

BUKU AJAR
ANTROPOLOGI FISIK



Oleh,
Drs. Etmi Hardi, M.Hum

...	UNIVERSITAS NEGERI PADANG
TANGGAL	31 DES. '03
SUMBER/HARGA	HADIAH
KOLEKSI	K1
NO. INVENTARIS	468 / K / 2003 - a 2 (2)
KLASIFIKASI	573.07 Har - a 2

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN SOSIOLOGI ANTROPOLOGI
JURUSAN SEJARAH FAKULTAS ILMU-ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2003

KATA PENGANTAR

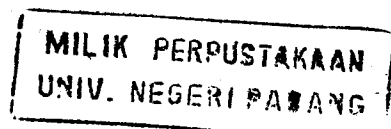
Buku Ajar ini disusun dengan tujuan untuk membantu mahasiswa dalam memahami materi antropologi, khususnya dalam mata kuliah Antropologi Fisik. Hal ini disebabkan masih terbatasnya buku-buku yang membicarakan tentang materi ini. Kebanyakan buku-buku yang menginformasikan dan menulis tentang ini masih dalam edisi bahasa asing, sehingga sukar bagi mahasiswa untuk mempelajari dan memahaminya.

Buku ini mencoba untuk memaparkan tentang hal-hal yang berkaitan dengan Antropologi Fisik, di antaranya konsep-konsep penting tentang biologi, evolusi dari makhluk hidup (species), perkembangan Hominoid hingga menjadi Homo Sapiens. Kajian-kajian yang dilakukan para ahli Antropologi Fisik tentang evolusi species adalah lewat dua cara, yakni morfologi (bentuk) fisik, dan tingkah laku. Oleh sebab itu konsep-konsep yang berhubungan dengan hal tersebut juga dibahas dalam buku ini.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki banyak kekurangan dan kelemahan, apalagi sebagai buku pengantar. Oleh sebab itu kritik serta saran dari berbagai pihak sangat diperlukan guna perbaikan di masa depan. Mudah-mudahan kehadiran buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Padang, Desember 2003

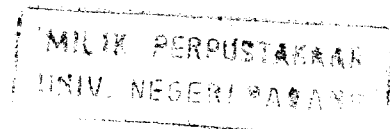
(Penulis)



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	ii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II EVOLUSI BIOLOGI	5
A. Tujuan Khusus Perkuliahan	5
B. Pendahuluan	5
C. Materi	6
- Perkembangan Pemikiran Biologi	6
- Pemikiran-Pemikiran Pertama Tentang Evolusi Biologi	8
- Teori Seleksi Alam	10
D. Ringkasan	12
E. Evaluasi	12
BAB III SPECIES DAN EVOLUSI	14
A. Tujuan Umum Perkuliahan	14
B. Pendahuluan	14
C. Materi	15
- Mutasi, Penyimpangan Genetika, dan Mekanisme Isolasi	15
- Proses Adaptasi, Generealisasi, dan Spesialisasi	17
-Tipe-Tipe Evolusi	18
-Sifat-Sifat Evolusi	20
D. Ringkasan	21
E. Evaluasi	22
B IV DARI PRIMATE KE HOMINOIDEA	23
A. Tujuan Umum Perkuliahan	23
B. Pendahuluan	23

C. Materi	24
- Penyebaran Primate Pertama	24
- Teori Adaptasi Primate	25
- Antropoid	26
- Ciri-Ciri Fisik Hominoid	27
- Jenis-Jenis dan Penemuan Fosil Hominoid	28
- Sejarah Munculnya Hominoid	30
D. Ringkasan	32
E. Evaluasi	32
BAB V HOMO SAPIENS	34
A. Tujuan Umum Perkuliahan	34
B. Pendahuluan	34
C. Materi	35
- Pengertian dan Kategori Homo Sapiens	35
- Homo Neanderthelensis	35
- Ras	38
D. Ringkasan	39
E. Evaluasi	39
Daftar Bacaan	41



BAB I

PENDAHULUAAN

Sebagai sebuah disiplin ilmu pengetahuan Antropologi mengalami perkembangan yang cukup pesat sejak awal abad ke-20. Bahkan dalam kelompok ilmu-ilmu social perkembangan ilmu Antropologi sangat luar biasa. Perkembangan itu tidak saja dari aspek substansi, teori dan konsep, namun juga dari aspek bidang kajian, di mana terdapat berbagai ragam kajian Antropologi dewasa ini.

