

SEJARAH KEHIDUPAN

(RICHARD COWEN, 1976)

BAGIAN KEDUA

Diterjemahkan Oleh

Drs. Whardy Murad

dari

HISTORY OF LIFE

oleh

Richard Cowen

PENULISAN BUKU INI DIBIYAI OLEH :
PROYEK PENINGKATAN / PENGEMBANGAN PERGURUAN TINGGI
(P4 T) IKIP PADANG
TAHUN ANGGARAN 1984/1985

INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

(IKIP) PADANG

1986

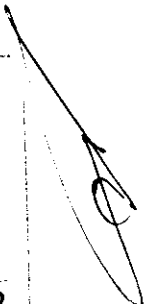
baik oleh sivitas akademika sendiri maupun oleh masyarakat pada umumnya. Saya yakin usaha penerjemahan dan penulisan buku ini sangat berhasil ditinjau dari tujuannya dan bermanfaat bagi kita semua.

Kepala Pusat Penelitian
IKIP Padang,



Dr. Sutjipto
NIP. 130353251

MILIT TERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TGL:	21-11-1986
SUMBER/HARGA	Hadiah
KOLEKSI	KJ
NO. INVENTARIS	395/HA/86-50 (6)
KLASIFIKASI	577.011 Mur 50



P E N G A N T A R

Saya mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat Nya pula tugas yang diberikan oleh Pimpinan Lembaga kepada Pusat Penelitian IKIP Padang dalam mengelola penulisan dan penerjemahan buku melalui Proyek Peningkatan dan Pengembangan Perguruan Tinggi IKIP Padang dapat dilaksanakan dengan baik.

Buku di Perguruan Tinggi seperti darah dalam tubuh manusia. Ia harus mencukupi kebutuhan tubuh dan sirkulasi-sinya juga harus berjalan dengan lancar. Jika hal ini tidak terpenuhi, dapat dikatakan perguruan tinggi yang bersangkutan sedang dalam keadaan sakit. Oleh karena itu usaha untuk melengkapi buku yang relevan dengan bidang ilmu yang menjadi tanggung jawab perguruan tinggi merupakan suatu keharusan.

Pada saat ini sangat dirasakan kekurangan koleksi buku di IKIP Padang, baik jenis manapun jumlahnya. Di samping itu, buku yang ada sebagian besar berbahasa asing yang keterbacaannya bagi mahasiswa relatif rendah. Sementara itu buku tersebut seringkali tidak cocok isinya dengan latar sosial budaya kita, pada hal buku-buku tersebut sangat perlu untuk menunjang keberhasilan pelaksanaan sistem kredit semester terutama dalam kaitannya dengan mutu pelaksanaan kurikulum inti.

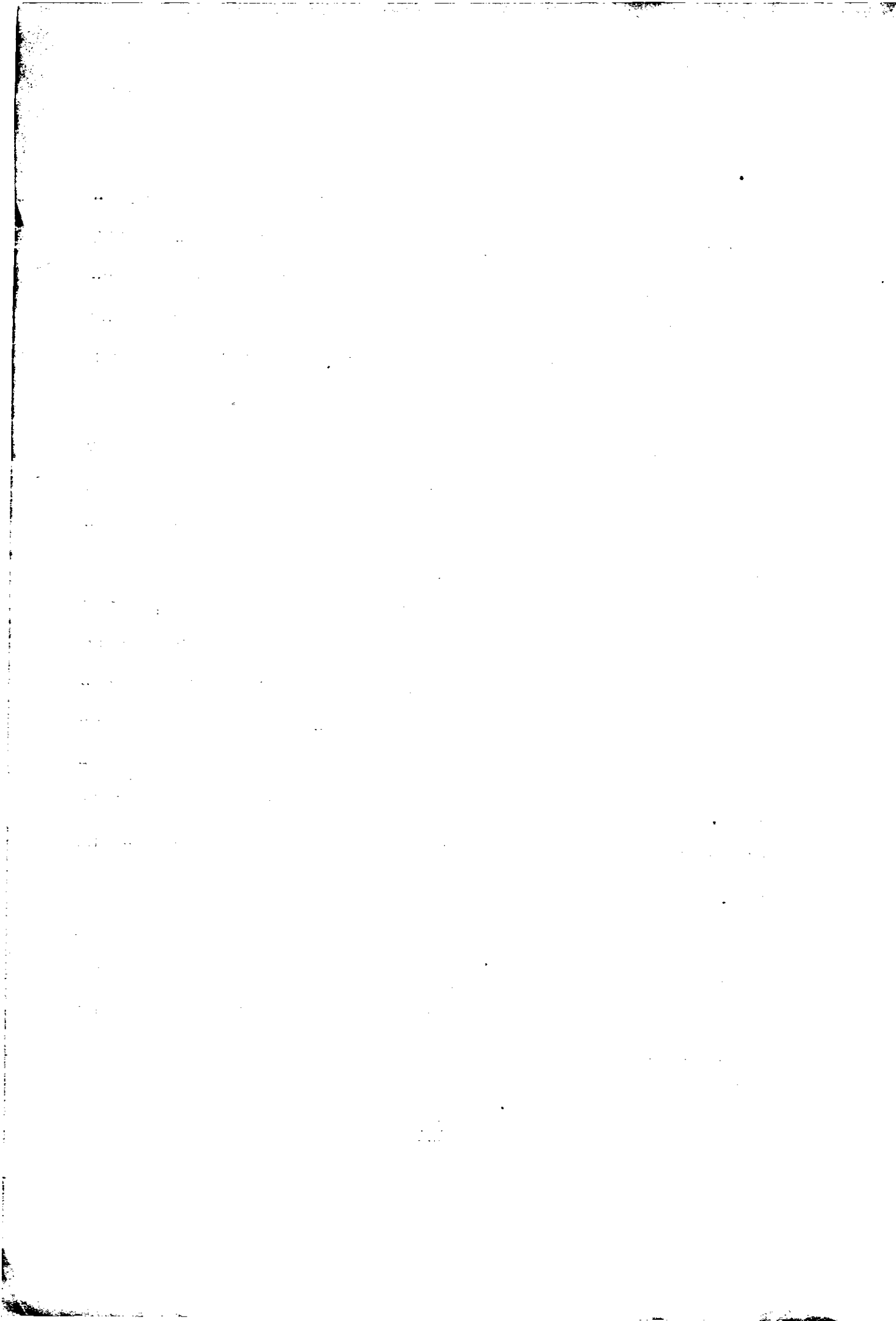
Oleh sebab itu usaha penulisan dan penerjemahan buku ini menjadi sangat strategis dilihat dari pengembangan mutu IKIP Padang yang kian hari kian lebih dituntut,

KATA PENGANTAR

Setelah tiga tahun penulis membimbing mahasiswa Jurusan Biologi FPMIPA IKIP Padang dalam mata kuliah BIO-SMA III dan EVOLUSI, banyak dijumpai keluhan mahasiswa terhadap kurangnya literatur untuk memperluas pengetahuan mereka yang hanya bersumber dari bahan kuliah saja. Buku ini merupakan salah satu usaha untuk mengatasi kesulitan itu.

Buku ini penulis susun berdasarkan beberapa literatur yang ada pada penulis, yang kiranya relevan dengan beberapa pokok/sub pokok bahasan yang dijumpai dalam silabi mata kuliah BIO-SMA III dan EVOLUSI. Sebagai suatu terbitan yang pertama tentu saja akan dijumpai beberapa kekurangan, namun usaha ini merupakan titik tolak penulis dalam rangka pengembangan kemampuan membahas buku-buku untuk disesuaikan dengan pokok/sub pokok bahasan dari mata-mata kuliah yang ada pada setiap program dalam Jurusan Biologi FPMIPA IKIP Padang. Selanjutnya kepada para pembaca kritik sehat selalu diharapkan sehingga buku ini dapat disempurnakan terus-menerus.

Dalam penyusunan buku ini banyak juga rintangan dan kesulitan yang penulis temui, tetapi berkat kodrat dari Yang Maha Kuasa dan ketekunan dari penulis sendiri serta bantuan dari pimpinan Jurusan Biologi dan teman-teman sejawat staf



Pengajar segala rintangan dan kesulitan itu dapat juga diatasi. Atas segala bantuan yang penulis terima baik berupa bantuan moral ataupun bantuan material pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga buku yang sederhana ini bermanfaat bagi para mahasiswa pada umumnya dan mahasiswa biologi khususnya.

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
VII. VERTEBRATA-VERTEBRATA PURBA	1
1. Asal Usul Vertebrata , , ,	1
2. Evolusi Rahang	8
3. Ikan Hiyu dan Ikan Bertulang Biasa	13
4. Ringkasan	21
VIII. DARI AIR KE UDARA	23
1. Pendahuluan	23
2. Dari Ikan ke Amfibia	28
3. Amfibia Pertama yang Dikenal	39
4. Lingkungan Amfibia Purba	40
5. Evolusi Amfibia	47
6. Ringkasan	49
IX. R E P T I L	50
1. Asal Usul Reptil	50
2. Gerombolan Reptil	58
3. Pelycosaurus	60
4. Reptil Seperti Mammalia - Therapsid	62
5. Ringkasan	65
X. EVOLUSI DAN BIOLOGI DINOSAURUS	66
1. Evolusi Permo-Triassic di Daratan	66
2. Masalah Biologi Dinosaurus , , ,	73
3. Evolusi Dinosaurus	74
4. Merekonstruksi Biologi Dinosaurus	81
5. Ringkasan	88
XI. EVOLUSI HEWAN TERBANG	89
1. Hewan Terbang Pertama	89
2. Pterodactylus Berbulu	91
3. Burung Berbulu	96

4. Evolusi Burung yang Terakhir	101
5. Kelllawar	103
6. Ringkasan	104
XII. ASAL USUL MAMMALIA	105
1. Cynodont	105
2. Reproduksi Mammalia	106
3. Mammalia yang Paling Tua	112
4. Ringkasan	114
XIII. PEDAHNYA PANGAEA DAN EFEKNYA TERHADAP KEHIDUPAN	115
1. Pemecahan Pangaea	115
2. Kehidupan Dalam Laut pada Era Mesozoikum	116
3. Kehidupan di Darat pada Era Mesozoikum	123
4. Kemusnahan pada Akhir Zaman Cretaceous	128
5. Ringkasan	134
XIV. MAMMALIA DI ZAMAN MESOZOIKUM	135
1. Pendahuluan	135
2. Mammalia pada Permulaan Era Mesozoikum	136
3. Evolusi yang Terjadi Akibat Keadaan Geografis	149
XV. EVOLUSI PRIMAT	157
1. Primat yang Pertama	157
2. Primat Tingkat Tinggi.	159
3. Evolusi Menuju Manusia	163
4. Homoerectus	168
5. Kesimpulan	170
DAFTAR BACAAN	171

VII. VERTEBRATA-VERTEBRATA PURBA

1. ASAL USUL VERTEBRATA

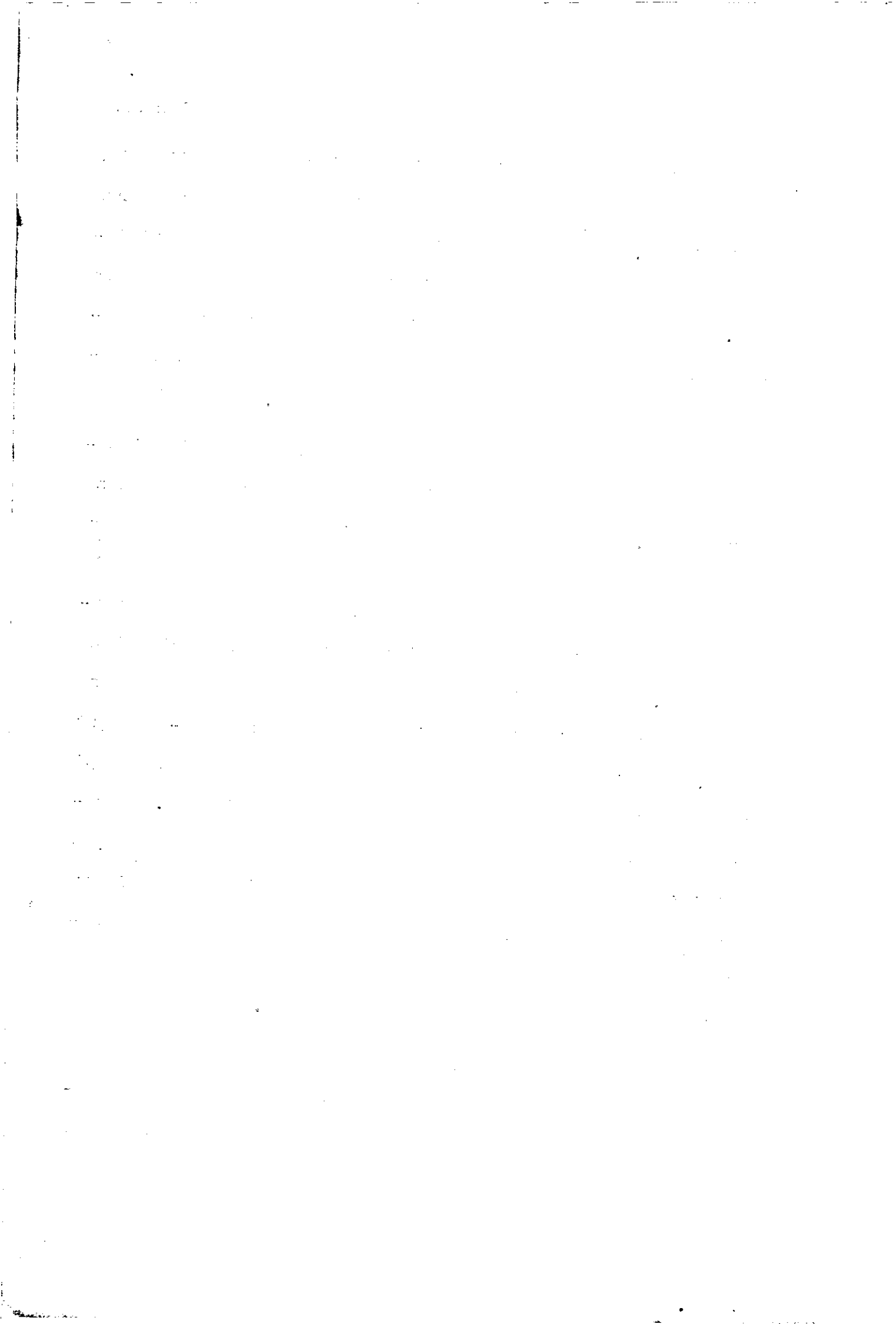
Kita sendiri adalah vertebrata. Hubungan kita amat dekat dengan hewan-hewan bertulang belakang, dan kita mempunyai persamaan dengan anggota-anggota lain dalam spesies kita sendiri dan dengan vertebrata yang sudah jinak, hewan-hewan vertebrata liar, sehingga memudahkan pada kita untuk memahami biologi dari vertebrata yang sudah lenyap dan organisme lainnya. Fosil vertebrata agak jarang dijumpai, walaupun rangka dari ikan paus dan dinosaurus banyak mendominasi gedung museum. Vertebrata hidup jauh lebih sedikit jumlahnya dibandingkan dengan Arthropoda di darat dan molusca di laut. Rangka vertebrata sering rontok berserakan sesudah ia mati, karena tulang belulang dan kerangka mereka diikat satu sama lain hanya dengan otot dan rawan yang mudah lepas. Tulang itu sendiri dengan mudah hancur dan berserakan. Demikianlah yang dialami oleh kebanyakan vertebrata purba yang hidup di darat, dimana tulang belulang mereka dengan mudah berserak atau hancur; tidak ditutupi sedimen dan tidak terpelihara seperti kemungkinan terjadi dalam laut. Dibandingkan dengan golongan-golongan lain vertebrata lebih banyak "gap" yang tidak terisi dalam catatan fosil. Walaupun demikian biasanya kita dapat merekonstruksikan sejarah

yang masuk akal untuk melengkapi kekurangan bukti langsung

Kegagalan yang paling serius dari catatan fosil itu adalah kurangnya bukti langsung dari vertebrata yang pertama kali ada. Vertebrata mestilah sudah berkembang dari invertebrata yang terjadi jauh lebih dahulu dalam catatan fosil. Tidak ada mata rantai fosil yang langsung antara keduanya, sehingga kelihatan bahwa nenek moyang langsung dari vertebrata mungkin hewan bertubuh lunak.

Vertebrata termasuk filum Chordata, yang meliputi beberapa golongan hewan yang tidak mempunyai tulang belakang yang keras. Semua chordata mempunyai suatu penunjang dalam tubuh yang kuat dan panjang, disebut notochord, yang berlaku sebagai suatu susunan yang kaku, pada kebanyakan chordata notochord itu dikelilingi oleh vertebrata dari tulang belakang. Notochord itu sebenarnya adalah suatu organ yang sangat terspesialisasi yang dibentuk dari serabut - serabut otot. Bila ia berkontraksi, ia menjadi sangat kaku, tetapi ia dapat jadi lemah untuk memberikan fleksibilitas. Ada kemungkinan pada chordata yang sangat purba atau yang sangat primitif pergantian kekakuan dan kefleksibilitasan ini membantu untuk berenang, dilengkapi sebuah tongkat buat menarik otot ke belakang, seraya memberi kesempatan buat hewan untuk membungkuk dalam suatu gerak renang.

Dalam keadaan normal, chordata memiliki sebuah poros yang panjang di sepanjang notochord, dengan beberapa pasang organ sensoris yang berpusat pada bagian muka, yaitu



di dalam kepala. Dalam kebanyakan chordata, seluruh pusat syaraf terletak dalam suatu rongga khusus, pusat-pusat saraf itu adalah otak, yang dilindungi oleh tengkorak. Vertebrata diduga berkembang dari suatu nenek moyang chordata tanpa tulang belakang yang mengelilingi notochord. Ada dua jenis chordata hidup yang boleh disamakan dengan nenek moyang vertebrata itu.

Tunicata ("percikan laut") kelihatannya tidak menyerupai chordata bila mereka dewasa. Mereka merupakan kotak-kotak yang kecil dengan dua pintu di mana air lewat, mikro organisme yang terbawa air di dalam tubuh hewan itu lalu disaring. Akan tetapi larva tunicata itu amat berbeda; ia kelihatannya seperti seekor gerundang dan terbagi dengan nyata atas "kepala" dan "ekor", dengan sebuah notochord sepanjang poros. Larva tunicata berpindah dengan jalan berenang, yaitu dengan menggerak-gerakkan ekornya.

