya berkromosome X sedangkan sperma ada dua jenis: sperma yang berkromosome X dan sperma yang berkromosome Y. Yang menentukan jenis kelamin anak adalah pihak laki-laki (bapaknya) dan bukan ibunya.

Kromosome itu kalau diurai akan menjadi DNA (*deoxyribonucleic acid*) yang berbentuk seperti tangga melingkar (*double helix*) dengan anak tangganya dinamakan nucleotides. Masing-masing anak tangga itu terdiri dari 4 basis nitrogen yakni Adenine (A), Thymine (T), Cytosine (C) dan Guanine (G), yang disingkat ATCG. Basis nitrogen itu berpasang-pasang dalam pasangan tetap yakni Adenine dengan Thymine sedangkan Cytosine dengan Guanine. Dalam satu sel manusia ada sekitar 3,3 milyard pasang bases tersebut.[12] Kromosome yang mengandung nucleotides terbesar ialah kromosome no 1 dengan kira-kira 250 000 000 bp sedangkan kromosome yang paling sedikit mengandung nucleotide adalah kromosome no.22 dengan sekitar 50 000 000 bp.[13]



Sebelah kiri adalah kromosome yang berisi informasi genetis suatu makhluk yang padat tersusun. Kalau kromosome itu diurai akan menampakkan DNA yang serupa tangga melingkar (double helix)

Satu sekwensi rangkaian (nucleotides) itu yang kurang lebih terdiri sekitar 27.000 bases menjadi satu gen.[14] Data jumlah gen dalam diri manusia selama ini terus berubah-ubah[15], tetapi data yang terakhir mengatakan bahwa manusia mempunyai 22.287 gen[16]. Gen adalah unit faktor-faktor keturunan (*inheritance*) yang diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Gen itulah yang menjadi buku kehidupan bagi seluruh makhluk hidup baik manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan. Jumlah Gen setiap makhluk hidup itu berbeda-beda, misalnya pada lalat buah terdapat 13.338 buah[17] dan dalam cacing terdapat 19.000 buah.[18] Jumlah total seluruh gen yang terdapat dalam satu organisme disebut genome.[19]

Sangat menarik memperhatikan bahwa genome masing-masing makhluk hidup itu berbeda-beda walaupun ada kesamaannya. Secara genomik ada banyak persamaan antara manusia dengan makhluk lainnya, misalnya antara manusia dengan pisang ada sekitar 50% kesamaan sedangkan dengan lalat buah ada sekitar 60% kesamaan, sementara itu dengan tikus ada sekitar 85% kesamaannya.[20] Ternyata kesamaan paling besar antara manusia dan binatang terjadi antara manusia dengan simpanse yakni sekitar 98%[21] namun yang 2% itu telah mengubah hakekat manusia secara mendasar sehingga manusia tidak sama dengan simpanse.

Sementara itu perbedaan genomik antara manusia yang satu dengan manusia yang lain hanya 0,1 - 0,2% saja.[22] Dengan kata lain, antar manusia terdapat kesamaan 99,9%[23] namun jumlah perbedaan yang sekecil itu sudah sanggup menjadikan manusia itu berbeda satu sama lain, bahkan unik sejak

pembuahan sehingga pada manusia itu tidak ada duanya kecuali dalam kasus kembar identik (monozygotik). Manusia selalu unik dan tak tergantikan satu sama lainnya. Dari orang tua yang sama dan tentu saja genomenya sama serta tidak berubah, akan melahirkan anak-anak yang selalu berbeda genomenya. Perbedaan genome antar manusia yang hanya sekitar 0,1 - 0,2% itu memberikan sumbangan yang sangat besar terhadap perbedaan kepribadian masing-masing manusia. Manusia itu berbeda sejak keberadaannya dan usaha untuk menyamakan semua orang pasti akan gagal.

Dari fakta-fakta biologis ini menjadi jelas bahwa masing-masing makhluk hidup mempunyai genome yang sangat spesifik dan khas baginya. Hanya dengan genome yang memang khas untuk masing-masing makhluk hidup itu dan dalam jumlah yang pas, dia akan menjadi makhluk hidup yang dimaksudkan. Dengan kata lain, walaupun jumlah gennya disamakan, misalnya dari gen lalat buah yang mempunyai gen 13.338 buah lalu digandakan menjadi 22.287 gen yang menjadi jumlah normal untuk manusia, namun karena pelipatgandaan itu hanya pada jumlah dan bukan pada jenis, maka bagaimanapun juga dia tidak akan menjadi manusia.

Demikian pula walaupun jenisnya berasal dari jenis manusia tetapi ketika jumlahnya kromosome belum mencukupi, maka dia tidak akan menjadi manusia atau sekurang-kurang menjadi cacat. Misalnya ovum dan sperma: genomenya berjenis manusia demikian juga kromosomenya tetapi jumlah kromosomenya hanya ada 23 buah maka selamanya ovum dan sperma tidak pernah akan menjadi manusia; dia akan tetap menjadi sel sperma/ovum dan akan mati sebagai sel. Bisa juga jumlah kromosomnya sudah mendekati, tetapi bisa kurang atau lebih, manusia yang mempunyai kromosome yang lebih atau kurang itu akan mengalami cacat, misalnya yang kelebihan kromosome no. 21 (trisomi) akan mengalami *Down Syndrome*. Yang kelebihan kromosom no. 18 (trisomi) akan mengalami *Edwards' Syndrome;* sedangkan yang kekurangan kromosome, misalnya yang hanya mempunyai satu X saja sehingga manusia itu hanya mempunyai 45 kromosom akan mengalami *Turner Syndrome*.