Secara substansi pada saat ini terdapat berbagai aliran (mazhab) dalam Antropologi yang seringkali digolongkan berdasarkan universitas di beberapa negara di mana ilmu Antropologi itu berkembang, yakni Amerika Serikat, Inggris, Eropa Tengah, Eropa Timur, Eropa Utara, dan negara-negara sedang berkembang. Sementara dari segi teori juga terdapat keberagaman teori Antropologi, seperti teori evolusi, teori fungsionalisme, dan teori strukturalisme. Dalam hal ini Antropologi sudah melahirkan banyak tokoh atau teoritis terkenal, seperti Malinowski, dan Radcliffe Brown.

Dalam pada itu perkembangan dalam bidang kajian menyebabkan adanya paling sedikit lima masalah penelitian khusus dalam Antropologi. Pertama, masalah sejarah asal dan perkembangan manusia secara biologi. Kedua, masalah sejarah terjadinya aneka warna makhluk manusia dipandang dari sudut ciri-ciri tubuhnya. Ketiga, masalah sejarah asal, perkembangan, penyebaran, aneka warna bahasa yang diucapkan manusia di seluruh belahan dunia. Keempat, masalah perkembangan, penyebaran, dan terjadinya aneka warna kebudayaan manusia. Kelima, masalah

mengenai azas-azas dari kebudayaan manusia dalam kehidupan masyarakat dari semua suku bangsa yang tersebar di seluruh muka bumi dewasa ini.

Kompleksitas masalah penelitian Antropologi seperti yang digambarkan di atas memerlukan pengkajian-pengkajian khusus dari para ahli Antropologi, sehingga ilmu Antropologi makin terdiferensiasi ke dalam cabang-cabang khusus. Secara garis besar terdapat dua cabang ilmu Antropologi, yakni Antropologi Fisik, dan Antropologi Budaya.

Antropologi Fisik adalah sebuah cabang dari ilmu Antropologi yang berusaha mempelajari evolusi biologis tingkah laku dan sejarah hominid ditinjau dari sudut seleksi alam dan penyesuaian diri. Dalam hal ini titik berat antropolog lebih ditekankan kepada ciri-ciri fenotipe dan genotipe dari makhluk hidup. Kebanyakan yang menjadi obyek kajian dari mereka adalah fosil-fosil masa lalu sebagai bukti dari keberadaan makhluk hidup atau species itu pada masa lampau. Antropologi Fisik sendiri terbagi lagi ke dalam Paleo-Antropologi dan Antropologi Fisik dalam artian khusus.

Paleo-Antropologi adalah ilmu yang meneliti asal usul atau terjadinya evolusi makhluk manusia dengan mempergunakan sebagai bahan penelitian sisa-sisa tubuh yang telah membatu atau fosil-fosil manusia dari zaman dahulu kala (pra sejarah). Sedangkan Antropologi Fisik dalam artian khusus adalah bagian dari ilmu Antropologi yang mencoba mencapai suatu pengertian tentang sejarah terjadinya aneka warna makhluk manusia dipandang dari sudut ciri-ciri tubuhnya, baik ciri yang bersifat fenotipe, maupun yang bersifat genotipe.

Sementara itu, Antropologi Budaya merupakan cabang ilmu Antropologi yang mempelajari kebudayaan manusia dari berbagai aspek, seperti bahasa, adat istiadat, religi, dan kesenian. Yang termasuk ke dalam cabang ilmu Antropologi Budaya adalah Etnolinguistik, Prehistori, dan Etnologi. Etnolinguistik mempelajari aneka warna bahasa manusia di dunia, mulai dari sejarah, perkembangan, dan penyebarannya. Prehistori mempelajari sejarah perkembangan dan penyebaran semua kebudayaan manusia di muka bumi sejak manusia belum mengenal tulisan. Sedangkan etnologi adalah bagian dari Antropologi Budaya yang mencoba menjelaskan tentang azas-azas manusia dengan mempelajari kebudayaan-kebudayaan dalam kehidupan masyarakat dari berbagai suku bangsa yang tersebar di seluruh dunia.