Amphioxus adalah hewan berbentuk tombak, kecil dan hidup dalam timbunan pasir pantai. Mengambil makanan dengan jalan menyaring partikel-partikel yang terbawa air laut, yang masuk dari bahagian depan tubuh dan keluar melalui celah insang. Sebuah notochord merentang di sepanjang tubuh dan dapat berenang dengan menggerakkan tubuh.

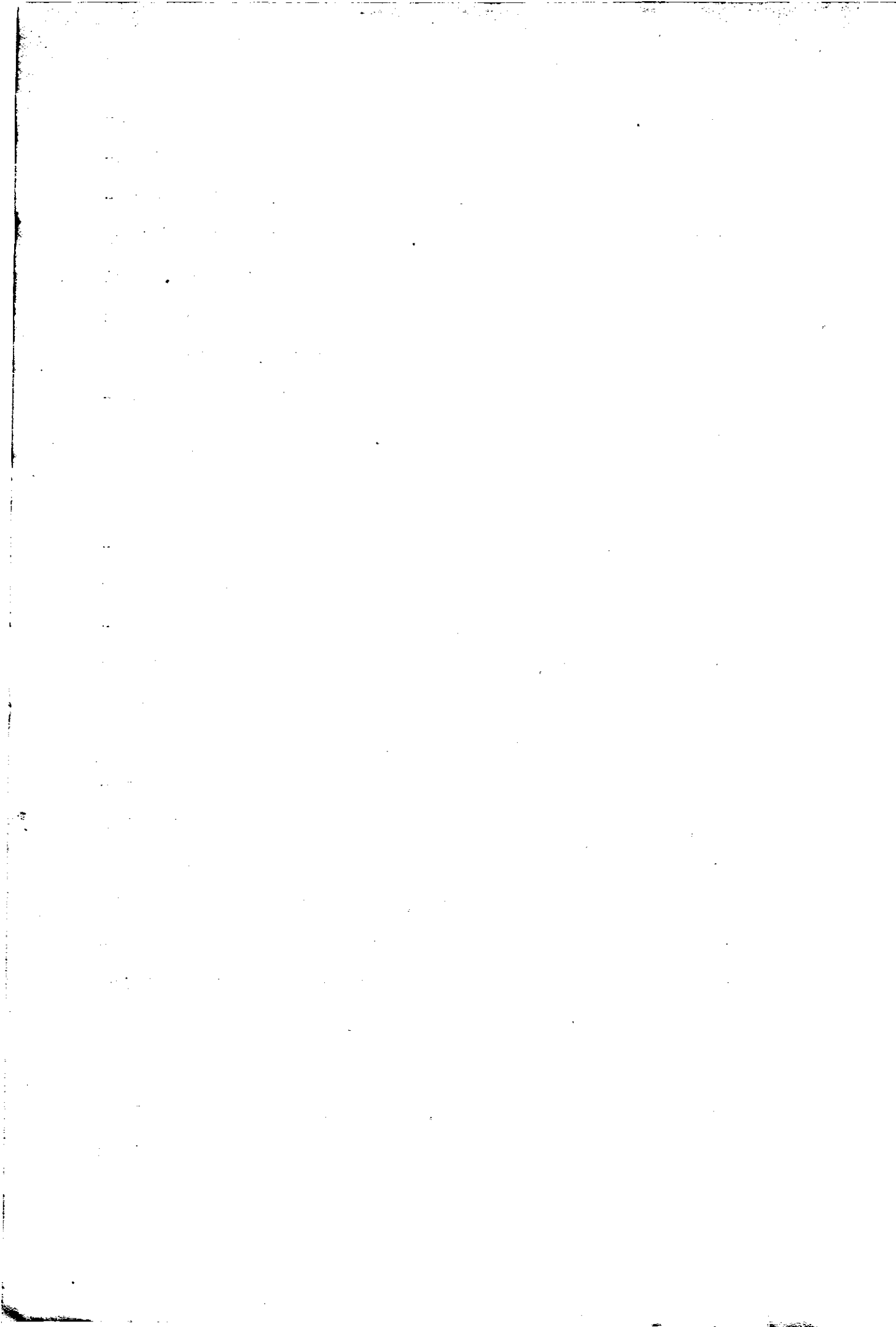
Kita belum mengetahui apakah nenek moyang vertebrata bersamaan dengan golongan Amphioxus atau larva

tunicata. Akan tetapi ada sesuatu dugaan yang masuk akal, bahwa ikan yang pertama sudah berkembang dari suatu chordata yang kecil, bertubuh lunak, aktif dan memiliki notochord dan insang. Berkemungkinan ia hidup dengan menyaring partikel-partikel dari air laut. Ia tidak sama dengan macam-macam chordata yang telah dapat berkembang baik sebelum zaman Ordovician, ketika keadaan bumi mula-mula menguntungkan evolusi yang cepat dari cara hidup pemakan suspensi.

IKAN IKAN PURBA YANG PALING TUA

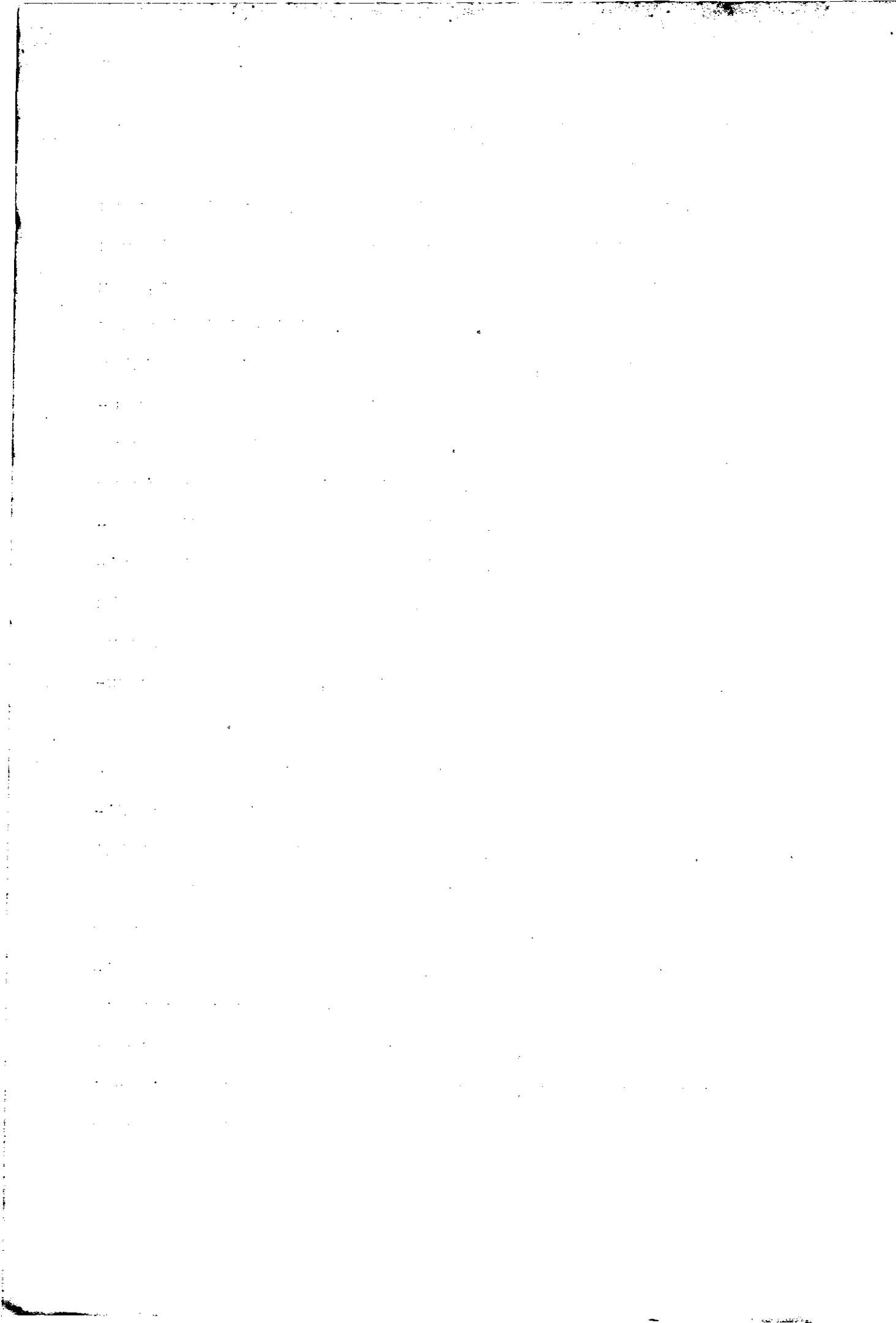
Fosil-fosil vertebrata yang paling tua adalah beberapa lempeng kecil tulang pospat dan batu-batuan permulaan zaman Ordovician, yang ditemukan di dekat Leningrat di Rusia. Ada sisik ikan tertentu yang berat dan sisik-sisik ini dijumpai di dalam pasir yang juga mengandung glauconite, suatu mineral yang hanya terbentuk dalam air laut. Beberapa ahli pengetahuan membatuh, bahwa vertebrata pertama itu berkembang di dalam air tawar, tetapi tidak ada bukti yang sungguh-sungguh yang mendukung pendapat ini. Di Amerika Serikat rangka ikan yang paling tua ditemui di Harding Sandstone Colorado zaman pertengahan Ordovician, yang juga dikira terbentuk dari laut yang dangkal.

Dua point yang menarik perhatian tentang ikan bersisik yang paling tua ini. Pertama, tidak ada tulang dalam (internal) yang dijumpai. Kemudian, ternyata ikan



ikan pertama hidup dalam dua lempeng kotak yang hanya mempunyai notochord sebagai penguat (rangka) dalam sisik-sisik itu dapat sebagai pelindung, mungkin untuk menghadapi invertebrata predator yang betul-betul kuat seperti Cephalopoda menyerupai keong yang pertama, atau Arthropoda yang besar. Yang kedua, sisik-sisik itu terbuat dari pospat, yang sudah dapat menjadi suatu jalan untuk membangun baik sebagai simpanan pospat maupun sebagai lapisan pelindung. Pospat adalah mineral yang penting bagi kehidupan, tetapi sering dalam supai yang pendek di dalam laut. Jadi ikan-ikan pertama dihadapkan pada dua masalah, ketika mereka mengembangkan sisik-sisik di luar tubuhnya. Persoalan lain yang mereka hadapi ialah kotak pospat yang berat akan menyebabkan mereka relatif tak dapat berpindah, mereka hanya merupakan perenang yang lamban dekat dasar air.

Ikan yang pertama tidak mempunyai rahang yang dapat membuka dan menutup mulut oleh mekanisme persendian. Sebagai gantinya, mereka mengambil makanan melalui celah yang kecil atau pintu pada ujung atau di bawah ujung muncungnya. Makanan mereka haruslah kecil dan mudah dicerna tanpa dimamah. Ikan tak berahang yang hidup sekarang, ikan hantu dan lamprey, memiliki biologi yang amat berbeda. Lamprey misalnya, adalah parasit bagi ikan-ikan lain. Jadi agar dapat memahami biologi dan evolusi dari ikan-ikan tak berahang, kita harus be



gitu terikat pada fosil-fosil yang mereka tinggalkan, tidak pada mereka yang masih hidup saja.

Hanya ada satu golongan ikan tak berahang dari zaman permulaan Ordovician sampai pada akhir zaman Silurian. Mereka biasanya kecil dan mempunyai pelindung kepala yang pecak dan lebar yang terbuat dari beberapa lempengan bertulang, dengan matanya yang terletak di sisi, mereka merupakan penghuni dasar air dan menyenduk makanan jauh pada dasar laut. Beberapa di antara mereka memiliki lempengan-lempengan di sekitar mulut yang sudah dapat meluas menjadi sebuah sudu yang menyorong. Disebabkan tubuh-tubuh mereka yang pecak dan kaku itu, mereka harus mendorong tubuh mereka sendiri hanya dengan sirip ekor, yang sekali lagi menunjukkan bahwa mereka bukan perenang-perenang yang dibuat-buat.

Ikan-ikan tak berenang itu berkembang dengan cepat menjadi bermacam-macam bentuk yang mengagumkan pada akhir zaman Silurian dan permulaan zaman Devonian, dan mengambil cara hidup yang baru (Gamb. 7-1). Inilah yang merupakan saat dari evolusi kehidupan marine terjadi dengan cepat, baik invertebrata maupun vertebrata. Di antara ikan-ikan tak berahang itu, ada yang tubuhnya beradaptasi untuk berenang di air terbuka untuk mengisap melalui saluran dan untuk menyedot plankton-plankton kecil yang mengapung di permukaan air.

Pelindung kepala menjadi terkhusus untuk melayang dalam air sebagaimana sayap delta pesawat udara melayang di udara. Dalam hal lain, ada suatu alat sensori berkembang pada sisi kepala mungkin sebagai suatu detektor tekanan yang rumit atau detektor listrik buat digunakan di dalam air yang gelap. Beberapa ikan tidak berahang ada yang amat mirip dengan ikan "catfish" moderen yang hidup dalam arus air dan suatu petunjuk yang cukup kuat ditemui pada catatan batu-batu sedimen, bahwa ikan-ikan tidak berahang ini pada mula-mulanya menjadi beradaptasi dengan air tawar. Masalah yang berhubungan dengan pertukaran air garam ke air tawar terutama merupakan proses biokimia dan tidak meninggalkan jejak pada bagian-bagian yang keras, sehingga kita tidak dapat memperoleh banyak petunjuk langsung dari fosil-fosil.

Pada awal zaman Devon, ikan-ikan tidak berahang itu telah mencapai variasi cara-cara hidup yang luas, walau pun berhadapan dengan kerugian yang besar, di mana mereka telah dibatasi untuk memakan partikel-partikel yang agak halus, plankton yang mengapung atau mengendap di dasar laut. Merupakan suatu paradoks yang muncul beberapa kali pada catatan fosil, hal itulah yang merupakan puncak-puncaknya yang mana mereka berhadapan dengan kompetisi yang diliputi oleh mata baru yaitu ikan-ikan yang telah mengalami perkembangan fungsi sendi-sendi rahang yang sempurna.

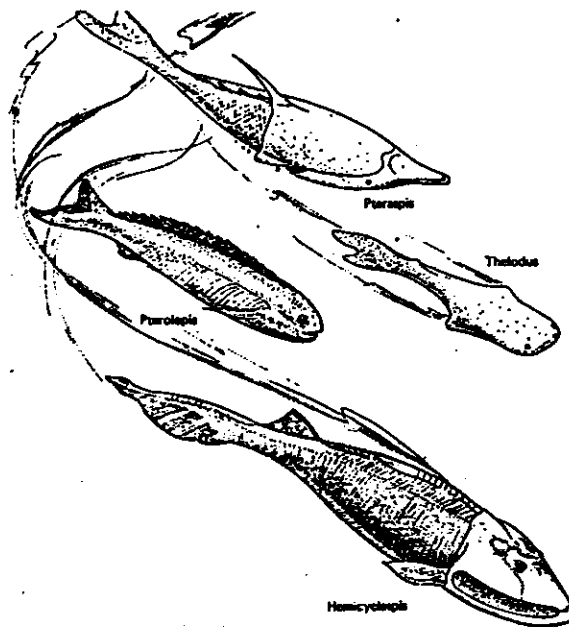
Ini berarti akhir dari masa ikan-ikan berahang, kecuali ada sedikit yang tepat melanjutkan kehidupannya, yang memperlihatkan cara hidup yang agak ganjil di dalam lautan pada zaman moderen ini.

2. EVOLUSI RAHANG

Ikan mempunyai lengkung insang yang menunjang insang-insang mereka itu, dan adalah wajar bila pada beberapa tempat arus air menembus insang itu diperhebat oleh perkembangan gerak pompa, lalu mendorong ke muka pasangan lengkung insang, secara berangsur-angsur pasangan lengkung insang ini mengalami modifikasi menjadi sepasang rahang yang berpersendian, sehingga mulut dapat dibuka lebih lebar, menambah arus air lebih banyak melewati insang-insang itu, sambil menyesuaikan pelebaran mulut terhadap makanan, dan melengkapi dengan pasangan organ penggigit, pengunyah dan penggiling (rahang-rahang) dilengkapi dengan alat-alat penyobek dan pemotong (gigi-gigi).

Ikan-ikan berahang pertama muncull di akhir zaman Silurian, dan karena itu haruslah berkembang dari ikan-ikan tak berahang yang mula-mula sekali. Akan tetapi bila kita perhatikan beberapa ikan-ikan tak berahang yang masih hidup suatu masalah timbul. Mereka semua mempunyai insang di sisi dalam lengkung insang (di dalam mulut) sedangkan semua ikan-ikan berahang yang hidup insangnya di sisi luar lengkung insang. Sangat sukar untuk membayang-

kan suatu bentuk peralihan evolusi di antara keduanya walaupun banyak percobaan-percobaan diadakan dalam buku-buku pelajaran yang beredar. Jawab bagi dilema itu boleh jadi, bahwa penyebaran yang luas dari ikan-ikan tidak berahang yang pertama itu, meliputi ikan-ikan yang insangnya di sisi luar dan sisi dalam lengkung insang. Akan tetapi hanya ikan-ikan yang insangnya diluar lengkung insang yang mengalami evolusi perubahan bentuk lengkung insang menjadi rahang tanpa mempengaruhi fungsi insang. Jadi suatu perbedaan kecil yang nyata di dalam struktur mulut telah merupakan evolusi penting amat hebat.