Demikian juga walaupun jenisnya dari jenis manusia dan mempunyai gen serta kromosome yang normal untuk manusia, tetapi tidak serta merta menjadikannya manusia yang hidup. Inilah persis perbedaan antara sel somatis manusia (misalnya sel kulit) dengan zigot manusia yang sama-sama satu sel dengan jenis dan jumlahnya adalah jenis dan jumlah manusia. Sel somatis manusia tidak mempunyai kemampuan aktual untuk menjadi manusia tetapi zigot mempunyai kemampuan itu.

Zigot, walaupun juga sama-sama ber-sel satu dengan jenis gen manusia dan jumlah kromosomnya sama dengan manusia, kodratnya sama sekali berbeda dengan sel kulit di atas. Walaupun ber-sel satu, zigot mempunyai kemampuan aktual dan bukan hanya potensi untuk menjadi manusia. Kalau satu sel kulit itu dibiarkan terus dalam lingkungannya maka sel kulit itu akan tetap menjadi sel kulit dan akan mati sebagai sel kulit. Hal ini sangat berbeda dengan zygot yang walaupun ber-sel satu – yang merupakan hasil fusi sel telur dan sperma – kalau dia dibiarkan dalam lingkungannya, maka dia akan berkembang menjadi manusia sempurna sebab kemampuannya menjadi manusia adalah kemampuan aktual untuk mewujudkan diri dan bukan sekedar potensi yang tidak teraktualkan, sama seperti sel kulit.

Gen inilah yang akan menentukan identitas biologis manusia: warna kulit, warna mata, rambut, ras, penyakit genetik dan lain-lainnya. Gen ini mengandung sebuah set instruksi yang akan menentukan bagaimana organisme itu akan tumbuh, berkembang, penampakan fisiknya dan hidupnya. Genome manusia sudah terbentuk sejak fertilisasi dan akan dibawa terus sampai kematian spesies itu. Kita akan melihat nanti bahwa genome manusia itu juga menentukan dalam tingkah laku manusia.

Fakta-fakta biologis ini memberikan indikasi yang jelas bahwa manusia menjadi manusia ketika hidupnya adalah hidup manusia dan itu terjadi ketika genome manusia mencapai kepenuhan baik dalam jumlah maupun dalam jenis dan mempunyai kemampuan internal untuk berkembang menjadi manusia utuh. Kepenuhan itu terjadi pada waktu pembuahan, ketika jenis gen manusia yang berada dalam kromosome berjumlah 23 dalam ovum bertemu dengan jenis gen manusia yang berada dalam kromosom berjumlah 23 lainnya yakni sperma. Pertemuan itu terjadi dalam pembuahan yang akan menghasilkan zigot. Pertemuan itu menjadikan jumlah kromosom menjadi 46 buah yang merupakan jumlah normal bagi manusia dan mempunyai kemampuan aktual berkembang menjadi manusia. Baik sel, kromosome, dan gen ternyata punya dampak luas bagi manusia dalam bidang kesehatan, pola tingkah laku, perasaan, kebiasaan dan lain-lainnya.

HASIL BIOTEKNOLOGI DAN MASALAH ETIKANYA

Banyak sekali produk yang dihasilkan oleh bioteknologi ini. Ada banyak industri yang tergantung pada bioteknologi ini supaya hasil kompetitif di pasar, sampai-sampai David P. Clark, seorang ahli bioteknologi mengatakan, "*Bioteknologi mempengaruhi semua aspek hidup kita dan telah mengubah segala sesuatu yang kita jumpai dalam hidup ini.*"[24] Dengan hasil yang gemilang dan pengaruh yang besar itu, maka perlu dicermati dengan lebih baik masalah-masalah etikanya. Ada masalah etika yang bisa diatasi dengan mudah

apabila orang berpegang pada prinsip etika, tetapi ada masalah yang tidak bisa diatasinya.

Bisa diringkaskan masalah pokok bioteknologi ialah: Siapa yang harus mengontrol bioteknologi ini: apakah ahli bioteknologi sendiri atau pihak lain? Mana yang akan diperbolehkan dan mana yang dilarang? Atas dasar/kriteria apa suatu bioteknologi harus dilarang atau diperbolehkan? Atas dasar apa seseorang atau badan mempunyai kekuasaan untuk memperbolehkan atau melarang bioteknologi? Siapa yang harus diuntungkan dalam bioteknologi ini: apakah bila menguntungkan sekelompok orang lalu diperbolehkan atau harus bagaimana? Apa yang bisa diterapkan kepada tumbuh-tumbuhan dan hewan, belum tentu bisa diterapkan kepada manusia, baik secara teknis maupun etis. Jawaban dari semua pertanyaan itu tidaklah mudah tetapi harus ada jawaban.

Berikut ini adalah beberapa produk bioteknologi yang diterapkan kepada manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan beserta masalah etisnya.

Manusia

Salah satu manfaat terbesar dari bioteknologi bagi manusia adalah dalam bidang kesehatan, terutama terapi penyakit-penyakit genetik yang semakin banyak dan bervariasi jumlahnya. Semakin banyak bukti-bukti ilmiah bahwa faktor-faktor keturunan itu (gen) besar sekali pengaruhnya bagi kesehatan seseorang. George P. Smith II dalam bukunya *The Christian Religion and Biotechnology: A Search for Principled Decision-making* menampilkan beberapa data yang menarik dari Amerika: 1 dari antara 8 bayi yang dilahirkan mengalami kecacatan genetic; sekitar 20 – 25% penyakit kronis itu berhubungan dengan penyakit genetis; sekitar separo dari jumlah tempat tidur di rumah sakit di Amerika itu ditempati oleh pasien-pasien yang berhubungan dengan gen.[25] Sampai sekarang ilmu kedokteran hanya bisa mengobati symptomnya saja akan tetapi belum bisa menyembuhkan/mereparasi kerusakan genetis itu. Kerusakan itu hanya bisa diperbaiki dengan rekayasa genetika/bioteknologi.