Buku ini secara ringkas mencoba memaparkan tentang evolusi makhluk manusia sejak awal hingga mencapai tahap Homo Sapiens, serta seluk beluk yang berkaitan dengan struktur fisik tubuh manusia. Dengan demikian pengertian Antropologi Fisik yang digunakan dalam buku ini adalah yang bersifat umum, bukan dalam artian khusus. Cabang ilmu Antropologi Fisik seringkali disebut juga dengan Antropologi Ragawi, sebagaimana umumnya digunakan para ahli Antropologi Eropa.

Buku ini disusun atas lima bab. Bab pertama adalah pengantar secara umum ke arah pemahaman Antropologi Fisik. Bab kedua berbicara tentang proses evolusi makhluk hidup, khususnya manusia, termasuk tataran pemikiran sekitar itu. Bab ketiga mencoba menjelaskan tentang species dan evolusinya. Bab keempat memaparkan tentang perkembangan species primata hingga mencapai tahap

hominoidea (hominid). Sementara bab kelima sebagai bab terakhir berusaha menjelaskan tentang kemunculan dan perkembangan Homo Sapiens yang dianggap sebagai cikal bakal dari manusia sekarang ini.

BAB II

EVOLUSI BIOLOGI

A. Tujuan Khusus Perkuliahan

1. Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian dari evolusi biologi
2. Mahasiswa dapat menjelaskan sumbangan filosof Yunani dalam membangun pemikiran-pemikiran biologi
3. Mahasiswa dapat menjelaskan pemikiran Buffon, Lamarck, dan Cuvier tentang proses evolusi biologi makhluk hidup.
4. Mahasiswa dapat menjelaskan teori evolusi biologi Charles Darwin
5. Mahasiswa dapat menjelaskan tentang teori seleksi alam yang dikemukakan oleh Darwin

B. Pendahuluan

Proses kehadiran makhluk-makhluk hidup ke dunia, termasuk manusia sudah lama menjadi perhatian para ahli biologi. Paling tidak sejak abad ke 18, ketika George Leclerc Buffon mulai melakukan eksperimen-eksperimen serius terhadap beberapa jenis binatang peliharaan. Perhatian itu makin memuncak pada abad ke-19 ketika Charles Darwin berhasil mengembangkan teori evolusi biologi untuk menjelaskan proses kehadiran makhluk-makhluk hidup tersebut ke dunia.

Evolusi biologi menekankan pada sifat menekankan pada sifat dan mekanisme perubahan dalam organisme sesuai dengan perjalanan waktu dan ruang.

Hal ini mengharuskan kita untuk melihat evolusi dalam beberapa model yang mempunyai beberapa aspek berikut: taxonomy, nomen clature, dan gambaran-gambaran proses species. Untuk memahami aspek-aspek tersebut terlebih dahulu diketahui perkembangan pemikiran biologi secara histories. Bagian ini mencoba untuk memaparkan hal tersebut.

B. Materi

Perkembangan Pemikiran Biologi

Bangsa Yunani amat berjasa dalam membangun ilmu pengetahuan dan pemikiran manusia ke arah yang lebih rasional. Mereka adalah bangsa pertama yang mencoba untuk menjelaskan tentang fenomena-fenomena yang ada di alam semesta di luar pengaruh dan campur tangan para dewa. Eksistensi manusia sebagai makhluk yang berpikir mulai diakui.

Filosof Yunani bernama Plato (427SM – 347SM) mempopulerkan teori Socrates tentang cerita goa. Menurut Socrates dunia indera (apa yang didengar, dilihat, dirasa, dan diraba) adalah merupakan tiruan tidak sempurna dari bentuk-bentuk yang ada di dalam pikiran Tuhan, sehingga ia menyamakan obyek dalam dunia nyata dengan bayang-bayang yang jatuh pada dinding goa yang terkena cahaya api (pikiran Tuhan). Manusia dihalangi untuk melihat api atau bentuk-bentuk yang sebenarnya secara langsung, namun manusia bisa mendefinisikan sari dan bentuk-bentuk ini dengan jalan mengamati bayang-bayang tidak sempurna di dunia nyata. Dengan demikian sekalipun manusia tidak pernah bisa mempelajari kebenaran secara

langsung, namun dia bisa mendekati sifat dari bentuk dengan jalan mengamati alam semesta sedekat mungkin.