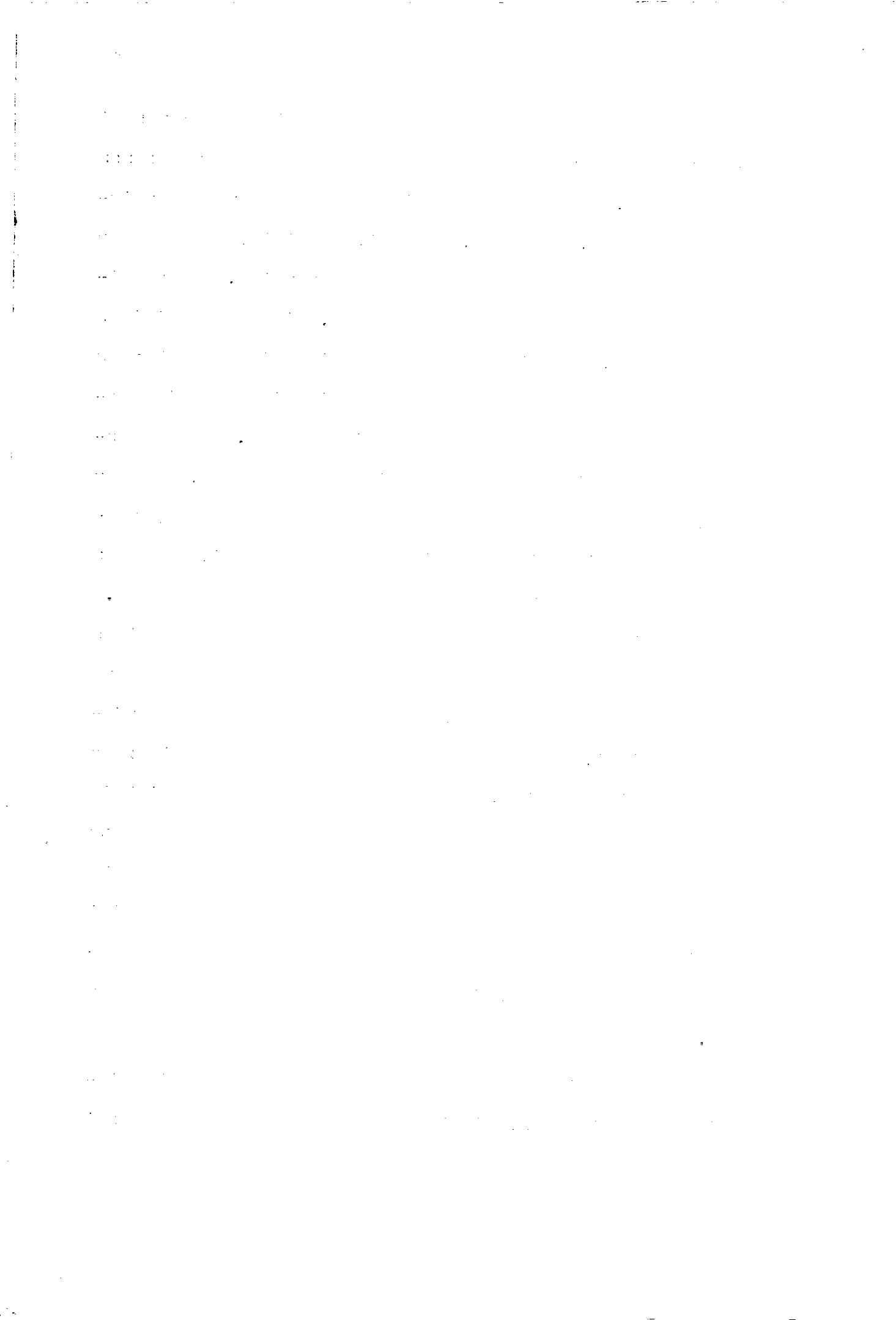


Gambar 7-1

Rekontruksi ikan-ikan tak berahang purba, menunjukkan perubahan yang berkembang di antara kelompok ini (Dari E.C Colbert, Evolution of the Vertebrates. Copyright John Wiley & Sons, Inc.)

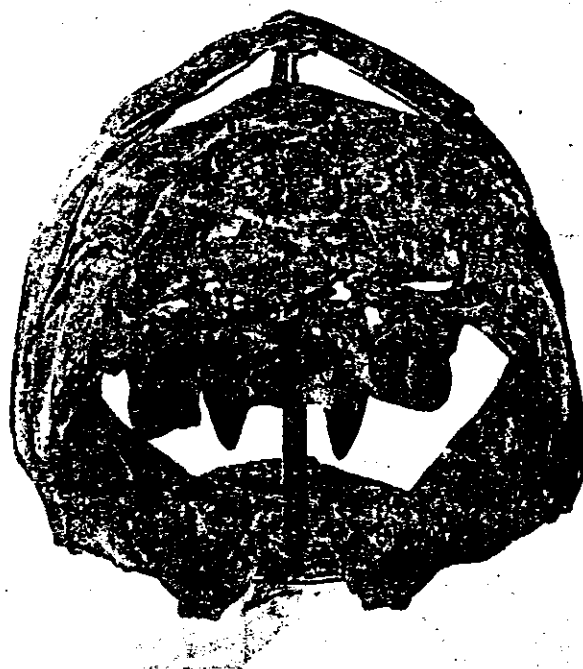
Ikan berahana pertama yang muncul di akhir zaman Silurian mengherankan dari segi kebutuhannya dalam zaman moderen ini. Ikan itu adalah ikan Acanthodian dengan tubuh yang kecil, berkilat, berduri, bersisik, mata besar dan sirip yang berpasangan berbentuk ramping. Rahang ditumbuhi oleh banyak gigi kecil-kecil. Tidak seperti ikan tak berahang, ikan-ikan Acanthodian itu disempurnakan dengan baik bagi ketangkasan dan koordinasi yang baik dalam menempuh dan berenang dalam air terbuka. Sirip mereka lebar dan ditunjang oleh duri-duri yang kuat, yang boleh diartikan bahwa mereka tidak digunakan untuk pendorong tetapi kira-kira kesetimbangan dan kemudi, kekuatan berenang sebahagian besar berasal dari badan dan ekor. Walaupun ikan Acanthodian ini kadang-kadang disebut "ikan hiyu berduri" tetapi dengan ikan hiyu itu tidak ada sama sekali berhubungan mereka, dan mereka mempunyai panjang beberapa inci, mereka tidak pernah berlaku sebagai predator seperti ikan hiyu. Jumlah mereka amat banyak diakhir zaman Silurian dan permulaan zaman Devonian dalam air tawar dan air laut tetapi sesudah itu kelihatannya mereka bersaing secara besar-besaran dengan yang terakhir ini dan lebih-lebih lagi dengan kelompok-kelompok ikan berahang yang telah maju, dan secara perlahan-lahan mereka punah.

Golongan ikan berahang yang kedua juga muncul diakhir zaman Silurian, tidak lama sesudah adanya Acanthodi



an. "Placoderm" biasanya mempunyai perisai yang berat melindungi kepala dan tubuhnya. Perisai ini ada dua bagian dengan sepasang persendian antara perisai kepala dan perisai badan. Ada dua golongan placoderm, yaitu arthrodira dan antiarchus. Arthrodira kadang-kadang besar sekali, barangkali panjangnya lebih dari 30 kaki dan mereka mendominasi fauna ikan pada akhir zaman Devonian. Suatu rahang yang besar mempunyai dataran tulang yang tajam yang berpotongan dengan dataran yang sama pada rahang atas, membentuk suatu alat pemotong yang tajam. Perisai yang kuat itu tidak begitu jauh merentang ke arah belakang, sehingga kegiatan berenang yang sempurna dapat dilakukan oleh otot-otot tubuh dan otot-otot ekor yang panjang.

Arthrodira perba adalah bertubuh kecil, agak datar dan memiliki rahang agak lemah, tetapi selama zaman Devonian mereka mengalami perkembangan menjadi perenang pembunuh yang tangkas berukuran raksasa (Gamb. 7-2). Dalam proses ini pelindung tubuh menjadi relatif lebih pendek, dan sebahagian besar tubuh harus memperoleh kesempatan maju dengan jalan pelenturan. Dalam waktu yang sama mekanisme rahang mengalami perkembangan, memberikan kemungkinan untuk menganga lebih besar dan dapat memompakan air lebih efektif menuju insang.



Gambar 7-2

Tengkorak *Arthrodira raxsara* yang panjangnya kira-kira 2 meter (6 kaki)

Ikan antriacas mengalami suatu cara hidup yang berbeda. Mereka kebanyakan memiliki perisai yang berat jauh ke belakang sepanjang tubuh. Mata biasanya kecil dan terletak pada puncak dataran pelindung kepala. Hal ini menunjukkan bahwa ia hidup di dasar laut. Mulut yang kecil dengan rahang yang lemah melengkapi ikan tak berahang purba. Namun demikian ikan antiarchus menarik perhatian, karena mereka mempunyai sirip yang kuat seperti

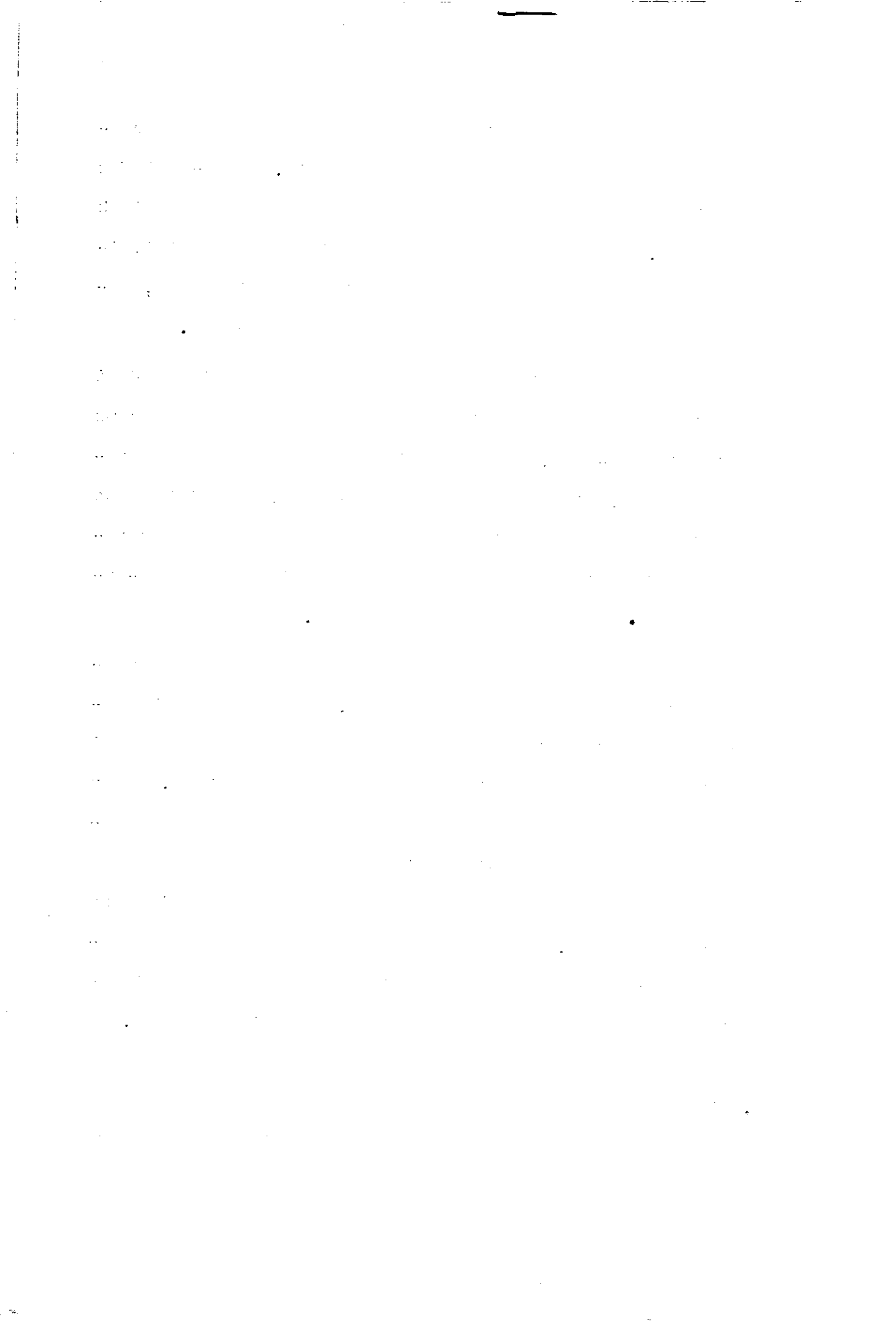
tangan-tangan dan dikira dapat digunakan untuk "berjalan" atau "berdiri" sepanjang dasar air. Sirip-sirip itu tipis dan tajam dan dibuat untuk pandayung yang tidak berarti. Seluruh kesan biologis dari antiarchus ini, diduga mereka dulunya adalah sebagai penggali lumpur, sebagaimana ikan-ikan tak berahang yang mula-mula.

Suatu sifat istimewa yang menarik perhatian dari antiarchus adalah bukti yang menyatakan bahwa mereka memiliki paru-paru, yang menunjukkan bahwa bernafas dengan udara. Kita kembali bertanya-tanya, tetapi kenyataan itu sudah cukup alasan untuk mengatakan bahwa kebanyakan ikan-ikan purba telah dilengkapi dengan paru-paru dan kemampuan bernafas di udara.

Ikan-ikan placoderma sebagai suatu yang utuh mempunyai pelindung datar yang berat. Beberapa bentuk menunjukkan sisa-sisa dan rangka dalam yang terbuat dari tulang rawan yang lebih banyak dari tulang biasa. Ikan placoderma tidak mempunyai hubungan yang erat dengan beberapa golongan ikan-ikan hidup yang penting dan mereka bukanlah nenek moyang dari ikan-ikan bertulang biasa maupun ikan hiyu. Mereka punah dengan mendadak sekali pada zaman Devonian, bahkan dikira mereka merupakan ikan-ikan yang paling ganas dan paling kuat di zaman itu.

3. IKAN HIYU DAN IKAN-IKAN BERTULANG BIASA

Ikan yang ada sekarang dapat dibagi dalam dua kate



gori, ikan bertulang rawan dan ikan bertulang biasa. Sedikit yang perlu dibicarakan mengenai ikan-ikan yang membentuk golongan bertulang rawan yang meliputi ikan hiyu dan ikan pari. Rangka-rangka dalam terbentuk dari rawan yang lebih baik dari tulang biasa dan tidak mempunyai gelembung renang. Fertilisasi terjadi di dalam tubuh, dan yang betina mengeluarkan telurnya di dalam sarung dari kulit khusus. Ikan hiyu dan ikan pari terkenal dengan hewan yang jahat, dan tidak ada alasan untuk mengatakan bahwa mereka "primitif". Ikan hiyu moderen sudah diperlengkapi dengan sistem sensori, mencakup indera penciuman yang sempurna, dan sebuah sistem indera listrik. Mereka memiliki pola-pola tingkah laku yang rumit. Alasan yang dapat dipakai untuk mengatakan bahwa mereka adalah primitif, adalah karena mereka muncul pada catatan fosil dalam zaman Devonian dan beberapa bentuk yang moderen pada hakikatnya sama dengan yang hidup pada zaman Devonian itu. Ikan pari adalah suatu penyimpangan baru dari ikan hiyu. Ikan hiyu moderen semuanya hidup di laut. Akan tetapi batu-batuan sedimen menunjukkan bahwa ada beberapa ikan hiyu air tawar yang hidup pada akhir zaman Paleozoik.

Problema yang besar di dalam evolusi ikan hiyu adalah rangka rawan mereka sering tidak terpelihara. Kebanyakan sisa-sisa fosil ikan hiyu ialah gigi-gigi dan duri, yang tidak banyak menolong dalam memperkirakan ukur

an bentuk atau ekologi dari hewan itu.

Ikan bertulang biasa dibagi atas tiga golongan :

Actinopterygii (ikan bersirip memancar, mendominasi laut moderen)

Dipnoi (ikan berparu-paru)

Crossopterygii (ikan bersirip lobus, telah punah kecuali coelacanth).

Ketiga golongan itu muncul di permulaan zaman Devonian, diduga mereka berkembang dari Acanthodian yang berbeda-beda, walaupun tidak ada bukti yang kuat untuk ini. Ikan bertulang biasa pada umumnya tidak mempunyai perisai luar yang berat, mereka mempunyai rangka dalam dari tulang, dan semuanya memiliki paru-paru ketika pertama kalinya mereka berkembang. Pada kebanyakan ikan moderen yang bertulang biasa paru-paru telah berubah menjadi suatu gelembung renang yang membantu untuk memelihara daya mengapung dalam air; tetapi pada ikan berparu-paru yang masih hidup, paru-paru masih digunakan untuk bernafas di udara.

Actinopterygii

Actinopterygii atau ikan memancar memiliki sisik yang berbeda dengan ikan-ikan lain, jadi mereka dapat di kenal bahkan dari pecahan sisa-sisa fosil. Mereka mempunyai sirip yang terdiri dari unsur-unsur yang tersusun radial atau memancar. Fosil mereka yang pertama dikenal

dari deposit air tawar zaman Devonian, tetapi mereka mengalami perkembangan yang pesat dan pergi ke laut sebelum akhir zaman Devonian. Semenjak itu mereka menguasai laut dan air tawar di bumi ini. Tentu saja ikan-ikan ini telah mengalami perkembangan di semua macam cara hidup tetapi mereka adalah perenang-perenang cepat yang khas di air terbuka.

Ada suatu ceritera yang melengkapi peristiwa evolusi dalam sejarah mereka lebih lanjut, tetapi pada umumnya evolusi dari actinopterygii ini merupakan suatu rentetan peristiwa yang menuju pada suatu kecermelangan rangka, kecermelangan sisik, dan perbaikan pada tengkorak dan rahang untuk menjadikan mereka cemerlang dan lebih efisien. Di dalam golongan ini, bernafas di udara mungkin sudah terhenti buat pertama dalam sejarahnya ketika mereka menyebar ke laut, dan paru-paru mereka berubah bentuk menjadi suatu gelembung udara untuk pengendali daya apung ketika berenang turun-naik dalam air.

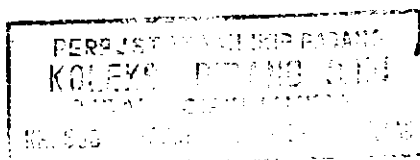
Dari semua hewan-hewan laut yang lain, ikan adalah saingan yang paling utama dari Cephalopoda secara langsung, yang sudah banyak jumlahnya dalam laut pada zaman Devonian, ketika Actinopterygii menyebar dari air tawar. Bahkan sekarang, ikan gurita moderen adalah seefisien ikan-ikan dalam hal kecepatan dan kemampuan bergerak hidrodinamik dan efisiensi metabolisme, perbedaan sensoris, inteligensi dan pelik-pelik tingkah laku. Tetapi se

cara umum kelihatannya, bahwa ikan-ikan telah sukses dalam pengusiran kebanyakan cephalopoda dari tempat-tempat perairan kontinental ke dalam perairan lautan yang lebih dalam.