Aplikasi bioteknologi juga terjadi pada penemuan-penemuan obat-obatan yang semakin efektif untuk menyembuhkan penyakit dalam apa yang disebut sebagai *Genomic Medicine*. Dengan diketahuinya genome manusia sampai detailnya maka hal ini membuka kemungkinan yang sangat luas untuk menemukan penyebab penyakit itu dan kemudian mengembangkan obat-obatan untuk menyembuhkannya. Tentu saja hal ini akan banyak mengubah diagnose dan penyembuhan penyakit. Sampai sekarang, sudah ada banyak sekali obat-obatan yang dikembangkan berdasarkan penemuan bioteknologi ini. Untuk mengembangkan obat yang

mujarab, para ahli farmasi mempergunakan informasi yang sangat detail mengenai gen tertentu sehinga bisa mengembangkan produk gen tertentu sesuai dengan yang diinginkan agar sesuai dengan penyakit tertentu juga. Dala hal ini, yang sudah banyak mendapatkan manfaatnya misalnya obat-obatan untuk cancer.

Aplikasi bioteknologi bagi kesehatan manusia pada umumnya kalau bersifat *curative* (menyembuhkan) atau *reparative* (memperbaiki/ memulihkan sesuai dengan aslinya) tidak banyak masalah etisnya, sebab setiap manusia ingin hidup sehat dan hanya dalam derajad kesehatan tertentu maka manusia bisa mangaktualkan diri secara maksimal. Masalah sangat berbeda kalau bioteknologi ini dibuat dalam kerangka *alteration* (mengubah kodrat manusia): Katak bisa diubah sehingga badannya transparan dan kita bisa melihat apa yang terjadi di dalam. Katak bisa dibuat supaya telinganya di punggung, atau menjadi berpendar dan sebagainya. Kalau teknik yang sama diterapkan kepada manusia maka hal ini akan mengubah kodrat manusia yang adalah ciptaan Allah yang diciptakan dalam keadaan "baik adanya" (Kejadian 1). Itulah sebabnya semua agama dan banyak negara melarang aplikasi bioteknologi untuk *human alteration*. Yang masih tetap menjadi perdebatan sengit adalah *human enhancement* (beningkatan mutu). Dalam hal ini, masalah etisnya sama dengan bedah plastik estetika untuk memancungkan hidung yang biasa-biasa saja. Hidung itu tidak sakit tetapi si pemilik hidung ingin meningkatkan penampilan fisiknya dengan mengoperasi hidungnya sehingga menjadi mancung. Di satu pihak, manusia harus menerima kodrat yang adalah pemberian dari Allah akan tetapi di lain pihak ingin mengubahnya agar lebih percaya diri. Kalau ada orang sehat meminum obat suplemen yang berguna untuk meningkatkan kebugaran tubuh diperbolehkan, maka seharusnya *enhancement* ini diperbolehkan. Jawaban tidak mudah.

Binatang

Ada banyak binatang yang gen-nya telah dimodifikasi. Terdapat banyak tujuan rekayasa genetika untuk binatang yakni: menghasilkan binatang yang cepat besar/gemuk, binatang yang menghasilkan protein tertentu, binatang untuk uji coba kesehatan, binatang untuk transplantasi organ dan sebagainya. Pendek kata, binatang itu direkayasa sesuai dengan kehendak si perekayasa untuk mendapatkan efek produk tertentu.

Tanaman

Bioteknologi tanam-tanaman sudah lama dipraktekkan untuk mendapatkan varietas tertentu, misalnya padi tahan *wereng*, padi varietas unggul, semangka tanpa biji, tomat yang tidak cepat busuk, tomat aneka

rasa, dan sebagainya. Semuanya diklasifikasikan sebagai *Genetically Modified Organism* (GMO) atau transgenic. Hampir semua tanaman pangan yang ditanam para petani di Indonesia adalah GMO itu dengan tujuan utama adalah peningkatan hasil tanaman pangan. Kalau tidak ada GMO, tanaman pangan tidak akan cukup untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia. Akan tetapi adanya GMO juga menimbulkan masalah yang tidak mudah diatasi.

ETIKA BIOTEKNOLOGI

Selain masalah masalah etis yang sudah dibeberkan di atas, masih ada masalah etis lainnya yang lebih mendetail yang menyangkut keseluruhan bioteknologi itu baik dalam penerapannya bagi manusia maupun non manusia (hewan dan tumbuhan):

Kebebasan VS Genetics Determinism

Dalam paham Gereja, kebebasan manusia menempati tempat yang sangat penting sekali. Bahkan disebutkan salah satu keunggulan manusia adalah kebebasannya. Suatu tindakan yang dilakukan tanpa kebebasan itu bukanlah dosa dan juga bukan keutamaan. Tindakan tanpa kebebasan itu nilai moral sama sekali tidak ada. Ternyata, manusia itu tidak sebebas sebagaimana disangka. Ada banyak hal yang sudah ditentukan oleh faktor biologinya (*genetic determinism*). Dengan rekayasa genetika, manusia bisa mengurangi dan menambahkan kebebasan itu: Kalau melihat contoh tikus yang bisa direkayasa menjadi tidak takut kepada kucing, maka manusia pun bisa direkayasa sedemikian rupa untuk menjadi pembunuh. Kalau dia membunuh, apakah dia bersalah dan berdosa atau tidak? Pada suatu ketika, ketika ilmu genetika ini semakin maju, maka Gereja harus merumuskan ulang beberapa ajarannya, misalnya soal homosex. Bagaimana seandainya bisa terbukti secara jelas bahwa homosexual itu adalah masalah genetis? Apakah Gereja masih tetap tidak setuju dengan homosexual? Kita tunggu perkembangan berikutnya.