Aristoteles (384SM – 322SM) memberikan perspektif baru tentang ciptaan statis yang dikontrol oleh Tuhan. Ia percaya bahwa Tuhan telah menciptakan dunia sebagai tempat yang teratur, di mana beraneka ragam benda berada dalam rangkaian bertingkat secara kontinyue, dan mempunyai tujuan hidup. Seseorang bisa mengklasifikasikan organisma-organisma dan seberapa jauh mereka menyempurnakan atau mengembangkan diri dari bentuk aslinya.

Setelah berkembangnya agama Kristen pada permulaan abad Masehi analisa-analisa tentang perkembangan makhluk hidup mulai dimasuki unsure-unsur moral dan religius. Beberapa jenis binatang mulai dianggap sebagai bentuk yang lebih tinggi dan lebih dekat dengan Tuhan. Sementara beberapa jenis manusia telah tercipta dari ciptaan Tuhan yang sempurna. Lebih kurang selama seribu Tahun (sampai berakhirnya abad pertengahan) pandangan dunia klasik mampu menyatukan etika, filsafat, politik dan sains menjadi pandangan yang terpadu.

Pada abad pertengahan pengaruh gereja yang amat dominan mulai mempengaruhi ilmu pengetahuan. Ilmuwan tidak bisa bebas mengemukakan pikiran-pikirannya tentang sesuatu. Sebab kebenaran yang hakiki adalah milik gereja, sehingga banyak di antara ilmuwan dianggap murtad oleh gereja. Misalnya Copernicus yang menyatakan bahwa planet-planet dan bumi mengelilingi matahari, bukan sebaliknya seperti yang difatwakan oleh gereja. Galileo juga dicap murtad karena hasil pengamatannya dengan menggunakan teleskop berusaha memperkuat pikiran Copernicus. Hal yang menarik adalah penyelidikan-penyelidikan ilmiah pada

abad pertengahan yang dilakukan oleh kelompok gereja dan para teolog yang beriman, termasuk Charles Darwin. Hasil karya seorang teolog ilmuwan bernama John Ray (1627 – 1705) makin memperkuat interpretasi Aristoteles mengenai dunia.

Carl Linne Linnaeus (1707 – 1773) mengembangkan sebuah system klasifikasi dan nomenclature yang berasal dari sebuah keyakinan akan mata rantai makhluk hidup yang tidak berubah. Ia menggunakan ciri-ciri atau sifat-sifat untuk mengelompokkan tanaman-tanaman sesuai dengan persamaan-persamaan yang ada di antara tanaman dengan tanaman lainnya. Setiap kategori diberi judul dengan menggunakan system binomial nomenclature, yaitu yang membagi organisme dalam negara, yang kemudian dibagi lagi dalam kelompok-kelompok yang disebut species. Jadi binomial (dua nama) untuk manusia adalah Homo Sapiens. Salah satu ciri khas dari system Linnaeus adalah mengelompokkan hirarkhisnya. Setiap kelompok bisa dibagi ke dalam ke dalam kelompok yang lebih kecil lagi.

Pemikiran-Pemikiran Pertama Tentang Evolusi Biologi

George Leclerc Buffon (1707 – 1778) mulai mengembangkan pemikiran evolusi biologi pada pertengahan abad ke-18. Eksperimen yang dilakukan Buffon terhadap binatang menunjukkan bahwa ada kecenderungan binatang untuk melepaskan diri dari tipe-tipe asli sesuai dengan perjalanan waktu. Perubahan tersebut mungkin disebabkan oleh gradasi bentuk secara bertahap. Buffon melihat hal seperti itu pada alam dan memperkirakannya sebagai akibat dari kawin silang.