Ikan berparu-paru

Dipnoi atau ikan berparu-paru dan Crossopterygii atau ikan bersirip berlobus mempunyai hubungan kekeluargaan yang begitu dekat. Mereka mempunyai jenis sisik yang sama, mata yang kecil dan muncung yang panjang, (baik penciuman maupun penglihatan, terletak pada suatu tingkat yang lebih tinggi dari pada actinopterygii) dan teristimewa mereka mempunyai sirip yang bersamaan. Sirip mempunyai suatu susunan tulang-tulang baik secara memanjang maupun secara radial, karena itu ada suatu ikatan poros tengah yang panjang mengontrol gerakan-gerakan sirip. Kemungkinan ini memberi sirip suatu pukulan pendorong yang lebih lambat dan lebih bertenaga, berlawanan dengan respon geleparan yang cepat dari sirip ikan actinopterygii (yang dapat dilihat dalam kolam ikanmas yang terdekat). Ikan berparu-paru yang pertama hanya dapat dibedakan dari ikan crossopterygii purba pada struktur tengkoraknya, tetapi ini penting dan menunjukkan bahwa telah terjadi evolusi yang memencar pada permulaan zaman Devonian, ketika mereka keduanya memperlihatkan diri dalam catatan fosil.

KKI
577.011
Muz
51



PERPUSTAKAAN
- IKIP - PADANG -

Ikan berparu-paru nyata sekali sudah merupakan ikan air tawar dan telah mempunyai struktur tubuh yang menggambarkan mereka berenang dengan perlahan-lahan. Ketika berevolusi gigi berangsur menciut menjadi lempengan pipih yang besar untuk meremukkan molusca kecil-kecil dan crustacea, dan reruntuhan hewan atau tumbuh-tumbuhan yang telah mati. Ikan ini jelas sekali mengalami perkembangan untuk hidup di sungai-sungai dan arus yang mengalami pergantian musim. Mereka dihadapkan pada masalah-masalah tertentu yang berhubungan dengan kekeringan-kelangkaan oksigen di dalam air, dan sekaligus kehabisan air. Akibatnya ikan berparu-paru yang moderen dalam suatu keadaan dapat membenam tidur ke dalam aliran lumpur, dan hampir hampir "memadamkan" proses-proses tubuh mereka selama musim kemarau, untuk timbul dalam musim hujan yang akan datang. Paru-paru mereka membantu mereka untuk menghadapi periode-periode kadar oksigen yang rendah dalam air. Di dalam beberapa cara, spesialisasi ini telah memperkenalkan ikan berparu-paru tetap hidup di dalam kondisi-kondisi mana ikan-ikan lain tidak dapat menahan, tetapi pada sedikit batas lingkungan hanya ikan berparu-parulah yang dapat beradaptasi. Hanya ada tiga spesies yang masih hidup, yang terdapat di sungai-sungai Afrika, Australia dan Amerika Selatan. Ikan berparu-paru adalah "fosil-fosil hidup", dengan pengertian bahwa fosil "ikan berparu-paru yang terkubur" telah dijumpai pada batu-batuan zaman kar

bon; terbayang bahwa strategi kehidupan mereka yang sekarang sudah membawa mereka mengharungi zaman lebih dari 250 juta tahun.

Crossopterygii

Antara Crossopterygii dengan Dipnoi terlihat perlawanan yang begitu mengherankan meskipun ada persamaan - persamaan sebagaimana telah dibicarakan. Ketika ikan berparu-paru secara berangsur-angsur menyesuaikan diri ke arah cara hidup sifat-sifat arus musiman, maka crossopterygii mengalami perkembangan ke arah mode kehidupan yang aktif seperti penghuni sungai-sungai yang besar dan rawa-rawa. Ternyata mereka merupakan predator yang mendominasi lingkungan air tawar dalam zaman Devonian. Hanya sedikit yang pernah berpindah ke laut, tetapi satu dari golongan ini yaitu Coelanth, yang dapat melanjutkan terus kehidupannya sampai sekarang dalam air yang dalam di Afrika Selatan. Golongan Crossopterygii yang lebih penting adalah "rhipidistian" menyesuaikan diri untuk berenang cepat di lingkungan air tawar dalam zaman Devonian. Mereka mempunyai suatu set sendi tertentu di kepala, dengan muncung yang dapat ditonjolkan dan direndahkan sehingga rahang bawah dapat membuka dengan lebar. Sistem ini melayani dua maksud yang berguna. Pertama menonjolkan dan merendahkan muncung sendiri untuk mengubah volume mulut, membolehkan air untuk dipompakan melalui insang-insang, atau udara dipompakan keluar masuk paru-paru, tanpa gerakan rahang bawah. Kedua, di da

lam suatu perburuan yang bersifat predator dalam kecepatan tinggi dalam air yang dangkal, dapat mendatangkan bahaya untuk mengebawahkan rahang bawah kepada mangsa ; sebagai gantinya muncung dapat ditonjolkan. Buaya mode moderen mempunyai macam problema yang sama, dan macam penyelesaian yang sama.

Rhipidistian adalah perenang kuat yang nyata, dengan tubuh yang panjang dan fleksibel. Sirip-sirip mereka tersusun rendah di atas tubuh, dan dalam kegiatan pengejaran dalam air yang sangat dangkal sirip-sirip itu telah dapat menolong ikan itu untuk membajak melalui dan di atas lumpur pinggir sungai yang dangkal. Sirip-sirip itu boleh jadi paling berguna dalam masa-masa istirahat tetapi, ketika mereka telah dapat menyokong berat tubuh mereka pada suatu pinggir sungai yang dangkal untuk memungkinkan gerakan yang bebas dari tulang rusuk dalam pernafasan udara. Ada kemungkinan rhipidistian menghabiskan banyak waktu dalam kegiatan ini (atau kurang dari itu), berjemur, bernafas, mengernakan makanan di bawah sinar matahari dan bersenang-senang, bebas dari predator. Walaupun kita mengetahui bahwa sirip-sirip rhipidistian berkembang menjadi anggota-anggota amphibia pergi ke daratan sudah agak tak berfaedah bagi seekor ikan yang berenang cepat seperti rhipidistian. Lobus sirip itu berguna bagi ikan itu hanya sebagai bahagian dari gaya hidupnya sebagai seekor pemburu di air yang dang -

kal. Tulang rusuk rhipidistian itu jauh lebih kuat dari pada tulang rusuk coelacanth atau ikan berparu-paru, memungkinkan pernafasan yang kontinu seceya berat didukung oleh lobus sirip-sirip dalam air yang sangat dangkal.

Di dalam meneruskan kehidupan mereka di air yang dangkal, beberapa rhipidistian menimbulkan amphibia pada akhir zaman Devonian. Pembaharuan ini malah membatasi rhipidistian yang tinggal di sungai-sungai atau rawa-rawa. Barangkali disebabkan amphibia yang baru berkembang ini adalah predator yang lebih baik dari nenek moyangnya di dalam air yang sangat dangkal, dan pada hakikatnya lalu mengusir mereka keluar dari tempat hidup mereka ini. Sisa rhipidistian di zaman Karbon dan Permian cenderung bertambah besar dan menyesuaikan diri dengan sungai-sungai dan danau-danau yang lebih besar.

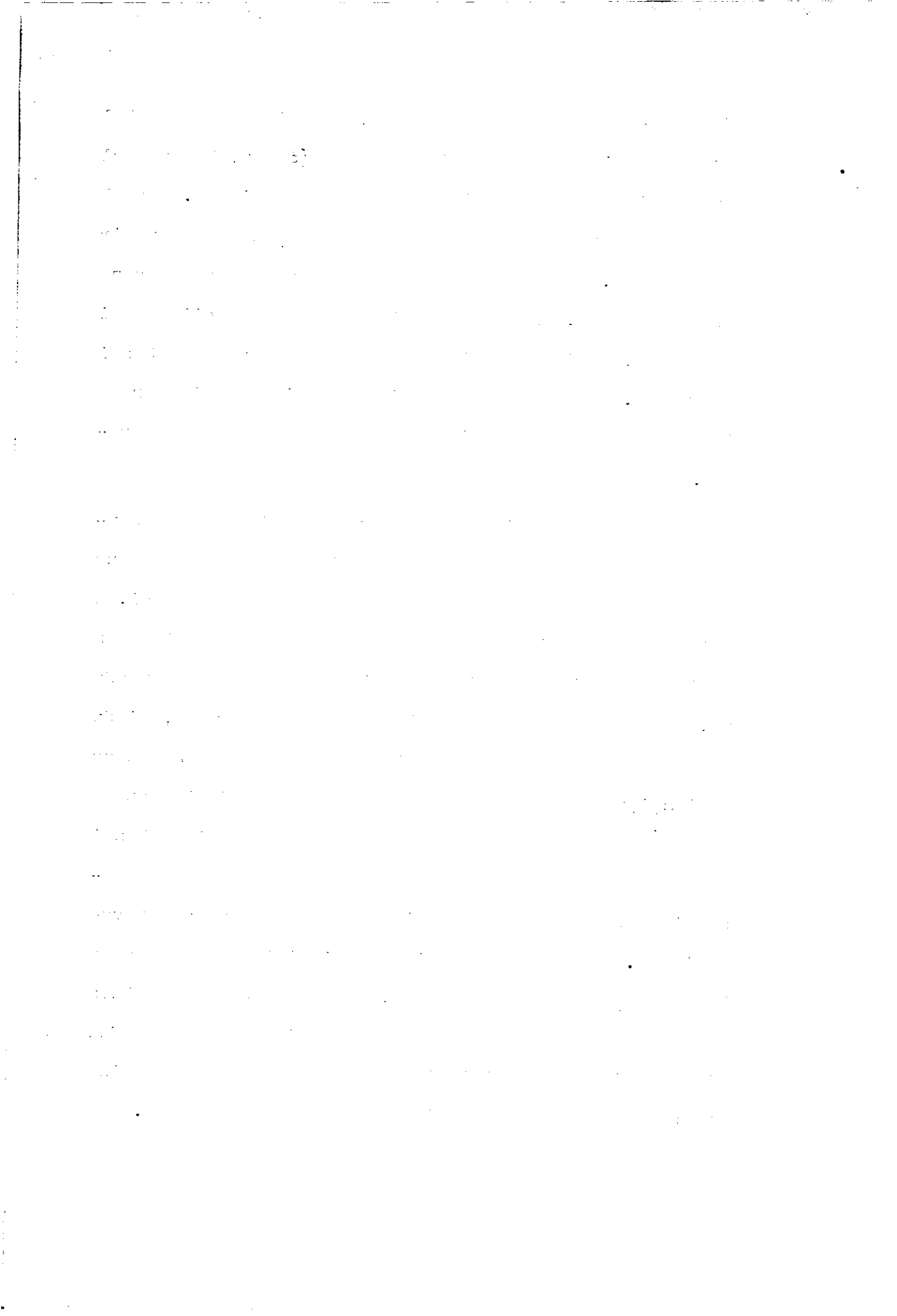
5. RANGKUMAN

Hewan vertebrata yang paling tua adalah ikan-ikan bersisik tak berahang yang hidup di permulaan zaman Ordovician di dalam laut. Diduga mereka berkembang dari nenek moyang chordata yang bertubuh lunak, yang dalam perjalanannya berkembang dari invertebrata.

Ikan-ikan tak berahang bervariasi menjadi lebih luas melalui permulaan zaman Devonian, dan hidup di lingkungan air tawar dan air garam. Tetapi satu kelompok

gi hewan-hewan yang telah dewasa, tetapi merupakan hal yang luar biasa gawat bagi perkembangbiakan, karena sel sel pembiakan amat sensitif terhadap kekeringan. Gas oksigen dan asam arang berlaku amat berbeda di dalam air dan diudara, sehingga penyesuaian dalam hal pernafasan harus diadakan. Indeks bias di udara lebih kecil dari dalam air, peristiwa ini menuntut perubahan-perubahan di dalam mata. Perambatan suara di dalam air dan di udara juga berbeda sehingga alat-alat pendengaran harus berubah.

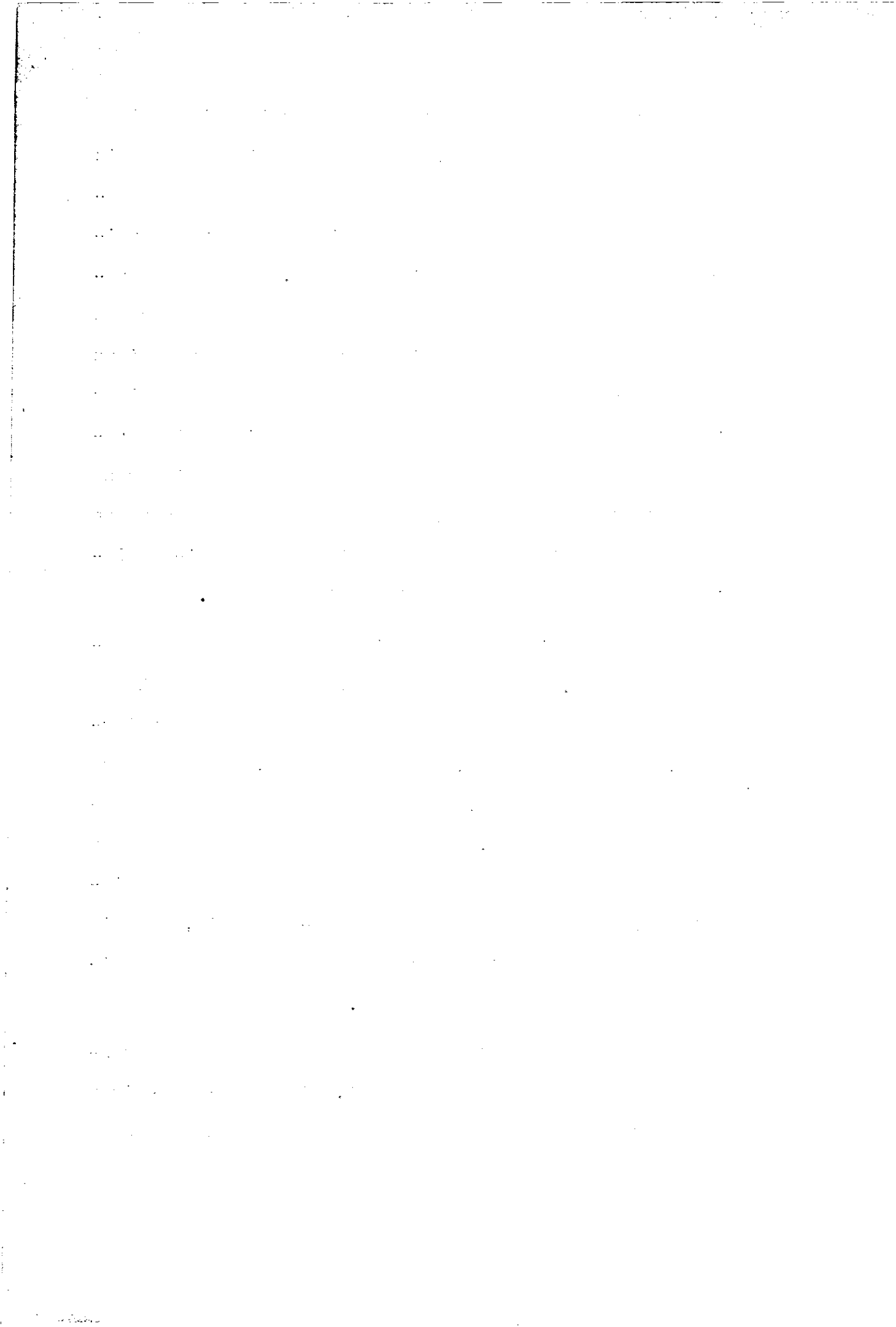
Evolusi melalui seleksi alam terjadi dengan penumpukan secara berangsur-angsur dari perubahan DNA yang menguntungkan di dalam sekumpulan gen suatu populasi. Bagaimanapun drastisnya perubahan memerlukan pemindahan kehidupan dari dalam air menjadi kehidupan di dalam udara, mereka mestinya telah ditumpuk sangat lambat, di dalam suatu pergantian populasi yang seluruhnya adalah organisme yang berhasil penuh (mereka akan menjadi punah) Tak satupun dari masalah-masalah yang telah diterakan di atas telah dapat dipecahkan dalam sekejap mata oleh penampilan yang tiba-tiba dari suatu perubahan yang revolusioner. Struktur gen dari suatu individu adalah suatu kesetimbangan yang amat halus, dan perubahan yang luas kebanyakan akan selalu memecahkan begitu banyak sifat sifat fisis dan biokimiawi yang saling berkaitan sehingga suatu penurunan yang tidak pantas akan berhasil.



Karena suatu urutan populasi menjadi disesuaikan dengan kehidupan di udara, semua masalah itu harus diatasi secara perlahan-lahan dan lebih kurang pada waktu yang sama, sementara organisme itu masih menyesuaikan diri dengan kehidupan di dalam air. Hanya pada suatu saat di dalam urutan itu ketika semua masalah telah dapat diatasi secukupnya (jika tak sempurna) organisme dapat muncul di lingkungan udara untuk masa yang lama. Kita harus sanggup membayangkan dalam pikiran kita suatu urutan penyesuaian diri yang akhirnya mengakibatkan hidup di lingkungan udara, sedangkan pada waktu yang sama harus pula kita terangkan bagaimana populasi-populasi itu masih berhasil baik hidup di dalam air.

Evolusi dari hewan-hewan itu merupakan suatu proses yang rumit. Pada seekor hewan, alat-alat yang berbeda secara bersama-sama dapat melakukan suatu tugas tertentu, umpama paru-paru, peredaran darah, jantung dan otot-otot tulang rusuk, semuanya bersama-sama melakukan proses pernafasan. Tentu saja perubahan salah satu dari alat-alat tersebut secara otomatis dapat mengakibatkan perubahan-perubahan pada alat-alat lain, dan kita harus memasukkan ini ke dalam perhitungan ketika kita menguji deretan-deretan fosil.