Mengenai *genetic determinism* ini memang menjadi masalah yang sulit. Para ahli genetika banyak yang mengatakan bahwa manusia itu sudah banyak ditentukan oleh gennya (*nature*): penyakit, sifat, pula tingkah laku, perasaan dsb; bahkan dalam penelitian terakhir, dibuktikan bahwa kecerdasan anak ditentukan oleh faktor gen ibunya. Para ahli pendidikan mengatakan bahwa segala sesuatu tergantung pada pendidikan dalam arti luas (*nurture*) karena ketika bayi lahir, dia seperti kertas putih yang masih kosong. Bagaimana jadinya kertas itu, tergantung pada yang menulis. Kedua pendapat yang saling bertentangan itu ada benarnya dan ada kurang tepatnya. Ternyata seorang yang membawa gen yang rusak tidak selalu

akan sakit kalau dia pandai menjaga kesehatannya. Demikian pula orang yang cacat gen (trisomi kromosome, misalnya *down syndrome*) juga tidak bisa dididik menjadi orang yang cerdas dan ahli walaupun sudah didampingi oleh guru yang baik sekalipun. Jadi manusia akan menjadi dirinya sendiri tergantung pada interaksi antara *nature* dan *nurture* itu. Ada derterminism sampai tingkat tertentu tetapi ada banyak juga yang merupakan pilihan kebebasan manusia.

Kesamaan Martabat.

Dengan bioteknologi, manusia bisa membuat *baby by designed* yakni membuat anak/manusia sesuai dengan kehendak si pembuat. Aplikasi bioteknologi pada manusia ini yang sangat kontroversial walaupun sampai sekarang belum ada bukti bahwa hal itu sudah dilakukan. Dengan teknik ini kita bisa membuat manusia (bayi) sesuai dengan kehendak kita (*baby by designed*). Warna kulit, rambut, wajah dan semua aspek fisik bisa diciptakan sesuai dengan kreatifitas si pembuat. Bahkan bisa juga dirancang orang ini akan mempunyai sifat seperti apa. Gen-gen tertentu memang akan membawa sifat dan pola tingkah laku tertentu. Itulah sebabnya, sekarang berkembang dengan sangat pesat *Behavioral Genetics* dimana dipelajari relasi antara gen tertentu dengan pola tingkah laku tertentu. Ada banyak perilaku yang sudah ditentukan oleh gen-gen tertentu.

Salah satu pertanyaan etisnya ialah apakah masih ada kesamaan martabat antar manusia? Bagaimana pun juga antara yang membuat dan yang dibuat jelas lebih mulia yang membuat. Apalagi dalam kasus ini, si pembuat bisa merekayasa sesuai dengan kehendaknya sehingga manusia benar-benar hanya menjadi objek kehendak dari manusia yang lainnya. Manusia bukan lagi subjek bagi dirinya sendiri tetapi menjadi objek bagi orang lain. Dalam prokreasi natural, orangtua tidak bisa membuat apapun bagi si anak karena dia tidak bisa menentukan apapun dari kehendak orang tuanya. Orang tua tinggal menerima apapun yang diberikan oleh Allah dan alam. Dengan bioteknologi, manusia bertindak di luar martabatnya sebagai ciptaan karena di sini dia sudah bertindak sebagai pencipta. *Playing God.* Apakah manusia hasil ciptaan *genetic engineering* ini juga adalah gambar dan citra Allah?

Martabat manusia (*human dignity*) adalah patokan terakhir untuk mengukur keabsahan ilmu pengetahuan dan teknologi secara etis. Ketika ilmu pengetahuan dan teknologi itu menabrak/merendahkan martabat manusia, maka dia harus berhenti sebab pada dasarnya ilu pengetahuan dan teknologi itu harus mengabdi kepada manusia. Dia diciptakan demi manusia dan bukan manusia diciptakan untuknya. Kalau sampai ilmu pengetahuan dan teknologi itu merendahkan martabat manusia, maka hal itu bertentangan dengan tujuan keberadaannya. Hal ini sejalan dengan apa yang dikatakan

dalam deklarasi UNESCO, *Universal Declaration on Bioethics and Human Rights* tahun 2005 artikel 3 antara lain mengatakan, *"kesejahteraan dan kepentingan individu harus mendapatkan prioritas di atas kepentingan ilmu pengetahuan dan masyarakat."*

Manipulasi Hidup

Dengan adanya bioteknologi, maka bisa terjadi apa yang dikenal dengan *Germ line modification*, yakni memodifikasi *germ cell* (sel benih yakni ovum dan sperma). Berbeda dengan rekayasa sel somatis yang hanya akan terkena pada individu yang bersangkutan, modifikasi sel benih ini akan langgeng, sebab akan diturunkan kepada generasi berikutnya. Rekayasa itu terkena pada inti terdalam hidup biologis manusia, yakni pada gen dan kromosome yang menyangkut banyak hal. Gen adalah 'buku kehidupan' yang mencatat perkembangan manusia yang berevolusi jutaan tahun. Akibat terhadap generasi mendatang masih sulit diprediksi, apalagi ketika secara teknik belum bisa digaransi bahwa rekayasa itu aman.