Ahli Prancis lain yang juga berjasa dalam membangun pemikiran evolusi adalah Jean Baptise Lamarck (1744 – 1829). Ia menjelaskan adanya mekanisme spesifik dalam trans mutasi (evolusi) organisme. Menurutnya lagi, binatang berubah sesuai dengan tuntutan alam sekelilingnya. Karakteristik yang didapat sesuai dengan tuntutan alam (acquired characteristics) menjelaskan bahwa kemampuan atau penyesuaian dari sebuah organisme yang didapat semasa hidup, dapat menurun pada keturunan. Misalnya jerapah memanjangkan leher untuk mencapai makanan pada ujung sebuah pohon, maka keturunannya bisa lahir dengan leher yang lebih panjang lagi. Proses ini berlangsung terus dari satu generasi kepada generasi lainnya.

Pemikiran Lamarck ditentang oleh ahli anatomi Prancis lainnya, George Cuvier (1769 – 1832). Cuvier menolak penjelasan Lamarck tentang perubahan makhluk hidup, dan mengemukakan pendapat baru yang sejalan dengan kitab Injil. Cuvier meyakini bahwa fosil binatang di masa lalu menunjukkan perbedaannya dengan binatang yang ada sekarang. Akan tetapi Cuvier berpendapat bahwa Tuhanlah sebagai penyebab dari perubahan-perubahan dan kepunahan. Ia percaya bahwa Tuhan telah menghancurkan bumi dan menciptakannya lagi beberapa kali. Setiap kali mata rantai makhluk hidup diciptakan maka pada saat itu pula bentuk baru lebih disesuaikan dengan alam sekelilingnya yang berbeda dengan nenek moyang mereka sebelumnya.

Robert Malthus (1766 – 1834) menerbitkan sebuah buku yang berjudul *Essay on Population* pada tahun 1789. Malthus menyatakan bahwa populasi makhluk hidup cenderung meningkat dalam tahap geometric (kelipatan dua, tiga, dan seterusnya), sedangkan bahan makanan hanya bertambah secara aritmetik

(penambahan biasa). Perubahan populasi makhluk hidup yang tidak seimbang dengan bahan makanan menyebabkan terjadinya persaingan hidup, kecuali jika populasi makhluk hidup dapat dikendalikan, khususnya manusia.

Ide Malthus amat banyak mempengaruhi Charles Darwin (1809 – 1882) seorang ahli biologi Inggris yang amat terkenal dengan teori evolusi biologinya. Pada tahun 1859, Darwin menerbitkan sebuah buku yang berjudul *Origin of Species* yang memuat tentang pemikiran evolusi biologinya. Menurutnya setiap bentuk hidup dan makhluk hidup yang ada di dunia berevolusi dan berkembang secara kompleks. Dengan kata lain semua makhluk hidup di dunia adalah hasil dari proses evolusi.

Menurut Darwin proses evolusi makhluk hidup dipengaruhi oleh alam. Dengan kata lain, seleksi alam amat menentukan proses evolusi makhluk hidup. Jika makhluk hidup mampu melakukan adaptasi dan mengatasi alam maka ia akan mampu bertahan hidup. Sebaliknya yang tidak mampu melakukan itu akan punah, sehingga proses seleksi alam itu digambarkan oleh Darwin sebagai “survival of the fittest” (perjuangan untuk hidup).

Teori Seleksi Alam

Salah satu pemikiran Darwin yang terkenal dalam bukunya *Origin of the Species* adalah tentang teori seleksi alam. Beberapa kesimpulan pokok dari teori tersebut adalah sebagai berikut. Pertama, alam semesta melakukan seleksi atas individu yang disesuaikan dengan lingkungan. Kedua, lingkungan selalu berubah, demikian juga organisme-organisme yang ada di dalamnya. Ketiga, individu yang

cocok dengan lingkungan akan mampu bertahan dan menghasilkan keturunan yang lebih banyak.

Sesuai dengan teori seleksi alam maka hidup adalah suatu perjuangan dan kompetisi, atau dalam bahasa Darwin “struggle of existence”. Darwin menekankan bahwa semua organisme hidup bersaing dengan organisme lain, di mana keuntungan berada di pihak yang kuat. Namun, sayangnya ide-ide dan pemikiran Darwin ini seringkali dijadikan sebagai dasar pembenaran dari politik kolonial, serta ketidakadilan social. Para penjajah kulit putih beranggapan bahwa apa yang mereka lakukan terhadap orang-orang Asia dan Afrika dalam bentuk imperialisme adalah sesuatu yang benar.