Perubahan evolusioner itu kadang-kadang kelihatannya sebelum peristiwa itu terjadi. Misalnya ikan - ikan mengalami perkembangan pernafasan di udara sebelum mere



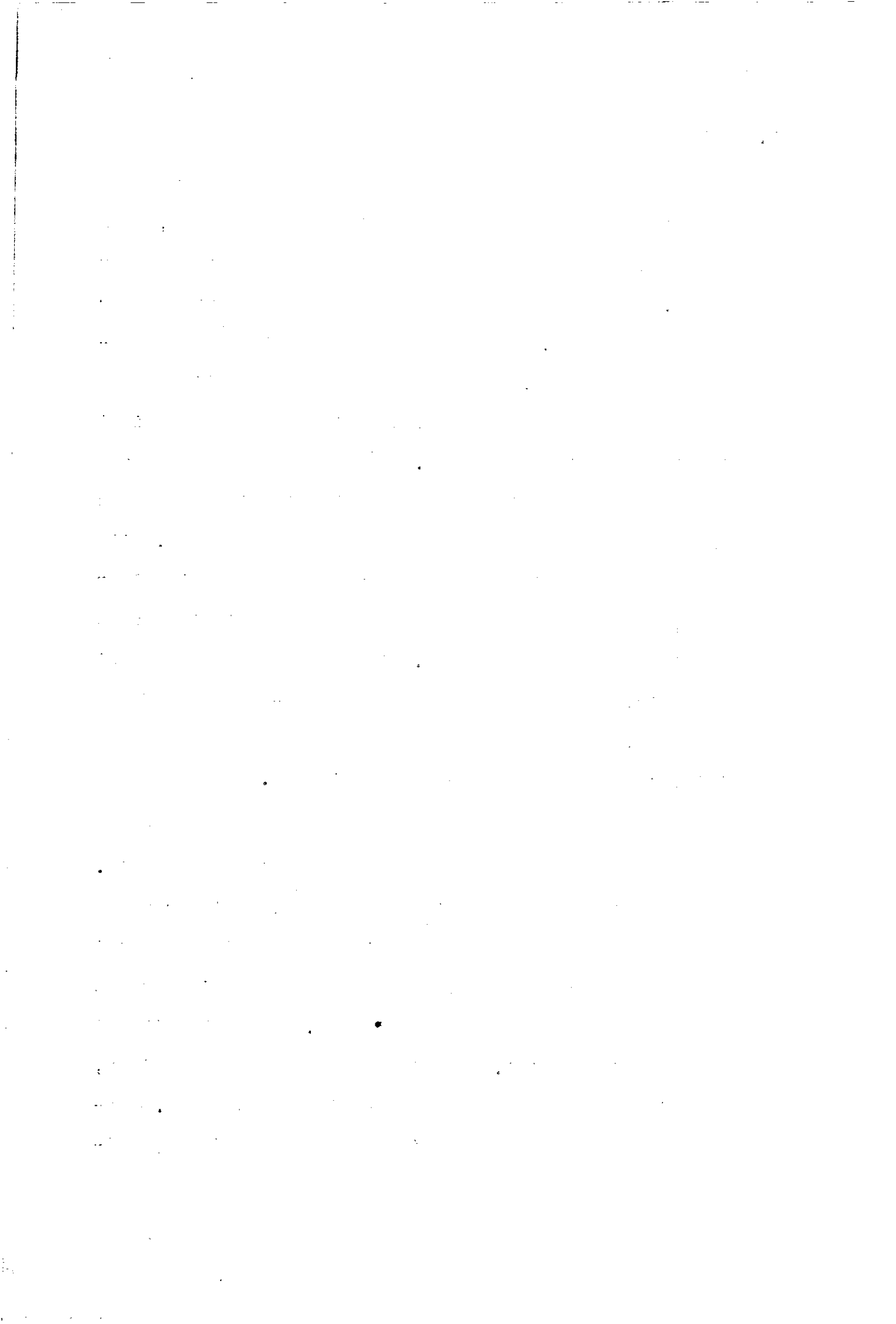
ka pindah ke pantau atau pinggir sungai. Nyatanya ini tak dapat dielakkan, tetapi kita seharusnya mengerti dengan jelas bahwa mereka tidak dengan pertimbangan mengumpulkan daya untuk hidup di udara buat merangkak ke daratan. Mereka menyesuaikan diri dengan memberikan reaksi terhadap lingkungan yang mereka tempati, dan dengan kesempatan penyesuaian diri itu, memungkinkan mereka menempuh arah yang menuju ke daratan. Pre adaptasi adalah suatu istilah untuk menjelaskan macam urutan evolutioner yang beruntung ini, tetapi itu tidaklah menentukan suatu kebijaksanaan evolutioner oleh hewan-hewan yang berkembang itu. Seleksi alam sama sekali adalah hasil dari suatu proses secara kebetulan dan sering terarah (mutasi). Barangkali ini adalah bahagian dari teori evolusi yang paling sukar diterima, tetapi hal itu merupakan suatu titik tolak.

Kita harus berhati-hati dalam menerangkan evolusi-amphibia dari ikan. Haruslah ada tersedia data-data yang wajar, yang dapat memberikan suatu garis evolutioner - yang masuk akal yang membuat pengertian istilah-istilah dari biologi dan lingkungan-lingkungan dari akhir zaman Devonian, dan ia harus membuat pengertian fisiologis - dan struktural keduanya. Dalam banyak hal, kenyataan bahwa suatu ceritera yang baik dapat diperbaiki bersama-sama adalah suatu kemenangan bagi metoda-metoda paleobiologi.

2. DARI IKAN MENJADI AMPHIBIA

Hewan yang bernafas dengan mengambil oksigen (O_2) yang digunakan untuk mengoksidasi zat-zat makanan, untuk memperoleh energi bagi keperluan proses-proses dalam tubuhnya. Zat asam arang (CO_2) merupakan zat ampas yang bersifat racun sebab mudah larut dalam air membentuk asam karbonat (CO_2). Hewan-hewan dapat mentolelir CO_2 dalam konsentrasi yang rendah, tetapi kebanyakan musti di singkirkan dari sistema itu. Pengambilan O_2 dan pengeluaran CO_2 keduanya diselenggarakan lewat cairan tubuh (darah) yang amat berhubungan dengan permukaan tubuh. Bila konsentrasi gas di dalam darah amat berbeda dari luar tubuh, maka gas itu akan merembes melalui dinding tubuh sampai konsentrasinya sama. Biasanya pertukaran gas di lokalisir, dengan perlengkapan pembuluh-pembuluh darah yang kaya, dan mempunyai batas atau selaput yang amat tipis, seperti pada paru-paru dan insang.

Dalam kenyataan bahagian laut sangat mudah untuk melepaskan CO_2 yang melarut dan berdifusi di dalam air. Biasanya air laut pengoksidir yang baik, sehingga mudah memperoleh oksigen segar melalui permukaan insang bagi darah yang kaya akan CO_2 , O_2 dan CO_2 berdifusi secara berlawanan melewati permukaan insang. Kebanyakan ikan hidup memakai cara ini. Tetapi dalam kebanyakan perairan, teristimewa danau-danau, aliran-aliran air, dan sebahagian danau-danau tertutup di sepanjang pantai yang di-



tumbuhi tumbuh-tumbuhan, kadar oksigen dalam air dapat agak rendah, secara temporer atau tetap, Kadar oksigen yang rendah amat berbahaya bagi ikan-ikan yang bernafas hanya melalui insang, semenjak itu sukar untuk mendapatkan oksigen yang cukup besar melalui insang.

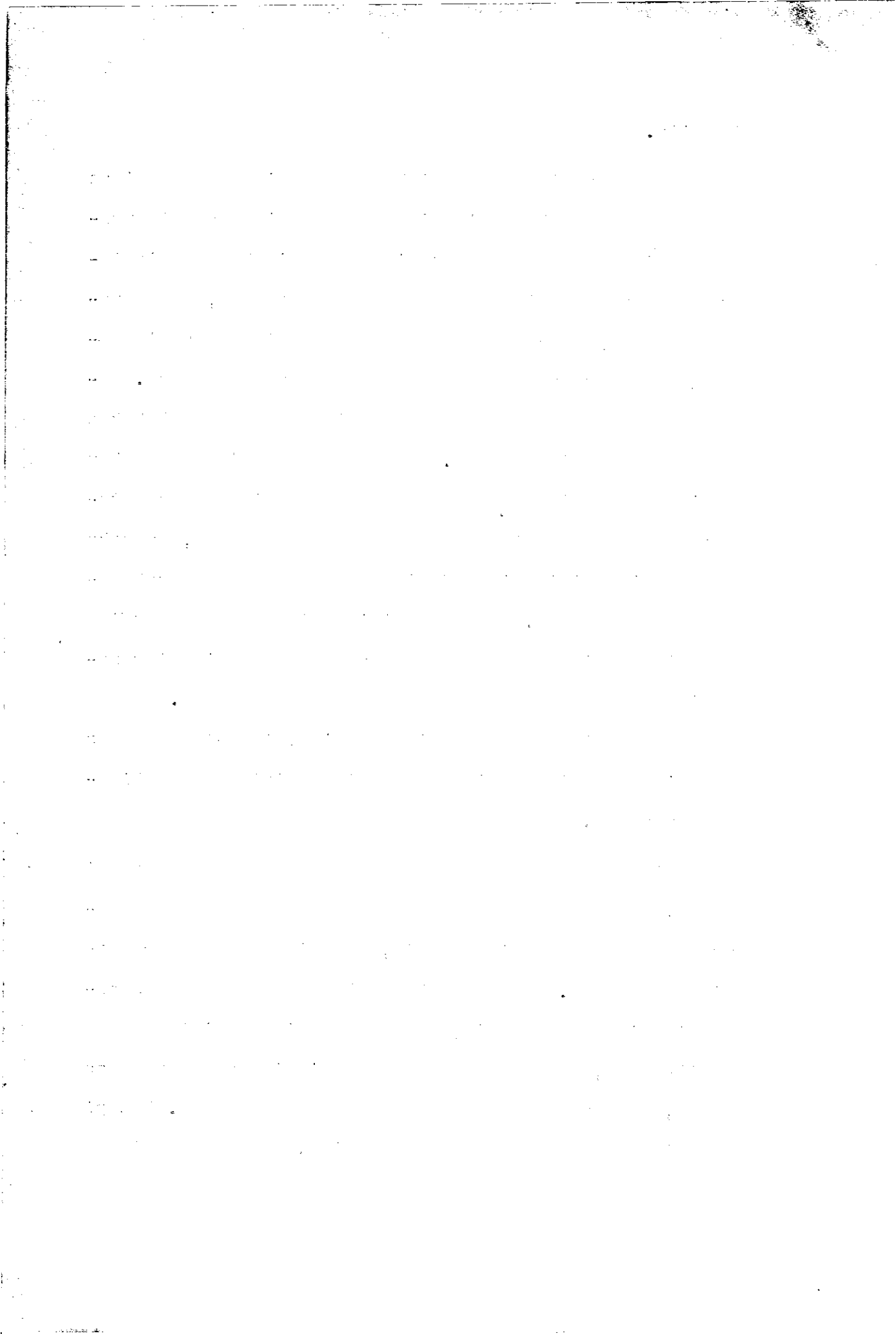
Beberapa ikan moderen yang sering mengambang ke permukaan air untuk mendapatkan oksigen di udara, di mana udara mengandung oksigen sebanyak 21% dan jumlah ini adalah sebanyak dua puluh kali oksigen yang berada dalam air. Ikan-ikan moderen kelihatannya bernafas di udara seperti memakan gelembung-gelembung udara dan diserap lalu terus ke belakang mulut. Dengan cara ini mereka mengambil O_2 dan sedikit CO_2 . Mereka tidak dapat mempertukarkan O_2 dan CO_2 dalam mulut itu, sebab asam karbonat itu dalam gelembung udara di mulut begitu besar bahkan mereka melepaskan CO_2 pada insang, sebab gas itu berdifusi jauh lebih mudah di dalam air.

Jadi ikan yang bernafas dengan udara itu tidak melakukan cara pertukaran udara yang sama sebagaimana kita lakukan, walaupun cara mereka itu adalah efisien bagi mereka sendiri. Kerugiannya yang besar adalah : pertama, ikan yang berenang bebas hanya sekali-kali dapat mengungsi permukaan air untuk bernafas, sehingga tempo pernafasan tidak dapat sangat cepat, dan kedua, gelembung udara yang ada pada mereka menyebabkan daya mengapung harus diimbangi oleh perubahan gaya berenang i-

kan itu.

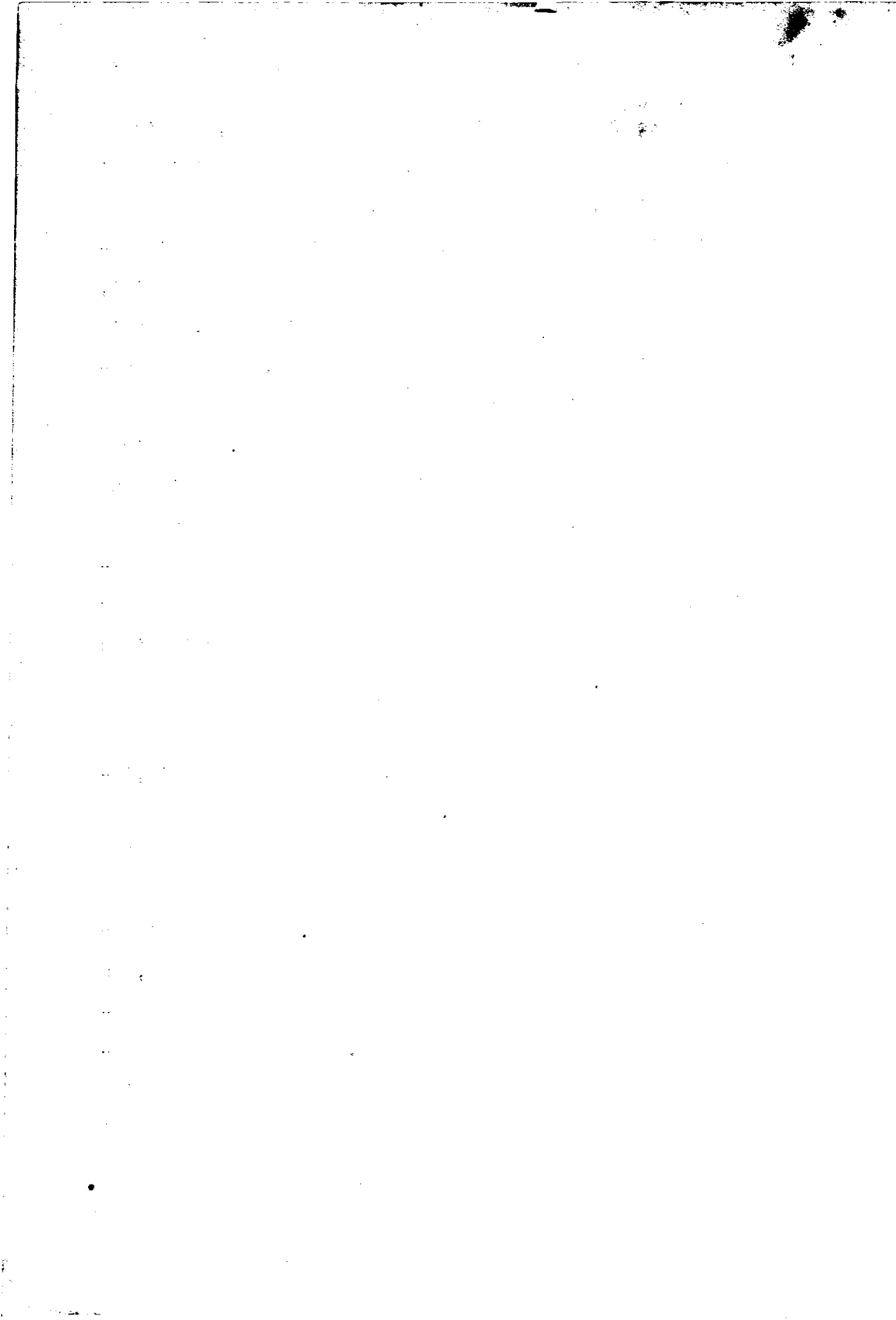
Bernafas di udara dari kebanyakan ikan yang hidup pada zaman permulaan Silurian dan Devonian mungkin muncul ketika mereka sudah berpindah ke lingkungan air tawar yang mempunyai kadar oksigen yang rendah, dan menuju ke arah perkembangan sebuah kantong tertentu di belakang rongga mulut (paru-paru) untuk memuat udara. Sebuah paru-paru yang besar memungkinkan untuk melakukan pernafasan lebih leluasa. Kebanyakan ikan-ikan yang kembali ke laut tidak memerlukan paru-paru itu untuk seterusnya (air laut biasanya kaya dengan oksigen), mereka mengalami modifikasi menjadi gelembung renang untuk mengatur daya apung. Akan tetapi ikan-ikan yang tetap tinggal di sungai dan rawa-rawa pada zaman Devonian itu memelihara dan mengembangkan paru-paru mereka itu. Dengan cara mengambil oksigen dari udara itu, ikan-ikan zaman Devonian ini siap sedia menyesuaikan diri dengan lingkungan udara.

Sistem untuk mengeluarkan CO_2 haruslah berbeda di udara, karena lembaran-lembaran insang berlekatan sesamanya bila berada di luar air, dan tidak dapat berfungsi dengan baik. Beberapa ikan melepaskan CO_2 dengan cara difusi melalui kulit, dan pada jenis amphibia yang kecil-kecil, seperti katak, cara ini disebut pernafasan kulit, yang merupakan cara utama melepaskan CO_2 . Tetapi cara ini mempunyai beberapa kerugian. Permukaan tubuh



yang luas harus dipakai untuk pertukaran gas, sehingga kulit harus tipis dan lembut, dan tak perlu dilindungi oleh perisai. Sebagai akibatnya, kebanyakan katak yang masih hidup dan gerundang, kulitnya itu dilengkapi dengan racun dan warna samaran untuk mempertahankan diri, atau mempunyai ketangkasan dan sifat diam-diam. Kulit menyesuaikan diri dengan pengeluaran CO_2 , dan juga menyesuaikan diri dengan penguapan uap air yang banyak sehingga masalah kekeringan dapat pula timbul. Amphibia yang masih hidup biasanya didapatkan di dalam lingkungan yang lembab. Akhirnya karena penambahan volume yang lebih cepat dari area permukaan pada pertumbuhan organisme, permukaan kulit menjadi tidak cukup untuk melepaskan CO_2 dan hewan yang besar; amphibia yang masih hidup adalah kecil.