Manusia Sebagai Produk Bioteknologi

Kalau kelahirannya ke dunia manusia itu adalah hasil dari rekayasa genetika, maka langsung berseberangan dengan pandangan Gereja. Manusia adalah buah kasih sayang orang tuanya (bapak dan ibunya) dan bukan hasil teknologi;[26] manusia adalah hasil "prokreasi" (penciptaan) dan bukan produk "reproduksi" (diproduksi kembali). Hanya dengan prokreasi maka harkat dan martabat manusia tidak akan terganggu dan relasi dengan penciptanya adalah relasi penyelamatan. Kalau manusia dihasilkan dengan teknologi, maka relasinya dengan penciptanya adalah relasi antara pencipta dan ciptaannya yang tidak mampu menyelamatkan. Tidak ada relasi penyelamatan dalam reproduksi sedangkan dalam prokreasi ada relasi penyelamatan antara Sang Pencipta (Allah) dengan ciptaanNya (manusia).

Kebahagiaan

Baby by designed mengandung bahaya yang sangat besar yakni menyangkut kebahagiaan si anak. Apakah anak akan merasa bahagia kalau dia dibuat seperti itu? Jelas hal ini menjadi taruhannya. Model rambut, warna kulit, model hidung dsb selalu berubah mengikuti trend yang ada padahal sekali rekayasa genetika itu dilakukan, maka genome manusia tidak akan bisa berubah dan akan bertahan sepanjang hidup. Ketika si anak hasil rekayasa itu tidak puas dan tidak bahagia atas keadaannya, siapa yang harus bertanggung jawab dan dipersalahkan?

Instrumentalitas Manusia

Tanpa berpegang pada prinsip etika, ada bahaya bahwa penerapan bioteknologi kepada manusia akan menjadikan manusia hanya sebatas alat/instrumen saja. Dalam sejarah perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sudah ada banyak contoh dimana manusia sering dikurbankan demi kemajuan ilmu pengetahuan. Manusia dijadikan sarana percobaan tanpa mempedulikan perlindungan subjek manusia dalam penelitian dan aplikasi ilmu pengetahuan dan teknologi. Prinsip-prinsip etika dan moral sudah meberikan pedoman bagaimana memperlakukan manusia akan tetapi sepanjang sejarah sudah banyak sekali terjadi skandal besar kemanusiaan ketika manusia hanya dipandang sebagai sarana/instrumen. Kita bisa menyebut beberapa: Percobaan cacar oleh Edward Jenner (1749–1823), *Yellow Fever Experiment di Kuba oleh Walter Reed* (1851 – 1902), eksperimen oleh dokter Nazi Jerman di sekitar Perang Dunia II, dan *Tuskegee syphilis experiment* di Alabama, US tahun 1932 – 1972. Dalam semua kasus itu manusia direndahkan hanya sebagai sarana/alat untuk percobaan saja. Bioteknologi juga mempunyai bahaya yang sama kalau penerapannya tidak hati-hati.

Keanekaragaman Hayati

Tuhan menciptakan aneka ragam tumbuh-tumbuhan dan binatang. Dengan adanya bioteknologi maka yang akan bertahan tentu saja yang "berkualitas tinggi" baik untuk binatang maupun tanaman. Sekarang ini saja sudah semakin jarang kita temui padi-padi tradisional, misalnya Rojolele, Klemas dan sebagainya. Semua yang ditanam petani adalah varietas unggul yang adalah hasil dari rekayasa sedangkan yang tradisional sudah tidak ada atau disimpan di tempat tertentu. Ancaman yang terbesar justru kepada keanekaragaman hayati yang merupakan ciptaan Allah dan sekarang diganti dengan ciptaan manusia. Memang masalah tidak mudah: Kalau tumbuhan dan binatang tidak direkayasa, maka tidak akan mencukupi kebutuhan pangan bagi seluruh manusia sementara rekayasa itu selalu ada dampak sampingan yang tidak selalu baik.

Keamanan Pangan

Menjadi pertanyaan yang sangat besar adalah soal keamanan pangan, "Apakah makanan yang kita makan itu aman bagi manusia untuk dikonsumsi?" Jawaban ini tidak mudah karena pembuktian efek sampingan dari makanan itu tidak segera terjadi. Perlu bertahun-tahun pembuktian efek itu sehingga akhirnya berdampak pada kesehatan. Dewasa ini jumlah penyakit dan jenis penyakit semakin banyak. Kebanyakan penyakit itu berasal dari apa yang kita makan. Apakah cukup aman untuk mengkonsumsi bahan

makanan yang ditanam secara organik? Jawabannya jelas tidak cukup. Kalau yang ditanam secara organik itu adalah bibit hasil rekayasa genetika, maka tidak ada jaminan keamanan pangan walaupun dalam pertumbuhannya tanaman itu tidak memakai pestisida ataupun pupuk kimiawi. Keamanan tanaman pangan itu menjadi perhatian kita.

Monopoli

Bibit/benih tanaman dan hewan yang diperlihara itu dirancang hanya bisa ditanam satu kali dan sesudahnya kualitasnya pasti akan turun. Kalau demikian maka konsekuensinya adalah bibit padi, jagung, kedelai, semangka, melon dan sebagainya, harus selalu kita beli dari toko dan tidak bisa buat sendiri. Ayam ras yang juga merupakan hasil rekayasa, hanya bisa dipelihara satu kali dan kita tidak bisa membuat bibitnya. Tentu saja hal ini berdampak pada terciptanya monopoli bibit oleh perusahaan pengembangnya. Perusahaan juga menciptakan pupuk yang cocok untuk tanaman hasil rekayasa itu. Ini pun menciptakan monopoli pupuk dan menjadikan petani dan peternak tergantung pada toko/perusahaan. Kalau demikian, maka petani dan peternak tidak punya *bargaining power* untuk menciptakan harga yang layak. Semuanya ditentukan oleh produsen. Jelas, ini rawan pelanggaran keadilan.