Konsepsi “kuat” atau superior dalam sistem seleksi yang dimaksud Darwin bukan dalam arti fisik (jasmani), tercepat, terkejam, namun adalah kemampuan memproduksi. Binatang yang menghasilkan keturunan tersuburlah yang dimaksud dengan defenisi terkuat, dalam istilah Darwin disebut reproduksi differensial. Kalau kekuatan dalam arti fisik maka dua binatang buas yang bertarung akan menyisihkan salah satunya. Namun bagaimana dengan tumbuh-tumbuhan? Tanaman yang berada di gurun berjuang melawan kekeringan agar tetap bertahan hidup. Dalam hal ini dapat dikatakan terjadi persaingan dengan tanaman-tanaman lain yang hidup di tempat yang sama. Hanya tanaman yang dapat menghasilkan biji yang banyak serta mampu bertahan yang dapat memenangkan seleksi tersebut.

Dengan demikian kekuatan langsung berhubungan dengan factor-faktor pendorong seleksi di dalam lingkungan. Lingkungan tidak hanya terdiri dari factor persediaan makanan, iklim, dan binatang pemangsa, namun juga species lain,

terutama anggota-anggota dari species yang sama, yang bersaing untuk sumber yang sama. Salah satu sumber yang menjadi dasar persaingan binatang adalah kesempatan untuk berpasangan, sehingga Darwin melihat adanya seleksi seksual sebagai pendorong seleksi. Dengan demikian cenderung terjadi persaingan di antara anggota-anggota binatang yang berjenis kelamin sama.

D. Ringkasan

Evolusi biologi berusaha untuk menjelaskan proses kehadiran makhluk hidup ke dunia, termasuk manusia. Pemikiran biologi sudah mulai dibangun oleh filosof-filosof Yunani pada abad-abad sebelum Masehi, dan kemudian berkembang terus sampai abad pertengahan. Darwin adalah tokoh yang amat populer dalam pemikiran evolusi biologi. Sekalipun teorinya tetap dikecam hingga saat ini, namun teori Darwin tetap merupakan pola penyatu utama dari biologi. Para pengikut Darwin dengan efektif berusaha menunjukkan kemampuan teori ini dalam menjelaskan tentang asal usul makhluk hidup, khususnya manusia.

E. Evaluasi

Jawablah soal-soal berikut dengan jelas dan benar.

1. Jelaskan sumbangan para filosof Yunani dalam membangun pemikiran awal!
2. Jelaskan bagaimana pemikiran evolusi biologi George Leclerc Buffon!
3. Jelaskan pemikiran evolusi biologi Jean Baptise Lamarck, dan perbedaannya dengan pemikiran George Cuvier!

4. Jelaskan konsep seleksi alam yang dikemukakan Darwin dalam proses evolusi manusia!
5. Jelaskan bagaimana teori seleksi alam yang dibangun Darwin!

BAB III

SPECIES DAN EVOLUSI

A. Tujuan Khusus Perkuliahaan

1. Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian mutasi, penyimpangan genetic mekanisme isolasi dan mekanisme isolasi
2. Mahasiswa mampu membedakan antara konsep adaptasi dengan generalisasi dan spesialisasi
3. Mahasiswa dapat menyebutkan beberapa tipe evolusi
4. Mahasiswa dapat menjelaskan sifat-sifat evolusi

B. Pendahuluan

Species adalah merupakan unit dasar evolusi. Species adalah suatu kelompok makhluk hidup yang dapat kawin antar anggota, sehingga menghasilkan keturunan yang subur. Pengelompokan lain seperti sub-species, genera, dan ordo adalah bersifat tidak tetap (berubah-ubah) sehingga tidak dapat didefinisikan semata dari sudut kesuburan.

Klasifikasi species yang lebih besar seperti family tidak dapat kawin anatar anggota, karena mereka merupakan kelompok yang lebih besar dan seleksi unit dasar. Darwin menyimpulkan species muncul sebagai akibat dari seleksi atas varietas makhluk hidup. Bagian ini mencoba memaparkan lebih jauh dari mana dan bagaimana species muncul di alam semesta.