Cara lain untuk melepaskan CO_2 , sebagaimana dilakukan oleh beberapa ikan, reptil, burung dan mammalia, ialah bernafas dengan cepat. Mulut atau paru-paru yang penuh dengan udara menimbulkan tekanan yang berat sebelah lalu dikeluarkan sebelum asam karbonat yang terbentuk menimbulkan bahaya di dalam paru-paru. Oksigen dari pernafasan udara tak pernah bertukaran secara sempurna, dan suatu volume yang besar telah dimasukkan sebanding dengan jumlah oksigen yang terserap. Pernafasan yang dilakukan di dalam bahagian atau organ tubuh tertentu itu sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan metabolisme bagi



seluruh tubuh dengan ukuran yang besar. Kulit tidak perlu digunakan untuk mengeluarkan CO_2 , hingga dapat mengembangkan suatu variasi perubahan yang luas seperti sisik, bulu, rambut dan perisai. Memecahkan masalah pelepasan CO_2 di udara merupakan suatu penyelesaian yang besar, dan itu telah dapat diperoleh secara perlahan-lahan dengan evolusi yang bertahap dari sistem bernafas cepat.

Bernafas dengan cepat biasanya menghendaki mekanisasi pemompaan udara masuk dan keluar paru-paru. Pada vertebrata telah berkembang bermacam-macam cara pemompaan itu. Pada kebanyakan mamalia dan reptil, mekanisme pemompaan itu disebabkan gerakan otot-otot iga dan/ atau diaphragma. Tetapi pada buaya, yang banyak menghabiskan waktu istirahat mereka dengan seluruh berat mereka di atas tulang rusuk, volume paru-paru berubah dengan sentakan liver secara cepat kian kemari. Pada amphibia-amphibia yang kecil suatu susunan yang rumit dari kantong penggerak udara digerakkan dari lantai mulut yang dapat dilihat turun naik pada kulit tenggorokan dari seekor katak atau kangkung.

Di dalam Paleobiologi, kita harus berhati-hati dalam membandingkan hewan-hewan yang masih hidup dengan fosil-fosil mereka yang relatif, sebab hal itu kadang-kadang begitu menyesatkan. Sehingga tidaklah berguna bila kita membandingkan cecak yang beratnya hanya bebera-

pa gram dengan seekor dinosaurus yang beratnya 40000 kilogram, walaupun perbandingan itu sering dilakukan orang. Demikian juga apabila amphibia kecil yang masih hidup dibandingkan dengan amphibia pertama yang sudah berkembang 350 juta tahun sebelumnya, maka kita mungkin akan keliru.

Amphibia pertama sudah mempunyai tulang yang agak kuat, dan mempunyai tubuh yang bersisik dengan ukuran yang pantas. Karena itu mereka tidak menggunakan kulit untuk bernafas. Diduga mereka menggunakan rongga dada untuk mengubah volume paru-paru untuk bernafas. Tidak jelas kapan munculnya katak, kangkung dan salamander yang pertama. Tetapi ada pendapat umum bahwa mereka telah berkembang lebih kemudian dari amphibia purba bersisik yang telah disebut di atas.

Struktur Tubuh

Ikan-ikan rhipidistian bertubuh panjang, cepat berenang, dan lincah, dengan pasangan sirip yang kuat dan agak rendah, dari pada tubuhnya. Amphibia pertama adalah hewan-hewan yang bertubuh panjang dengan ekor yang panjang dan mempunyai sirip, mempunyai empat anggota yang agak jauh keluar sisi tubuh. Tulang-tulang anggota amphibia pada dasarnya terbagi atas bahagian-bahagian mana tulang anggota kita, dan susunannya mirip pula dengan susunan tulang-tulang sirip ikan rhipidistian. Walaupun

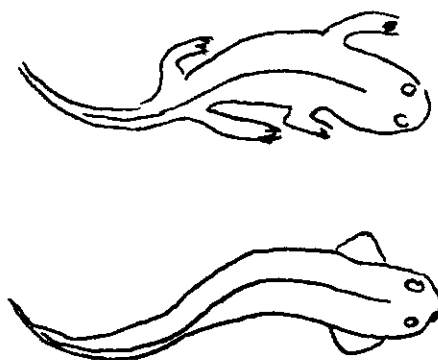


kita tidak mempunyai urutan fosil-fosil yang lengkap, yang dapat memperlihatkan secara persis jalannya evolusi itu, hal itu haruslah merupakan perubahan secara berangsur-angsur yang sudah terjadi dari sirip menjadi anggota dan kita harus menerangkan mengapa perubahan ini berlanjut menjadi amphibia pertama.

Amphibia purba menghabiskan banyak waktunya di dalam air. Badan dan ekor merupakan alat untuk berenang yang cukup kuat dibantu sedikit oleh anggota - anggota itu. Di dalam air mereka lebih mirip dengan seekor buaya, dengan gigi-gigi yang tajam, sepasang mata yang terletak agak tinggi di kepala, dan dengan bentuk tubuh yang mudah dilenturkan. Menilik semua karakter-karakter di atas, maka ikan rhipidistian masuk akal bila dikatakan sebagai nenek moyang amphibia. Tenaga gerak ikan rhipidistian sebahagian besar berasal dari tubuh dan ekor, dengan lobus-lobus sirip berkemungkinan hanya sebagai membantu gerakan. Kalau ikan-ikan rhipidistian itu memburu mangsa ke dalam air yang sangat dangkal, mereka agaknya dapat mengais-ngais melalui lumpur dan air yang dangkal itu dengan gerakan-gerakan tubuh secara efektif tetapi pernafasan mereka akan terancam karena bobot yang besar akan menimpa tulang iga, sambil menjaganya dari turun naik secara penuh. Dalam keadaan-keadaan seperti ini lobus-lobus sirip, bertindak sebagai topang-topang pendukung, telah dapat memunculkan tubuh secukupnya untuk

memungkinkan bernafas dengan sempurna.

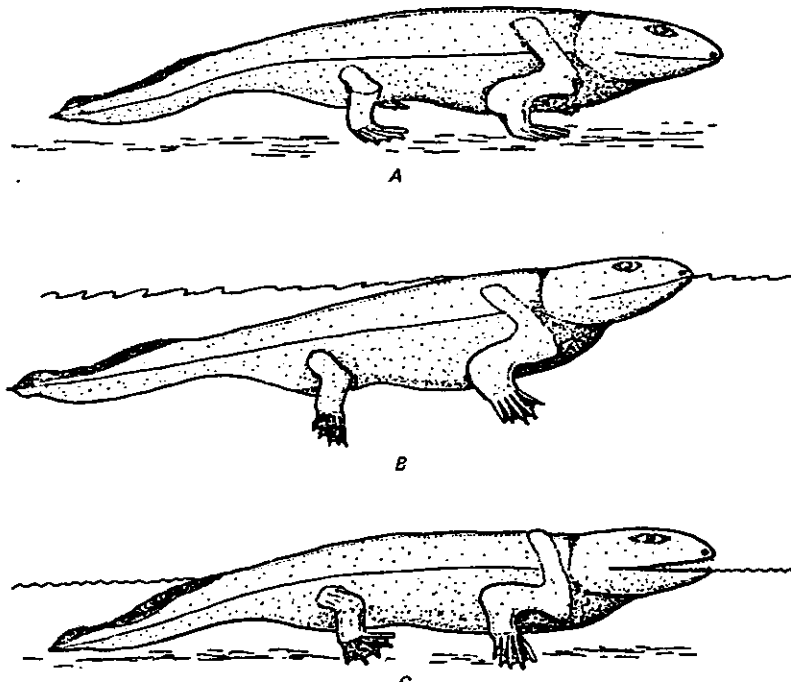
Secara berangsur-angsur ikan rhipidistian terbiasa menjadi pemburu di dalam air yang dangkal, lobus sirip mengalami perkembangan hingga menjadi lebih kuat, mendukung tubuh lebih langsung melalui tulang-tulang yang lebih kuat pada bahu dan pinggul. Sirip-sirip berkembang menjadi alat yang berpinggir keras untuk menggenggam pada dasar yang berlumpur atau berpasir, lebih baik dari pada permukaan yang licin dan mudah terlipat untuk mengontrol renang. Jadi lobus sirip akan berkembang menjadi tangan dan kaki, disokong dengan jari-jari untuk bertumpu suatu dasar yang keras dan bukan sebagai alat sederhana untuk penupang dalam arah vertikal (gamb 8-1).



Gambag 8-1

Ikan-ikan rhipidistian dan emphibi-amphibi purba sangat bersamaan dalam hal gerakan - gerakan tubuh mereka yang digunakan untuk memberikan gerakan maju. Evolusi dari sirip menjadi kaki sesuatu yang ajabi.

Cara hidup ini mengakibatkan peristiwa evolusi se cara berangsur-angsur dari ikan rhipidistian menjadi am phibia. Lingkaran tulang berkembang pada bahu dan pang- puan tangan dan mengikat mereka pada tulang rusuk dan tulang belakang agar mempunyai pengumpil yang maksimum. Karena itu hewan ini sudah menyesuaikan diri ke arah ter jalan di darat sementara itu tetap sanggup berenang da- lam air, dengan menggunakan badan dan ekornya (gamb 8-2).



Gambar 8-2

Rekontruksi dari Ichthyostega, Amphibia pertama yang dikenal : (a) berjalan, (b) berenang, dan (c) mengais pada suatu lumpur pinggir sungai.

Hipotesa dari urutan peristiwa ini sudah disokong oleh bukti-bukti tak langsung lainnya. Ikan rhipidistian mempunyai tengkorak dan rahang yang disesuaikan untuk membuka lebar pada kepala yang berukuran pendek dengan penonjolan muncung dan rahang bawah yang lebih rendah. Sebagai amphibia yang mengalami perkembangan, muncung yang telah diperpanjang dan rahang atas menjadi sempurna melekat pada tengkorak. Ini berkemungkinan dihubungkan dengan pengejaran mangsa yang lebih kecil yang di dalamnya suatu celah yang lebih kecil tetapi jangkauan yang lebih jauh akan menjadi penting. Pada waktu yang bersamaan amphibia purba mengembangkan fleksibilitas yang lebih besar dari sendiri di belakang tengkorak, membentuk leher yang sejati pada pertama kalinya, dan memberikan kemungkinan untuk membelokkan mulutnya dengan cepat ke samping. Amphibia buas pertama yang lebih kecil menangkap ikan-ikan kecil dalam air yang dangkal, atau insek-insek purba yang tak bersayap di atas permukaan air atau pada vegetasi.

Ikan menangkap gelombang-gelombang bunyi di dalam air melalui "gurat sisi" mereka, yaitu sederetan alat penerima yang peka terhadap tekanan, sepanjang sisi tubuh itu. Telinga pada ikan adalah alat keseimbangan yang berisi cairan, terletak di dalam rongga otak, tetapi ada dugaan bahwa ia dapat "mendengar" getaran melalui rangka. Pada amphibia purba, sistem gurat sisi itu diguna -

kan di dalam air, tetapi suatu alat sensori yang baru dikembangkan untuk mendengar di udara. Sebuah tulang rahang yang lewat dekat telinga itu pada ikan berkembang menjadi salah satu celah insang yang tak terpakai, dan pada amphibia menjadi penghantar gelombang-gelombang bunyi yang diterima oleh suatu selaput yang datang dari luar menuju telinga bahagian dalam melalui suatu celah di dalam tengkorak. Celah insang yang lama terus ke dalam kerongkongan sebagai pembuluh Eustachium yang pada kita manusia masih berfungsi.

Mata mesti telah mengalami perubahan yang drastis agak cocok untuk melihat di udara, tetapi di dalam sa-tatan fosil kita dapat melihat jejak dari suatu perubahan. Adanya saluran air mata perlu di udara untuk membasahi dan membersihkan permukaan mata, terlindung di dalam lekukan-lekukan pada tulang mata amphibia purba.

Perkembangbiakan

Amphibia memerlukan air untuk melakukan reproduksi Yang berdiam di gurun-gurun, seperti kodok berkaki sekap, harus menunggu dalam keadaan frustrasi kedatangan hujan lebat yang jarang turun, untuk menimbulkan genangan-genangan air. Telur amphibia menyerupai telur ikan dihasilkan dalam jumlah yang banyak oleh yang betina, dan biasanya dibuahi oleh yang jantan di luar tubuh dengan menyemprotkan sperma pada telur-telur itu. Telur-telur itu amat sedikit atau tidak mempunyai pelindung ter

ga bukanlah "missing-link" yang langsung antara ikan dengan semua vertebrata yang lain. Sebagai contoh, susunan tulang punggungnya agak lemah bila dibandingkan dengan vertebrata daratan yang lain, kekuatan tubuhnya dipertahankan oleh tulang-tulang rusuk pembangun rongga dada yang kuat-bukan oleh tulang belakang. Ini membentuk pengertian yang baik, tetapi bukanlah metoda itu yang dipakai oleh vertebrata berjalan di darat lainnya

4. LINGKUNGAN DARI AMPHIBIA PURBA

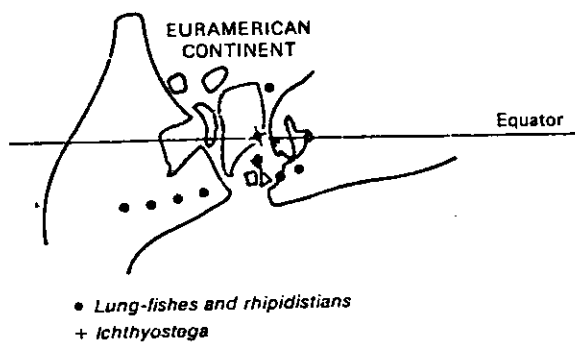
Geografi dunia di akhir zaman Devonian dan permulaan zaman Karbonifera (mississippian) mencakup sebuah benua yang luas pada Atlantik Utara, Euramerica; sekarang pecah menjadi Eropah, Greenland dan Amerika Utara. Pantai selatannya membentang sepanjang ekuator, dengan sungai dan danau-danau yang mengalir arah ke selatan menuju lautan. Pada waktu ini tidak ada tumbuhan darat yang kering (sekarang-kurangnya tidak ada catatan fosil mereka), sehingga tumpukan-tumpukan pasir merah dan lumpur yang banyak sekali hanyut ke dalam danau-danau dan membentuk sedimen. Inilah yang menyebabkan benua itu disebut "Benua Bata Pasir Merah - Tua" (The Old Red Sandstone Continent) dan itu sering diartikan dengan pengertian yang salah sebagai pedang pasir raksasa. Walaupun ada kemungkinan dia kersang dari vegetasi darat, iklimnya cukup nyaman, panas dan ba

NT. PE
SLIP

sah. Dalam sungai-sungai dan danau-danaunya banyak terdapat ikan sebagaimana telah diperlihatkan oleh catatan fosil-fosil.

Di sepanjang pantai bahagian Selatan Euramerica dan di daratan, daerah khatulistiwa membayangkan keadaan yang panas dengan sedikit perubahan musim, seperti Malaysia atau lembah Amazona sekarang. Ini adalah penting karena keekstriman suhu biasanya lebih hebat di udara dari pada dalam air. Keadaan di sepanjang pantai dan daratan. Keadaan di sepanjang pantai benua dan daratan di zaman Devonian seharusnya telah ideal bagi hewan-hewan dan tumbuh-tumbuhan untuk berkembang dari dalam air ke udara melalui suatu lingkungan berpaya-paya yang sangat lembab (Gamb. 8-3).

thetic production of food.



Gambar 8-3

Ikan berparu-paru, ikan rhipidistian dan Ichthyostega dari zaman Devonian, yang hidup di sepanjang ujung Selatan Benua Euramerica pada daerah khatulistiwa (data dari Carroll, 1969)

Tumbuh-tumbuhan darat pertama diketahui dari batu-batuan akhir zaman Silurian. Tumbuh-tumbuhan menghadapi masalah yang bersamaan dengan masalah hewan dalam beradaptasi dengan lingkungan udara. Daerah permukaan daun tumbuh-tumbuhan yang hebat meluas untuk mengumpulkan cahaya buat fotosintesa, menghadapi masalah kekeringan yang diatasi dengan pembentukan lapisan lilin yang tak tembus air. Di daratan zat makanan diperoleh hanya dari tanah, sehingga tumbuh-tumbuhan memerlukan sistem peredaran air dan zat-zat makanan itu. Sokongan juga menghendaki pegangan yang erat dari beberapa jenis akar yang besar ukurannya tergantung pada perkembangan jaringan penunjang yang keras seperti kayu. Sistem perkembangbiakan tumbuh-tumbuhan juga harus berubah untuk menghindarkan sel-sel pembiakan dari kekeringan.

Sebagaimana pada hewan, masalah ini diatasi hanya secara sangat berangsur-angsur. Tumbuh-tumbuhan darat pertama bentuknya amat sederhana, tanpa beberapa struktur penunjang yang rumit dan tanpa sistem akar yang luas. Diduga mereka hidup hanya di daerah-daerah yang basah pada pinggir-pinggir rawa. Kemudian tumbuh-tumbuhan mengembangkan sistem suplai bahan makanan dan sistem penunjang yang memerlukan ukuran yang lebih besar tetapi sistem perkembangbiakan masih tergantung pada kelembaban untuk menghindarkan kekeringan.

Tumbuh-tumbuhan banyak mendapat keuntungan dengan berpindahnya ke medium udara. Tumbuh-tumbuhan yang masih menetap di laut pada umumnya terbatas pada daerah yang sempit sepanjang pantai di mana cahaya menembus lapisan air yang berombak, di atas sedimen. Invasi ke daratan dengan segera membuka daerah koloni yang sangat luas. Tetapi keuntungan yang paling besar dari udara ialah pancaran sinar ultra violet dari matahari lebih intensif karena tidak ada air yang membatasi dan ini memberi kesempatan lebih besar bagi produksi makanan fotosintesis.

Pada akhir zaman Devonian flora darat barangkali hanya hidup di daerah-daerah yang berawa, tetapi dalam habitat itu terdapat tumbuh-tumbuhan yang beraneka ragam, mulai dari lumut sampai pada tumbuh-tumbuhan yang besar, seperti paku-paku tiang yang kukuh. Penyerbuan rawa-rawa dan pinggir sungai yang berlumpur oleh tumbuh-tumbuhan mestinya telah memberikan sejumlah besar sisa-sisa yang membusuk di dalam telaga dan teluk-teluk itu. Keadaan ini menuntun kepada turunnya kadar oksigen di dalam air itu (oksigen untuk proses pembusukan), dan mendorong pertumbuhan pernafasan dengan udara di antara ikan-ikan dan arthropoda-arthropoda bersamasama.