"Quality Control"

Dalam semua produk, pasti diterapkan *quality control* (kontrol kualitas) agar terjaminlah kualitas yang tinggi. Kontrol kualitas ini sangat diperlukan supaya produk itu akan selalu berkualitas tinggi. Ini berarti produk-produk yang berkualitas rendah atau di bawah standart akan dibuang atau ditolak (rejected) dan hanya produk yang berkualitas tinggi akan diterima.

Kalau prinsip itu diterapkan pada manusia itu dalam *genetic engineering* ataupun bioteknologi, maka ada jenis-jenis manusia yang berkualitas rendah akan dilenyapkan. Akan terjadi ketidakadilan yang sangat besar sebab kita menghukum orang untuk dibinasakan, bukan karena kesalahan dia sendiri tetapi oleh karena kesalahan orang lain. Sama seperti kasus aborsi. Di sini adalah masalah ketidakadilan yang sangat fundamental dimana kita menghukum mati/membuang orang yang tidak bersalah.

Mutasi

Ketakutan yang juga menghinggapi banyak orang dengan adanya bioteknologi adalah terjadinya monster dan mutasi gen yang terjadi pada manusia atau juga pada hewan dan tumbuhan yang merupakan hasil bioteknologi. Mutasi itu bisa menjadi tak bisa dikontrol lagi di alam semesta ketika gen yang sudah bermutasi itu berjumpa dengan organisme yang

lainnya sehingga akan menciptakan makhluk hidup yang sama sekali lain. Kapas hasil rekayasa genetika ketika ditanam ternyata bisa merusak kapas dan tumbuhan lain, karena serbuknya terbang ke mana-mana dan bercampur dengan yang lainnya. Dalam banyak hal, manusia belum mampu mengontrol proses dan hasil rekayasa itu sepenuhnya. Kalau tidak hati-hati, maka prosesnya akan menjadi sumber bencana dan hasil serta efek sampingnya yang belum tentu bisa diprediksi akan menjadi sumber bencana lainnya.

Hak Paten dan "Intelectual Property Right"

Penemuan-penemuan dalam bidang bioteknologi biasanya akan dipatenkan atau dilindungi oleh hak kekayaan intelektual *(intelectual property rights*). Hak paten berguna untuk melindungi penemuannya agar tidak diaku atau dipergunakan oleh pihak lain tanpa izin ataupun tanpa membayar. Penemuan dalam bidang bioteknologi ini biasanya mempunyai nilai ekonomis dan nilai bisnis yang tinggi sehingga pemegang paten berhak untuk mendapatkan sejumlah uang tertentu. Hak kekayaan intelektual berbeda dengan paten walaupun sama–sama mempunyai nilai ekonomis. Hak kekayaan intelektual menyangkut ide-ide dan gagasan awal/pokok, metode bussiness, dan proses industri. Tujuan dari perlindungan hak kekayaan intelektual ini adalah untuk mempromosikan perlindungan kekayaan intelektual di seluruh dunia melalui kerjasama antar negara dan –apabila perlu– dalam kerjasama dengan organisasi internasional.[27]

Ada banyak perbedaan pendapat mengenai paten hasil bioteknologi yang berupa makhluk hidup. Apakah seseorang bisa mempatenkan makhluk hidup itu, sebab manusia bukanlah menemukan makhluk hidup itu tetapi hanya mengetahui mekanismenya atau memodifikasi makhluk hidup yang bukan milik dan penemuannya. Para ahli juga tidak menciptakan mekanisme itu dan kebanyakan hanya mengetahui mekanisme itu. Kalau demikian, apakah layak untuk mematenkan "penemuan" yang sebenarnya hanya mengetahui mekanismenya saja? Demikian pula mematenkan hasil bioteknologi ini juga dipandang sebagai penghambat penyebaran ilmu dan teknologi, terutama bagi negara-negara miskin dan penduduk yang miskin. Oleh karena itu, ada banyak yang oposisi pematenannya; akan tetapi kalau tidak dipatenkan, maka tidak ada dorongan (insentif) untuk melakukan penelitian, sebab keuntungan ekonomis ini terbukti hak yang paling besar pengaruhnya terhadap penelitian.

Yang juga menjadi perdebatan etis ialah, siapa yang mempunyai hak untuk paten dan hak kekayan intelektual ini. Pada umumnya, seorang ilmiawan yang melakukan penelitian di universitas, maka si peneliti itulah yang mendapat nama dan hak paten. Akan tetapi, ketika seorang peneliti

atau ilmiawan bekerja pada sebuah perusahaan bioteknologi maka biasanya hak paten itu menjadi hak perusahaan itu. Adilkah ini? Perdebatan pro dan kontra tetap berlangsung.

"Privacy"

Di era bioteknologi ini, maka masalah *privacy* dan menjaga kerahasiaan akan menjadi semakin sulit. Orang dengan mudah akan mengetahui rahasia biologis seseorang hanya dengan mendapatkan satu sel saja yang tertinggal di cangkir kopi. Sama seperti polisi yang melacak pelaku kejahatan dengan test DNA, maka orang akan dengan mudah mengetahui rahasia status biologis seseorang; padahal status biologis ini sangat menentukan banyak hal, termasuk penyakit dan pola tingkah laku seseorang. Orang akan mudah terpapar rahasianya kepada orang yang tidak berhak untuk mengetahuinya dan rawan disalah gunakan.