C. Materi

Mutasi, Penyimpangan Genetika, dan Mekanisme Isolasi

Segala bentuk varietas bias ditelusuri secara langsung pada perubahan-perubahan penting yang berada dalam struktur DNA (Deoxyribonucleic Acid). DNA adalah sejumlah molekul yang terdapat dalam kromosom. Molekul-molekul inilah yang menyediakan mekanisme untuk meneruskan informasi genetic dari sel parental ke sel anak (pada tingkat selular), dari induk ke keturunan (pada tingkat organis), dan dari generasi ke generasi (pada tingkat populasi).

Mutasi-mutasi dalam struktur DNA dapat disebarkan dari kekuatan luar (radiasi atau toksin) atau perubahan di dalam yang terjadi secara spontan dan kesalahan yang dibuat selama proses replica. Kesalahan-kesalahan tersebut dapat diklasifikasikan atas: pembuangan, penambahan, penggantian, dan rekombinasi. Pada pembuangan, bagian tertentu dari kode dibuang atau diabaikan selama replikasi. Yang termasuk dalam pembuangan antara lain instruksi atau pemberian sinyal untuk menghentikan atau memulai sebuah sinyal. Proses penambahan meliputi penambahan informasi ekstra pada kode genetic yang mungkin mengakibatkan penciptaan sumber baru. Sementara penggantian adalah proses penukaran sebagian kode genetic dengan kode lain. Genotipe-genotipe baru juga muncul sebagai akibat perkawinan dan terjadinya kombinasi-kombinasi baru yang disebut dengan istilah rekombinasi.

Di samping itu, dalam mutasi juga sering terjadi penyimpangan genetika, yakni kecenderungan populasi untuk memperlihatkan perubahan statistik frekwensi gen dari satu generasi ke generasi berikutnya. Turun naik frekwensi gen yang tidak

teratur menjadi sangat penting jika frekwensi tertentu terisolasi dari populasi yang lebih besar. Frekwensi genetic dari keturunan-keturunan yang terisolir tidak lagi mencerminkan frekwensi dan popilasi asal.

Agar dapat menyeimbangkan bahan genetic kepada makhluk hidup baru, maka suatu species harus melakukan perkawinan. Dalam hal ini species makhluk harus mempunyai koordinasi ruang waktu yang sama, dan secara mekanis mampu menukar bahan genetic dalam koordinasi ini. Hal-hal atau factor-faktor yang mengganggu proses perkawinan dan reproduksi keturunan (kesuburan, dan sebagainya) disebut mekanisme isolasi. Unsur-unsur yang termasuk ke dalam mekanisme isolasi adalah: geografis dan tingkah laku.

Batas- batas geografis seperti gunung, dan laut bias memisahkan dan mengisolasi organisme yang semula bersatu. Salah satu factor geologi yang penting dalam masa awal kehidupan makhluk hidup di dunia adalah proses pemisahan benua, perubahan-perubahan iklim yang mendadak, serta turun naiknya permukaan laut secara drastic. Di samping itu organisme juga memiliki kecendrungan untuk merubah tingkah lakunya dalam bereaksi terhadap kondisi atau kesempatan biologis yang baru. Dengan demikian tingkah laku yang berubah menciptakan dorongan selksi dalam morfologi. Contoh klasik dari perubahan tingkah laku ini adalah pengklasifikasian populasi hewan atas nichenokturnal (aktif di malam hari), krepuskular (aktif di waktu subuh atau senja hari), dan diurnal (aktif di siang hari).

Proses Adaptasi, Generalisasi, Dan Spesialisasi

Dalam proses evolusi ada kecenderungan populasi untuk membuat batas dan membagi lingkungan mereka ke dalam system-sistem sumber hidup turunan yang berbeda yang disebut relung ekologis. Pemisahan itu bisa terjadi di dalam species atau antar species. Populasi yang berbeda akan menspesialisasikan diri ke dalam habitat tertentu di dalam lingkungannya. Oleh sebab itu, beberapa jenis species ada yang beradaptasi dengan lingkungan air, darat, dan laut sekalipun berada pada geografis yang sama.

Dalam proses adaptasi juga terjadi competitive exclusion antar species. Suatu species bias saja tersingkir dari sebuah tempat oleh species lain yang lebih unggul atau superior. Dengan demikian bila dua jenis populasi bersaing untuk mendapatkan sumber yang sama, maka satu kelompok populasi biasanya akan tersingkir oleh kelompok populasi lainnya yang lebih kuat. Dalam banyak contoh, kita temukan satu jenis species menggarap aspek yang berbeda dari sumber yang sama. Misalnya burung pemakan bangkai menggarap sumber makanan yang sama, namun dengan cara yang berbeda.