Ketika tumbuh-tumbuhan dengan bersangsur - angsur meluaskan jajarannya ke dalam rawa-rawa dan sungai, arth

ropoda yang bermacam-macam jenis itu rupanya mengikuti sumber makanan ini. Arthropoda darat pertama diketahui dari suatu deposit rawa dari zaman Devonian Pertengahan. Dua kelompok yang terpisah telah memecahkan masalah kelangsungan hidup di udara itu - yaitu nenek moyang insekta serta nenek moyang labah-labah dan kala. Pada zaman Devonian Pertengahan serangga tidak bersayap tetapi kira-kira pada akhir zaman Carbonifera "alat naga" yang besar sekali telah berkembang, dan penggunaan medium udara secara penuh telah mulai.

Tumbuh-tumbuhan seperti paku tiang dan paku ekor kuda menguasai flora zaman Carbonifera dan telah membangun jaringan-jaringan kayu yang kuat sistem akar yang baik yang memungkinkan mereka tumbuh berpuluh-puluh meter ke udara. Persaingan untuk mendapatkan cahaya mendorong pertumbuhan hutan-hutan yang lebat. Timbunan-timbunan dari reruntuhan tumbuh-tumbuhan dalam jumlah yang amat banyak di dalam rawa-rawa dan delta-delta mengantarkan pembentukan dambaran batu bara yang luas, yang sekarang digarap oleh orang mulai dari pegunungan Ural sampai ke Appalachians. Hutan-hutan zaman Carbonifera sedang bertumbuh pada tanah basah dan air, di mana kadar oksigen sangat rendah. Seperti pohon-pohon moderen yang tumbuh di dalam lingkungan yang sama macamnya (seperti rawa Okefenokee di Georgia), tumbuh tumbuhan zaman Carbonifera mempunyai akar yang tidak

tidak menyebar secara vertikal ke dalam tanah, tetapi menyebar ke samping. Pohon-pohonan tumbuh semacam ini mudah ditumbang oleh angin dan badai, dan wajarlah ada sejumlah besar kayu-kayuan lapuk dan runtuh-tumbuh-tumbuhan terhampar pada permukaan, membentuk suatu habitat yang ideal bagi jasad-jasad renik dan arthropoda yang kecil-kecil.

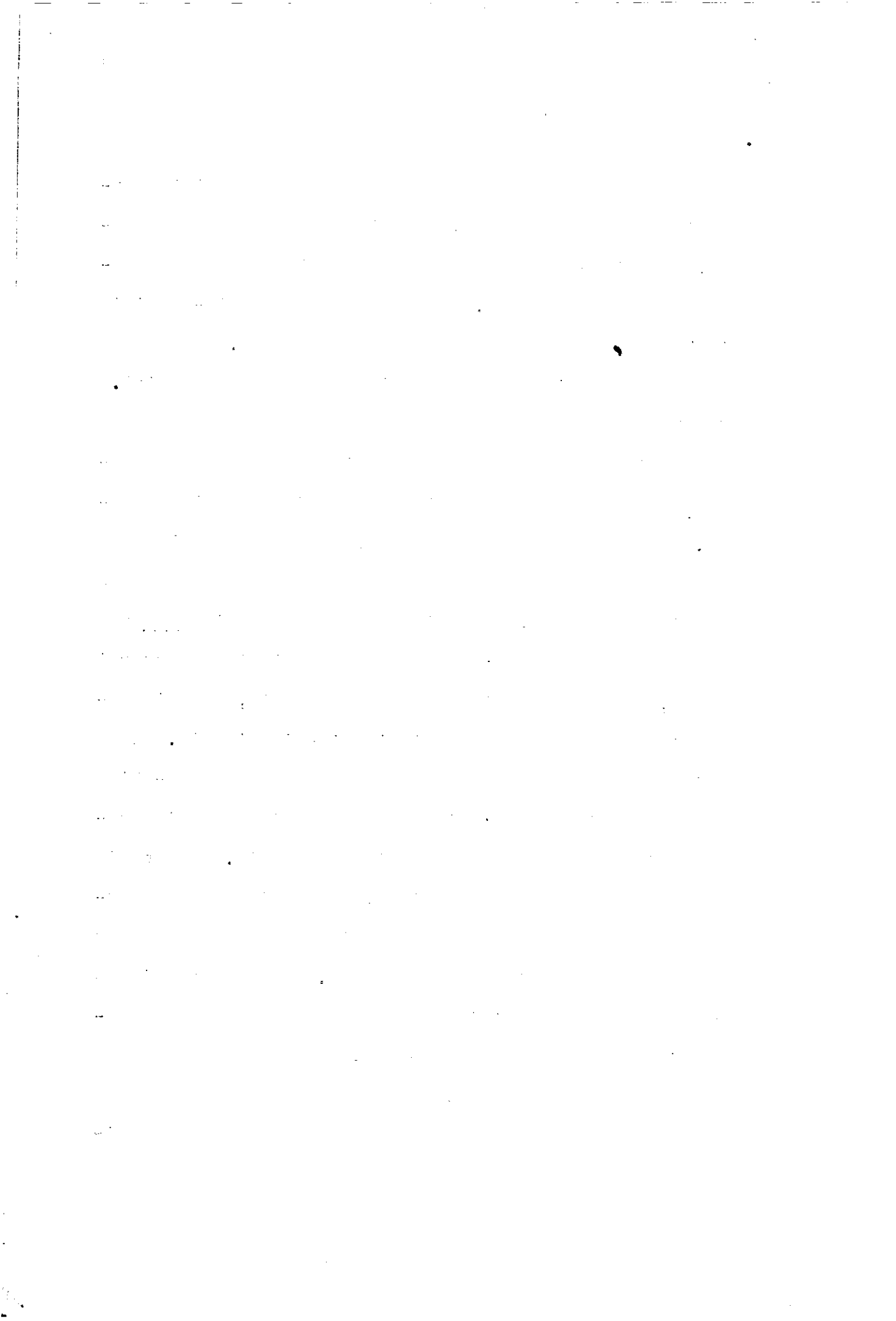
Ada bermacam-macam habitat dalam suatu rawa atau delta. Arus yang deras, air pasang, atau anak-nak sungai yang besar, akan merupakan habitat yang ideal bagi ikan-ikan rhipidistian yang berenang cepat itu. Danau-danau di pinggir laut dan teluk-teluk yang terbatas menyediakan tempat hidup bagi ikan-ikan yang lebih kecil amphibia-amphibia air dengan bermacam-macam ukuran. Tempat-tempat runtuh dan lapukan dari batang pohon-pohonan dan paku-pakuan yang lebat yang telah menyediakan tempat-tempat lembab yang teduh buat arthropoda dari bermacam-macam jenis, dan untuk kedua jenis amphibia, yang besar dan yang kecil yang sedang menyesuaikan diri ke arah kondisi yang lebih bersifat terestrial. Amphibia-amphibi ini telah sangat bervariasi di dalam sifat biologisnya; besar, predator yang diam dan lebih kecil, predator yang lebih cepat. Berkeungkinan ada sejenis daratan sebagai basis rantai makanan pada pinggir dan tebing-tebing sungai di mana amphibia yang besar memakan amphibia yang lebih kecil

yang memakan serangga-serangga dan ulat-ulat yang pada gilirannya ulat ini hidup dengan memakan jasad - jasad renik atau materi-materi dari tumbuh-tumbuhan.

Sejumlah besar amphibia bervariasi dalam ukuran, struktur dan kebiasaan-kebiasaan menempati dunia yang kompleks ini, mulai dari permulaan zaman Carbonifera. Hal ini tidaklah seperti Ichthyostega hanya merupakan tipe amphibia pada zaman Devonian. Kita dapat mengharapkan untuk menemukan amphibia yang lebih kecil pada batu-batuan pada akhir zaman Devonian, dengan tubuh yang menjadi kaku dalam cara amphibia yang "biasa" dengan tulang-tulang rusuk dan dengan bermacam-macam cara hidup yang dapat memberikan pemunculan untuk semua perbedaan amphibia zaman Carbonifera yang kita kenal sekarang dan kita pikirkan untuk dipahami.

5. EVOLUSI AMPHIBIA

Sangat sukar untuk mengolah evolusi amphibia purba itu secara terperinci. Ada lima kelompok yang berbeda, dan tiap-tiap kelompok berevolusi dengan cepat dalam arah yang berbeda. Pada dasarnya amphibia-amphibia itu berkembang dalam dua arah yang berbeda. Satu mengarah kepada kehidupan yang lebih bersifat terrestrial. Tubuh mereka menjadi lebih pendek (dua puluh sampai dua puluh lima ruas tulang belakang di muka pelvis) dan tangan-tangan mereka menjadi lebih panjang dan lebih kuat. Tulang punggung sangat kuat, dengan ruas tulang belakang tersusun sedemikian rupa sehingga mereka tahan puntir dan regang. Amphibia daratan meliputi Eryops yang panjangnya beberapa kaki dan barangkali hidup seperti buaya, berjemur dan istirahat di atas air, tetapi makan ikan dan hewan-hewan di pinggir-pinggir air. Seymouria adalah suatu karnifora yang ukurannya kira-kira sebesar anjing besar; dia sangat menarik perhatian karena dia mempunyai beberapa sifat reptilia. Seymouria bukanlah nenek moyang reptilia, tetapi ia memperlihatkan bahwa beberapa kelompok amphibia sedang mengembangkan karakter reptilia secara bebas. Pada waktu ini bahkan kebanyakan amphibia terrestrial masih terbatas pada lingkungan yang berpaya-paya, karena terikat pada perkembangbiakan mereka. Ekologi daratan yang sungguh sungguh kering belum berkembang sebelum periode Permi-



an pada awal sekali.

Arah terutama lainnya dari evolusi amphibia menuju kepada suatu kehidupan dalam air. Amphibia tidak sanggup bersaing dengan ikan-ikan rhipidistian yang merupakan predator yang cekatan dalam sungai-sungai dan danau-danau yang dalam, tetapi beberapa dari mereka barangkali berpindah ke danau kecil di pinggir-pinggir laut dan teluk-teluk. Tubuh amphibia-amphibia ini menjadi lebih panjang (tiga puluh sampai empat puluh ruas tulang belakang di depan pelvis), tulang punggung disesuaikan dengan kefleksibelan yang agak kuat, dan lengan-lengan menjadi lebih lemah dan lebih pendek. Amphibia air barangkali perenang dan pengapung yang agak lamban, tetapi amat sedikit petunjuk-petunjuk tentang biologis mereka. Mereka dapat hidup dengan baik dalam periode Triassic, lebih panjang dari pada amphibia terrestrial pertama.

Ada beberapa amphibia purba yang belum dimengerti dengan baik. Beberapa di antaranya sangat mirip dengan ular, dengan ruas-ruas tulang belakang kira-kira dua ratus buah, dan tidak ada bekas-bekas anggota. Mereka bersifat akuatis atau amphibia sebenarnya, tetapi mereka telah berpindah karena hidup seperti ular. Yang lain sebahagian tubuh seperti ular, dan sebahagian tekteki yang jelas, karena mereka mempunyai kepala yang sangat pecak, dengan tanduk samping yang besar sekali yang fungsinya tidak diketahui.

6. RINGKASAN

Sebelum organisma-organisma dapat hidup di udara mereka harus memecahkan banyak masalah. Udara tidak mendukung berat, dia langka dalam hal makanan, dia kering, dan dia membawakan cahaya dan suara dalam cara yang berbeda dengan air. Kandungan oksigennya lebih kaya dari pada air.

Organisma harus sanggup buat menghidupkan kondisi-kondisi di udara sebelum mereka dapat meninggalkan air. Kemungkinan keuntungan yang besar bagi hewan-hewan di daratan adalah suplai oksigen yang kaya di udara, dibandingkan dengan tingkat oksigen yang rendah di dalam air-air yang tergenang. Ikan-ikan rhipidistian, dirancang dengan baik untuk memburu ikan-ikan kecil dan digabung dengan serangkaian karakter yang memungkinkan mereka menyerbu lingkungan daratan. Pada poin ini di dalam evolusi kita memperkenalkan penampilan amfibia. Tampaknya mereka sudah hidup di dalam paya-paya yang panas dan lembab, di sepanjang pinggir benua di zaman Devonian Akhir.

IX. REPTIL

1. ASAL USUL REPTIL

Amfibi dengan sukses memecahkan banyak masalah yang berhubungan dengan kehidupan di udara, tetapi sistem reproduksinya tidak pernah beradaptasi penuh dengan udara. Telur amfibi relatif kecil dan selaput luarnya tidak tahan terhadap kekeringan, sehingga Amfibi harus bertelur dan meletakkan telurnya dalam air atau di tempat yang sangat basah. Kehidupan reptil telah memecahkan masalah ini dengan sukses, di mana reptil adalah vertebrata yang nyata pertama kali hidup di tanah kering.

Adaptasi yang sukar adalah perkembangan telur reptil, sehingga ada beberapa gambaran berupa bagian penyimpanan evolusi. Telur reptil ditutupi oleh selaput yang kasar dalam suatu bungkus berupa kulit dari kapur. Kedua lapisan kulit ini memungkinkan pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida dengan udara luar, dan selaput ini cukup tahan terhadap kekeringan. Lapisan ini juga memberikan sedikit kekuatan untuk mempertahankan dirinya bila terletak pada permukaan yang keras dalam lingkungan udara.

Embryo reptil berkembang menjadi reptil dewasa secara langsung dalam bungkus pelindung tersebut, tidak

seperti Amfibi.

Dalam telur seolah-olah seperti dalam ruang kapal di mana embryo harus menjadikannya sebagai suatu sistem lingkungan hidup yang sudah komplit. Terdapat kuning telur yang merupakan bahan makanannya dan suatu kantong khusus yang bekerja sebagai organ untuk pertukaran gas dan juga sebagai unit pembuangan kotoran. Embryo sendiri mengapung di atas cairan yang terdapat dalam kantong itu (amnion), di mana genangan cairan ini berfungsi sebagai penahan guncangan.

Telur reptil merupakan suatu sistem yang sangat menakjubkan, karena ia mempengaruhi banyak gambaran biologi dari reptil. Kenyataannya bahwa telur itu terselubung dalam 2 selaput pembungkus, sehingga pembuahan dalam tubuhnya dapat dikatakan sebagai suatu hal yang telah diatur, di mana telur harus dibuahi sebelum ia dibungkus dalam kulit yang keras itu. Telur itupun lebih besar dari pada telur ikan atau amfibi karena itu ia memerlukan banyak bahan pembentuk telur.

Dalam kehidupannya reptil memproduksi lebih sedikit telur, karena itu tiap butir telurnya sangat berharga. Alat-alat yang kompleks untuk bungkus pelindung dan pemeliharaan telur pada kebanyakan reptil telah berkembang secara berangsur-angsur seperti halnya pada burung. Karena besarnya ukuran telur, maka beberapa rep-

til jumlahnya sedikit sekali (walaupun bagaimana telur harus diletakkan/disebarkan).

Kita tidak akan pernah sanggup untuk melukiskan - kembali evolusi reptil atau telurnya secara sempurna dari catatan fosil, karena perkembangannya luas, yang juga mempengaruhi perubahan-perubahan pada bagian-bagian yang kecil ataupun pada tingkah laku. Seperti halnya pada perubahan secara evolusi maka reptil pun berkembang secara bertahap. Beberapa kehidupan Amfibi misalnya, telah berkembang dari perubahan secara primitif dalam tubuh induknya. Tentu saja reptil yang baru saja terbentuk yang berkembang dari asalnya, telurnya akan tersisih karena kompetisi dengan reptil yang lebih maju.

Pada umumnya karena masa transisi dari telur amfibi menjadi telur reptil maka telur itu dibuat ditempat yang sangat lembab, sedangkan amfibi yang lebih maju dapat meletakkan telurnya di udara lembab. Kemudian selaput pelindung telur reptil terus berkembang secara bertahap untuk mempertahankan kelangsungan hidup selama periode kering dan telah diberikan bantuan kehidupan kehidupan yang lebih baik serta perlindungan fisik terhadap embryo. Dalam perkembangannya, embryo tidak dapat hidup bebas dalam air yang mengandung makanan dan musuh-musuh, maka stadium khusus seperti berudu tidak diperlukan, karena itu embryo reptil berkembang secara

langsung.

Beberapa amfibi berkembang secara evolusi dengan seleksi alam untuk menjadi reptil, maka ada kemungkinan untuk dapat digambarkan garis batas antara kedua pengecualian itu dengan memakai beberapa dasar secara buatan (perjanjian). Kita tahu, misalnya amfibi yang pertama itu sangat tidak serupa dengan katak moderen, kodok ataupun salamander. Kenyataannya, dalam banyak hal amfibia pertama itu adalah lebih serupa dengan reptil dari pada dengan amfibia moderen.