PENUTUP

Kemajuan bioteknologi mengandung banyak masalah. Di satu pihak, kemajuan itu sangat membantu manusia dalam pelbagai bidang akan tetapi di lain pihak ada beberapa kemajuan bioteknologi yang berhubungan dengan hidup manusia yang membawa serta masalah-masalah etis yang tidak mudah untuk diatasi. Yang jelas, ilmu pengetahuan dan teknologi itu bukannya bebas nilai sebab di balik sebuah teknologi dan ilmu pengetahuan, selalu ada ideologi atau tujuan yang ingin dicapai olehnya.[28] Ideologi dan tujuan itu belum tentu bisa dibenarkan secara etis. Oleh karena itu, fakta bahwa secara teknis sebuah teknologi itu bisa dicapai/dibuat, tidak otomatis menjadikannya valid juga secara moral karena kriteria teknis tidak selalu sama dengan kriteria moral-etis. Bukan karena secara teknis suatu teknologi itu bisa dibuat maka oleh karenanya boleh dikerjakan. Diperlukan kriteria atau prinsip-prinsip dasar penilaian etis yang berdasarkan harkat dan martabat manusia itu sendiri.

Bioteknologi sebagai buah dari ilmu pengetahuan dan teknologi mempunyai masalah yang sama dengan ilmu pengetahuan dan teknologi tersebut. Tanpa dipimpin oleh prinsip-prinsip moral yang baik maka justru akan menempatkan manusia sebagai sarana perkembangan, terpinggirkan dari kodratnya sebagai puncak ciptaan dan akhirnya hanya akan menjadi obyek saja. Manusia tidak lagi menguasai alam tetapi justru dikuasai alam. Lebih buruk lagi, ternyata prinsip-prinsip etika dan moral itu selalu ketinggalan di belakang dibandingkan dengan ilmu/bioteknologi. Sampai sekarang tidak semua persoalan yang berhubungan dengan bioteknologi selalu ada jawabannya. Kita masih perlu untuk menggali dan berefleksi lebih lanjut.

Manusia adalah makhluk rasional yang bebas dalam peziarahannya di dunia ini. Dia mampu untuk bertanya dan mengevaluasi segala sesuatu, termasuk esensi keberadaan dirinya. Kehausannya akan kebenaran menuntunnya kepada penemuan-penemuan teknologi dan ilmu pengetahuan. Ilmu pengetahuan dan teknologi itu sendiri sebenarnya adalah ekpresi kebebasan dan akal budi manusia yang merupakan anugerah dari Sang Pencipta yang oleh karenanya tidak perlu dihalangi atau dihentikan perkembangannya. Sang Pencipta akan senang apabila manusia mempergunakan akal budi yang merupakan pemberianNya. Penggunaan akal budi ini juga bentuk penghormatan kepada Sang Pencipta. Akan tetapi ini bukan berarti tidak ada batas yang boleh seenaknya dilanggar/ diseberangi tanpa menimbulkan sebuah persoalan. Cerita fiksi ilmiah yang berjudul Frankenstein adalah contoh kongkrit bagaimana hubungan antara etika dan teknologi. Dr. Victor Frankenstein berhasil menghidupkan kembali seekor monster yang sayangnya –oleh karena ketidakmampuannya mengelola monster itu– kemudian justru mengamuk dan membunuh pembuatnya.[29] Tragedi Dr. Frankenstein bukanlah berhubungan dengan kemampuan ilmiahnya untuk mengalahkan alam akan tetapi tragedi itu terjadi oleh karena kegagalannya untuk mengatur dan mengelola apa yang telah dia buat sehingga terjadilah: ciptaan memberontak melawan pencipta dan bahkan menghancurkan si pencipta.

Dewasa ini bioteknologi berkembang dengan sangat cepat, padahal bioteknologi itu berhubungan langsung dengan hidup manusia. Yang terpenting bukanlah menghalangi atau menghentikan perkembangannya tetapi untuk mengelolanya sedemikian rupa sehingga akan memajukan kesejahteraan manusia dan alam seluruhnya. Kita tidak menentang teknologi tetapi kita menentang teknologi yang tak beretika yang justru akan menghancurkan manusia sebagaimana diceritakan dalam novel Frankenstein itu. Dengan kata lain, perkembangan teknologi itu harus dituntun oleh prinsip-prinsip etis sebab kalau tidak demikian justru akan menghancurkan inti dari kemanusiaan itu sendiri yakni harkat dan martabat manusia yang pada gilirannya akan menghancurkan hidup manusia.

Manusia ditakdirkan menjadi ciptaan yang paling mulia oleh karena dia adalah gambar dan citra Allah. Ini berarti bahwa manusia tidak boleh dikalahkan oleh apa saja, baik itu ilmu pengetahuan dan teknologi, ambisi manusiawi, dan apa saja. Yang bisa mengalahkan manusia hanya Tuhan Allah, karena Dia adalah pencipta dan kita adalah ciptaanNya.

CB. Kusmaryanto
Lulusan program Doktoral Fakultas Teologi Universitas Gregoriana Roma; Berkarya sebagai Dosen program studi Magister Teologi Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta. Email: cbkusmaryanto@gmail.com

CATATAN AKHIR:

1 *L'Osservatore Romano.* Weekly Edition in English n. 3 pp. 3,4.
2 Brian Robert Shmaefsky. *Biotechnology 101.* (Westport: Greenwood Press. 2006), 1.
3 J, E. Smith, *Biotechnology.* (Cambridge: Cambridge University Press, 2009), 2.
4 J, E. Smith, *Biotechnology.* 3.
5 David P. Clark dan Nanette J. Pazdernik. *Bioteknology: Academik Cell Update,* (San Diego: Academic Press, 2012), xi.
6 David P. Clark, Nanette Pazdernik. *Biotechnology: applying the genetic revolution,* Elsevier (San Diego: Academic Press, 2009), 1.
7 Sebagian besar bagian ini dikutip dari CB. Kusmaryanto. *Bioetika.* (Jakarta: Kompas Penerbit Buku, 2016).
8 Kara Rogers. *The components of life: from nucleic acids to carbohydrates,* (New York: Britannica Educational Publishing, 2011), xi.
9 Kara Roger (ed.). *The Cell.* (New York: Britanica Educational Publishing, 2011), xi.
10 Gerald Karp. *Cell and Molecular Biology Concepts and Experiments,* (Hoboken: John Wiley & Sons, 2010), 3.
11 Kara Rogers (ed.). *The Cell,* 1.
12 Alexander G. Haslberger. *Epigenetics and Human Health, (*Weinheim: Wiley Blackwell, 2010), 38.
13 William Goodwind dan Adrian Linacre. *An Introduction to Forensic Genetics,* Chichester: John Wiley & Sons, 2011), 13.
14 D. Peter Snustad dan Michael J. Simmons. *Principles of genetics,*(Hoboken: John Wiley & Sons, 2012), 411.
15 Mengenai jumlah gen dalam diri manusia terjadi perubahan terus menerus. Semula diperkirakan berjumlah sekitar 30.000 – 40.000. Lalu keluar data baru sekitar 25 – 30.000 tetapi kemungkinan besar jumlah itu akan lebih kecil lagi atau ada kemungkinan akan keluar data baru lain lagi. Gerald Karp. *Cell and Molecular Biology Concepts and Experiments* 405. Joseph Panno. *The Cell: Nature's First Life-form,* (New York: Facts On File, 2010), 99. Lihat juga Alexander G. Haslberger. 38. Leslie P. Gartner, James L. Hiatt, Judy M. Strum. *Cell biology and histology,*(Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2011), 19.
16 D. Peter Snustad dan Michael J. Simmons. *Principles of genetics,* Hoboken: John Wiley & Sons, 2012), 411.
17 Joseph Panno. *The cell: nature's first life-form,* 99.
18 Charlotte K. Omoto dan Paul F. Lurquin. *Genes and DNA.* (New York: Columbia University Press, 2004) 131.
19 Charlotte K. Omoto dan Paul F. Lurquin. *Genes and DNA,* 63.
20 Collin Masters. *DNA and Your Body: What you need to know about biotechnology,* (Sydney: University of New South Wales Press, 2005), 51.
21 Jo Haydon. *Genetics in Practice: A Clinical Approach for Healthcare Practitioners.* (West Sussex: John Wiley & Son, 2007), 48. Colin Masters. *DNA and Your Body.* 163. Cyntia García Coll et all. *Nature and Nurture.* (London: Lawrence Erlbaum Associates, 2004), 183.
22 Jo Haydon. *Genetics in Practice.* 48. Alexander G. Haslberge. *Epigenetics and Human Health,* 38. Gerald Karp, *Cell and Molecular Biology Concepts and Experiments,* 409.
23 William Goodwind dan Adrian Linacre, *An Introduction to Forensic Genetics,* 15.
24 David P. Clark, dan Nanette Pazdernik. *Biotechnology: applying the genetic revolution,* 1.
25 George P. Smith II. *The Christian Religion and Biotechnology: A Search for Principled Decision-making.* (Dordrecht: Springer, 2005), 149.
26 Donum Vitae 5.
27 Brian Robert Shmaefsky, *Biotechnology 101,* 3.
28 Donum Vitae no. 2.
29 Mary Wollstonecraft Shelley. *Frankenstein.* tahun 1818.

DAFTAR RUJUKAN

-------- *L'Osservatore Romano*, Weekly Edition in English n. 3 pp. 3, 4.

Clark, David P. dan Nanette J. Pazdernik, *Bioteknology: Academik Cell Update*, San Diego: Academic Press, 2012.

Clark, David P. dan Nanette Pazdernik. *Biotechnology: applying the genetic revolution*. San Diego: Elsevier Academic Press, 2009.

Coll, Cyntia García et all.. *Nature and Nurture*. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2004.

Gartner, Leslie P., James L. Hiatt, Judy M. Strum. *Cell biology and histology*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2011.

Goodwind, William dan Adrian Linacre. *An Introduction to Forensic Genetics*. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

Haslberger, Alexander G.. *Epigenetics and Human Health*. Weinheim: Wiley Blackwell, 2010.

Haydon, Jo. *Genetics in Practice: A Clinical Approach for Healthcare Practitioners*. West Sussex: John Wiley & Son, 2007.

Karp, Gerald. *Cell and Molecular Biology Concepts and Experiments*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

Kusmaryanto. CB. *Bioetika*¸ Jakarta: Kompas Penerbit Buku, 2016.

Mary Wollstonecraft Shelley. *Frankenstein*. 1818.

Masters, Collin. *DNA and Your Body: What you need to know about biotechnology*. Sydney: University of New South Wales Press, 2005.

Omoto, Charlotte K. dan Paul F. Lurquin. *Genes and DNA*. New York: Columbia University Press, 2004.

Panno, Joseph. *The Cell: Nature's First Life-form*. New York: Facts On File, 2010.

Rogers, Kara. *The components of life: from nucleic acids to carbohydrates*. New York: Britannica Educational Publishing, 2011.

Rogers, Kara (ed.). *The Cell*. New York: Britanica Educational Publishing, 2011.

Sacred Congregation for the Doctrine of the Faith. *Donum Vitae*. 1987.

Shelley, Mary Wollstonecraft. *Frankenstein*. tahun 1818.

Shmaefsky, Brian Robert. *Biotechnology 101*. West Port: Greenwood Press, 2006.

Smith, J, E.. *Biotechnology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Smith, George P. II. *The Christian Religion and Biotechnology: A Search for Principled Decision-making*. Dordrecht: Springer, 2005.

Snustad, D. Peter dan Michael J. Simmons. *Principles of genetics*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.