Adaptasi pada rerlung ekologis tertentu menggambarkan proses di mana tingkah laku dan morfologi binatang berubah menyesuaikan kebutuhan hidupnya dengan cara tertentu. Secara umum species cenderung untuk berspesialisasi di dalam tingkah laku dan morfologi tertentu. Dengan jalan mengintensifkan penggarapan sumber-sumber yang dapat diandalkan, binatang mencoba mengurangi keanekaragaman sumber yang dapat diserapnya.

Sebahagian species binatang lebih bersifat generalis. Artinya mereka kurang berubah dari kondisi aslinya dan tetap menggunakan keanekaragaman yang luas dari sumbernya. Misalnya beruang Koala Australia yang begitu terspesialisasi, sehingga hanya dapat makan beberapa species dari eucalyptus pada umur tertentu. Sebaliknya, pada jenis binatang yang bersifat generalis mereka harus mengeluarkan energi yang lebih besar untuk mencari bermacam-macam sumber.

Tipe-Tipe Evolusi

Batas-batas species kadangkala dapat diidentifikasi melalui observasi tingkah laku. Sebab ada jenis species yang hidup dan berpasangan dengan anggota kelompoknya saja. Namun pada species yang terisolir (kasus populasi relik) yang dipisahkan oleh batas-batas geografis adalah sukar untuk melakukan identifikasi lewat tingkah laku saja. Dalam kasus seperti itu cara yang paling tepat untuk identifikasi morfologi adalah melalui perbandingan anatomis (anatomy comparative) dan bio kimia melalui uji DNA.

Perbandingan binatang biasanya dilakukan lewat perbedaan struktur homologus dan analogus. Struktur homologus adalah bagian-bagian dari tubuh yang didapatkan dari bagian-bagian tertentu yang sama dengan binatang. Sekalipun bagian-bagian itu berbeda menurut fungsinya, namun secara konstruksi keseluruhan adalah sama, sehingga struktur homologus menunjukkan keturunan yang sama. Sebagai contoh tulang jari-jari tangan manusia dan kera adalah sama dilihat dari struktur homologus.

Struktur analogus merupakan struktur bentuk dan fungsi yang nampaknya sama, namun sebenarnya berasal dari perkembangan yang berbeda. Misalnya sayap kelelawar dan sayap burung, pada kedua species itu sayap berfungsi sama, namun pada kelelawar tulang utama sayap berasal dari tulang jari tangan. Sedangkan pada burung, sayap berasal dari tulang lengan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kedua struktur tersebut berasal dari sejarah evolusi yang berlainan yang telah berkonvergensi.

Konvergensi, divergensi, dan paralelisme adalah istilah-istilah yang digunakan untuk menggambarkan kecenderungan species untuk berkembang dari bentuk asli menuju bentuk lainnya. Konvergensi dua species yang tidak berhubungan cenderung menunjukkan morfologi yang sama dengan jalan beradaptasi terhadap lingkungan yang sama, serta dengan cara yang sama. Kelelawar dan burung beradaptasi pada relung ekologis dengan cara mengembangkan sayapnya.

Evolusi divergensi menggambarkan kecenderungan dari dua binatang dengan nenek moyang yang sama untuk memisahkan diri dari bentuk asli. Hal seperti ini biasanya terjadi ketika dua binatang terpisah dan beradaptasi di tempat ekologis yang berbeda. Sementara paralelisme menunjukkan kecenderungan binatang-binatang yang terpisah namun mempunyai nenek moyang yang sama untuk mengembangkan adaptasi-adaptasi yang sama di alam/lingkungan yang terpisah. Sebagai contoh, monyet-monyet Amerika dan Eropa telah terpisah selama bertahun-tahun, namun adaptasi mereka terhadap hutan tropik pada dasarnya adalah sama.

Berkaitan erat dengan proses dan tipe-tipe evolusi adalah konsep filogeni dan taksonomi. Filogeni adalah proses yang menggambarkan hubungan antara nenek