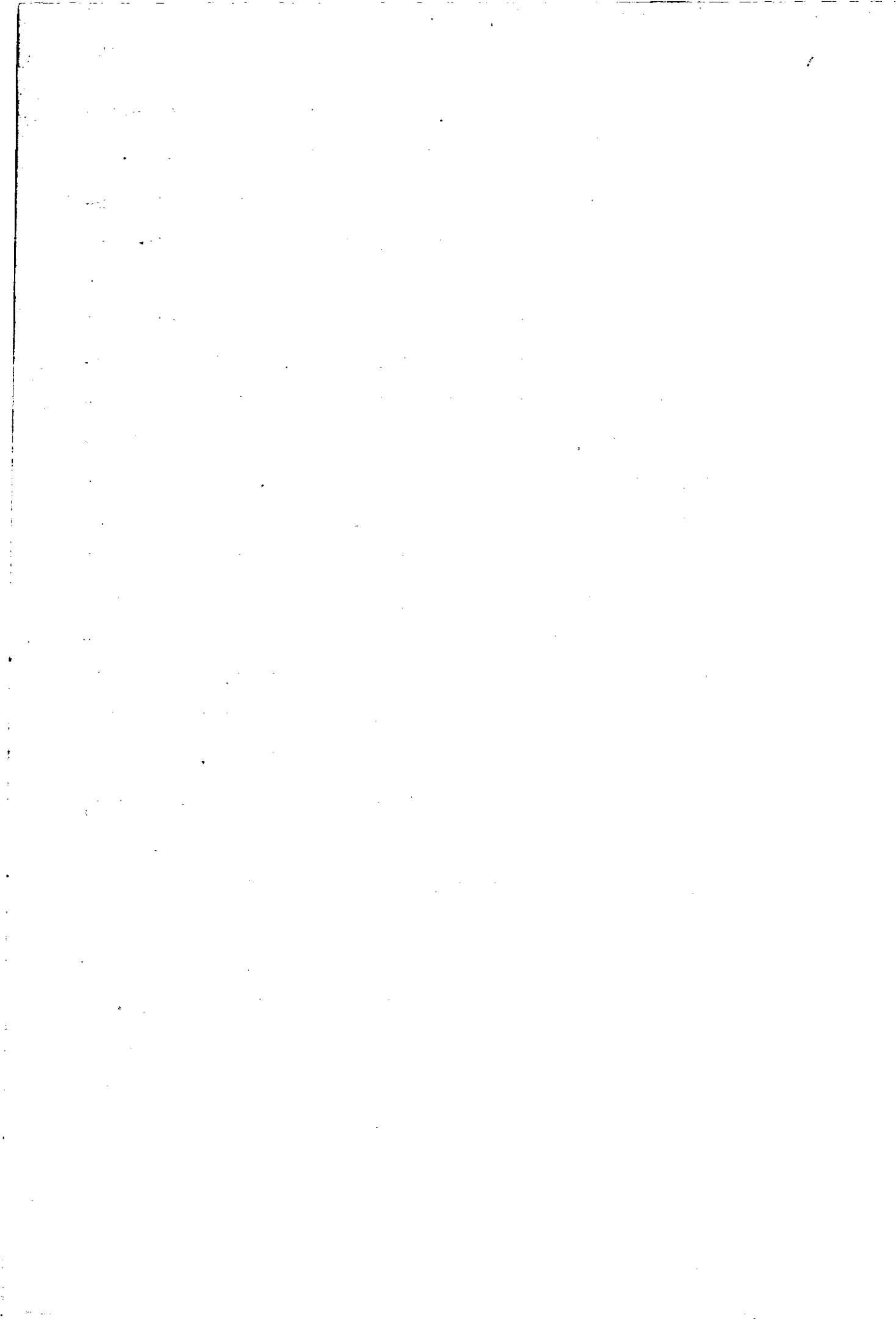
Reptil adalah khas, karena sistem reproduksinya, dan kemungkinan ini dapat dilihat secara langsung dari fosil. Selain itu beberapa gambaran rangka dapat digunakan untuk memberi pembatasan terhadap reptil. Gambaran itu meliputi perubahan kecil pada posisi telinga dan rahang. Perbedaan yang penting ini berasal dari perkembangan rangka amfibi, yang nyata pada reptil terakhir. Untuk meringankan kesulitan ini, penelitian mutakhir telah mencurahkan banyak perhatian dan buah pikiran pada masalah asal-usul reptil ini. Kita akan dapat mengerti hal ini secara biologi. Reptil yang dikenal pertama kali adalah yang berasal dari masa permulaan zaman Pennsylvania (Early Pennsylvania), yang dikira mereka berasal dari Amfibi pada sebagian masa Mississipi Reptil yang paling akhir, yang disebut : Romeriida, se-

telah penemuan oleh Prof. Romer dari Harvard University seorang ahli palaeontologi vertebrata yang terkenal.

Seperti diketahui, kita patut berterima kasih terhadap penemuan yang ajabi ini, di mana fosil terlindung berupa rangka reptil dalam lobang dari fosil pohon kayu yang masih berdiri tegak dalam karang Pennsylvania di beberapa tempat di Novascotia, Canada. Reptil yang pertama itu jauh lebih kecil dari pada amfibi yang ada pada zaman itu. Ukurannya kira-kira sama dengan kadal kecil, baik keadaan tubuh maupun sikapnya. Mereka barangkali memakan serangga dan larva. Mereka memperlihatkan perbedaan yang cukup berarti satu sama lain dalam hal susunan gigi dan anggotanya, untuk menduga bahwa mereka telah menempati lingkungan yang luas dan besar kemungkinan memakan mangsa yang lebih bervariasi. Yang terutama terlihat adalah bahwa asal-asul reptil ini ada hubungannya dengan ukuran tubuh yang kecil itu.

Ada alasan-alasan yang bisa dipercaya untuk ini, yaitu yang berhubungan dengan masalah pergerakan, makanan, reproduksi dan iklim. Adaptasi amfibi selanjutnya berupa sifat kehidupan di daratan, yang meyangkut dengan masalah ketergantungannya terhadap larva, cacing dan serangga, dibandingkan dengan ikan sebagai makanannya.

Seekor hewan yang berkembang menurut uraian diatas harus berukuran kecil, pertama, untuk menyesuaikan dirinya dengan makanan yang tinggi letaknya dan mangsa yang



kecil ukurannya. Kedua, untuk menangkap mangsa, harus mempunyai kecepatan dan ketangkasan yang tinggi. Ukuran tubuh yang kecil juga penting untuk mencari mangsa yang bersembunyi di lobang atau celah yang berbelit - belit dan perlu ketangkasan untuk menelusuri sela-sela tanam-tanaman dan reruntuhan kayu di atas tanah, seperti pada kadal misalnya. Di samping tubuh yang kecil dan ringan juga digunakan anggota tubuh yang berkembang dan berfungsi meringankan tubuh agar mudah bergerak cepat di tanah.

Peralihan makanan kepada serangga, larva dan cacing, dihubungkan dengan perubahan pada kerja rahang Ikan Rhipidistian dan Amfibi menggunakan rahang untuk merampas mangsa. Reptil primitif (pertama) dan beberapa amfibi kecil berkembang dengan tidak bebas, menggunakan rahang lebih banyak untuk memegang, mengunyah dan menghancurkan daripada merampas. Sesuai dengan ukuran tubuh yang kecil, reptil juga mempunyai tengkorak yang relatif pendek dibandingkan dengan kebanyakan amfibi pertama lainnya. Adalah merupakan suatu hal yang menarik, yaitu dalam menangkap dan memegang mangsa daratan yang kecil dan tangkas. Palatum reptil ini dirancang sesuai dengan fungsinya untuk memegang mangsa sambil rahangnya bergerak sedikit untuk dapat memegang lebih baik.

Karena telur amfibi beradaptasi terus ke arah te

lur reptil, maka gas berpindah melalui selaput dan pembenturan dinding yang keras yang lebih mudah bagi telur yang ukurannya lebih kecil (dibandingkan dengan luas permukaan dengan volumenya). Kemudian, di mana telur reptil telah benar-benar sempurna, mungkin saja ukuran telur lebih besar. Tampaknya telur reptil telah berkembang pertama kali pada garis evolusi dengan telur yang kecil.

Setelah melewati masa dengan tempat hidup rawa yang basah itu, suhu berangsur-angsur berubah makin tinggi, baik suhu harian maupun suhu musiman. Kemampuan untuk mentolerir perubahan suhu tersebut adalah penting. Suhu yang stabil penting bagi kebanyakan hewan, karena enzim tubuh hanya dapat bekerja pada suhu yang cocok. Dengan pengaturan suhu (termoregulasi) yang baik, mammalia dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan yang suhunya biasanya agak di atas suhu tubuhnya.

Reptil tidak mempunyai suhu tubuh yang stabil seperti mammalia, tetapi ia tidak pula berdarah dingin. Reptil juga mempunyai tingkat kemampuan mengontrol suhu tubuhnya dengan cara lain, seperti berjemur di pagi hari dan sore hari, melakukan push up (melompat-lompat) untuk memanaskan tubuhnya atau menyembunyikan diri dari terik matahari dari dinginnya malam atau musim dingin, dalam lobang-lobang atau celah-celah. Bagi reptil yang menyesuaikan diri dengan lingkungan daratan

telah keluar dari suatu rawa, kontrol suhunya akan lebih mudah bagi hewan yang kecil ukuran tubuhnya. Mereka akan lebih cepat memanaskan tubuhnya yang kecil itu pada sinar matahari dan lebih mudah pula untuk menyembunyikan diri dari panas atau dingin dalam celah-celah atau lobang-lobang. Apabila tingkah laku sistem fisiologis dan struktur tubuhnya telah begitu sempurna, maka ukuran tubuh yang lebih besar akan dicapai.

Kesimpulan dari pengetahuan di atas, terlihat bahwa peralihan amfibi ke reptil ada kaitannya dengan perkembangan evolusi untuk menyesuaikan diri dengan kehidupan di darat; dan bahwa ia mengambil tempat di antara amfibi yang tangkas yang terdapat pada periode Mississipi. Dengan kata lain evolusi vertebrata menuju kehidupan daratan yang sempurna; dan adalah benar-benar suatu dugaan yang beralasan, karena amfibia pertama seperti yang telah diketahui, adalah dalam masa Late Devonian. Beberapa tulang anggota, yang dapat diduga bahwa Amfibi seperti reptil berkembang sungguh cepat sekali.

2. GEROMBOLAN REPTIL

Perkembangan evolusi tentang amfibia menuju reptil adalah suatu hal yang sukses, karena ternyata reptil dapat berkembang secara luar biasa ke dalam berbagai bentuk yang banyak sekali. Mereka menguasai habitat baru, dan dalam kelangsungan hidupnya, mereka mempunyai banyak variasi dalam bentuk, ukuran dan sifat biologis, segera setelah reptil pertama yang tangkas berkembang. Yang paling sukses dari reptil seperti akadal kecil ini ialah mereka dapat memperoleh makanan dari sumber yang lebih luas atau bisa dari pemangsa reptil sendiri. Tambahan lagi beberapa reptil ada berevolusi ke belakang, kepada kehidupan rawa dan air, keluar dari kehidupan asalnya di darat.

Beberapa reptil lain mendapatkan cara baru dalam mengatur suhu untuk hidup lebih lama di rawa tropik ataupun habitat ekuator yang didiami oleh amfibi. Yang paling penting dari semuanya, ialah beberapa reptil menjadi pemakan tumbuh-tumbuhan hidup langsung dari bahan tumbuh-tumbuhan sebagai pengganti cara yang kedua, yaitu memakan serangga dan larva serangga pemakan tumbuh-tumbuhan. Ini berangkali merupakan langkah terakhir dalam evolusi vertebrata untuk kehidupan di lingkungan daratan yang memungkinkan mereka mencapai ukuran besar dan hidup di tempat di mana tumbuh-tumbuhan banyak terdapat. Semua cara adaptasi yang berbeda ini menyebabkan -

kan perkembangan reptil dengan berbagai bentuk. Pada periode Permian dapat dilihat dengan nyata, tidak lebih dari 7 ordo reptil, yang masing-masing dengan bentuk tubuh dan ekologi yang berbeda-beda. Penyebaran ini terjadi begitu cepat, sehingga kita tidak dapat melihat secara detail bagaimana kelompok-kelompok reptil yang berbeda-beda itu berkembang dari reptil yang pertama. Ada 3 kelompok besar reptil daratan :

1. Eosuchian, adalah nenek moyang kadal, ular dan tuatara dari New Zealand atau sphenodon. Eosuchian dan turunannya hanya tinggal sedikit saja dan kita tidak mempunyai catatan fosil yang baik dari evolusi mereka sampai pada periode Triassic.
2. Thecodont, hewan yang lebih besar, lebih aktif sebagai predator pada zaman Triassic, dan dari mereka berasal Dinosaurus, buaya dan burung. Hewan ini paling besar dan sangat berlebihan, hidup pada zaman Permian.
3. Pelycosaurus yang kemudian berkembang menjadi reptil serupa mammalia. Ada 4 golongan reptil air, tetapi sampai sekarang belum diketahui bagaimana mereka berkembang. Mesosaurus adalah kelompok pertama yang berat kepada kehidupan di air, yang memakan ikan-ikan kecil.

Ichthyosaurus dan plesiosaurus yang telah punah dan ternyata masih hidup, telah meninggalkan sedikit petunjuk tentang asal usul mereka. Hanya Mesosaurus yang penting, karena mereka tampaknya telah menjadi pemakan ikan air tawar, setelah fosilnya diketahui di Afrika Selatan dan Amerika Selatan. Fakta ini telah digunakan untuk membantu menguatkan dugaan bahwa kedua benua ini ada hubungan erat pada akhir zaman Paleozoicum, yaitu sebagai bagian dari benua besar Gondwanaland. Akhirnya ada suatu kelompok reptil lain pada zaman Permian yang merupakan vertebrata darat pertama sebagai pemakan tanaman. Ia mempunyai tubuh yang berat dan gigi penggiling yang datar untuk menggiling bahan-bahan tumbuhan yang kasar. Evolusinya dari reptil paling awal, belum dapat ditelusuri dari catatan fosil.

3. PELYCOSAURUS

Pelycosaurus adalah hewan seperti romediodon, tetapi mereka berkembang menjadi hewan berukuran besar diduga mereka telah memecahkan beberapa masalah yang meyangkut dengan makanan, reproduksi dan termoregulasi. Reptil Permian yang besar, selain sebagai herbivora yang hidup dari tumbuh-tumbuhan juga mereka sebagai carnivora yang hidup dari reptil dan amfibia. Herbivora yang besar seperti Edaphosaurus, panjangnya menca-

pai 11 kaki sampai ekornya, dengan tubuh berbentuk tong dan ditaksir beratnya sama dengan berat seekor sapi kecil.

Garis evolusi yang lain adalah Pelycosaurus, yang menjadi besar dan sebagai Carnivora yang kuat. Beberapa giginya menjadi besar sebagai alat pegang dan panjang maksimum 11 kaki. Hewan tersebut ialah pelycosaurus seperti Dimetrodon, yaitu hewan yang dominan di darat pada zaman Early Permian. Gigi carnivora ini memperlihatkan suatu tingkat adaptasi yang tinggi untuk berbagai fungsi yang berbeda walaupun dalam bentuk masih sederhana, seperti gigi untuk pemotong, taring dan geraham pada mammalia.

Edaphosaurus dan Dimetrodon berkembang lebih luas mengarah pada pembentukan duri-duri vertebrata yang menonjol keluar sepanjang punggungnya. Karena diliputi oleh kulit, maka duri ini merupakan alat pendukung suatu layar yang besar. Kemungkinan layar ini sebagai alat untuk pengaturan suhu yang ekstrim di daerah terbuka. Kedua hewan ini begitu besar untuk dapat bersembunyi dengan sempurna dari pengaruh panas dan dingin. Mereka barangkali menggunakan layar itu untuk berjemur pada matahari pagi dan sore dan memancarkan panas selama tengah hari dengan menghadapkan pinggir layar ke arah matahari. Pada malam hari mereka sanggup menyetop pengiriman darah ke layar, dan dengan demikian menahan panas dalam tu

buh selama waktu-waktu dingin. Dalam hal ini mereka sudah sanggup untuk memelihara suhu tubuhnya dalam batas-batas tertentu di mana sistem enzim dapat mengatur efisiensi maksimum; pada *Dimetrodon* bagi kehidupan aktif sebagai predator dan pada *Edaphosaurus* untuk mencernakan sejumlah besar tumbuh-tumbuhan. Naiknya suhu tubuh sampai pada nilai konstan yang lebih tinggi dari lingkungan akan memungkinkan proses metabolisme tubuh lebih dipercepat istimewa untuk pencernaan, yang menguntungkan bagi kedua hewan ini.

4. REPTIL SEPERTI MAMMALIA ATAU THERAPSID

Pada akhir masa Permian, *Pelycosaurus* telah digantikan secara luas oleh hewan berikutnya, yaitu Therapsid. Mereka berkembang dari *Pelycosaurus* yang bersifat karnivora, tetapi segera menjadi herbivora. Semua therapsid mempunyai karakter tertentu sehingga mereka disebut: mamalia-like (seperti mammalia) dalam banyak hal. Seperti *Pelycosaurus* yang bersifat Carnivora, mereka mempunyai gigi yang telah berdiferensiasi dengan baik karena adanya taring yang nyata, gigi pemotong dan gigi geraham di bagian pipi. Adanya palatum (langit-langit) sekunder yang berguna untuk lalu lintas pernafasan melalui rongga mulut, pengunyah; memungkinkan therapsid dapat bernafas sambil mengunyah, sesuatu pekerjaan yang pada kebanyakan reptil tidak bisa dilakukan. Adaptasi baru ini

sangat penting, karena berfaedah sebelum anak hewan ini mulai berkembang. Dengan meneliti folikel rambut pada kumis yang ditemui dibagian moncongnya, disimpulkan bahwa ditemui sedikit pertumbuhan seperti rambut, yang juga meluas pada bagian kulit tubuh. Rahang bawah therapsid ini didominir oleh sebuah tulang, yang disebut tulang gigi, namun belum mencapai kesempurnaan seperti mammalia, di mana dari tulang gigi itu sendiri terbentuk rahang bawah dan tulang lain berubah bentuk menjadi tulang telinga tengah mammalia.

Sisa dari rangka hewan ini memperlihatkan beberapa perubahan. Therapsid mengarah pada bentuk tubuh seperti batang atau tongkat, dengan ekor yang pendek yang dapat menolong mereka dalam mengatur panas. Anggota tubuhnya mempunyai letak yang masih menyebar seperti pada kadal dan rangkanya berbentuk agak ringan dan ini adalah sebagai alasan mengapa therapsid itu tangkas.

Dengan adanya berbagai ragam dari hewan-hewan daratan zaman Permian, memungkinkan orang dapat melukiskan kembali kehidupan zaman Permian itu. Organisme telah ada jauh sebelum adanya ekosistem paya (rawa) sederhana pada zaman Mississippi dan Pennsylvania yang mengambil bagian dalam ekosistem daratan yang kompleks.

Everett C. Olson dari Universitas California, Los Angeles, telah memperkenalkan 4 ekosistem yang berbeda dari timbunan zaman Early Permian di Texas :

1. Dalam arus delta dan danau, hewan-hewan didominasi oleh ikan dan amfibia : hiu, rhipidistian, ikan berparu-paru dan ikan bertulang biasa dan amfibia air.
2. Dalam paya terdapat ikan berparu-paru dan amfibia, yang kebanyakan adalah amfibia darat.
3. Di daerah-daerah tumbuh-tumbuhan daratan rendah yang suka hidup adalah reptil besar pemakan tanaman seperti Dimetrodon. Di luar paya mereka menggunakan layar untuk membantu pengaturan suhu.
4. Lebih jauh dari paya, ditemui reptil kecil dan besar yang menggunakan suatu rantai makanan yang bergantung pada adanya arthropoda yang memakan tumbuh-tumbuhan dan selanjutnya mereka sebagai makanan bagi hewan-hewan yang lebih besar.

Pada daerah-daerah Later Permian di Amerika Serikat dan Uni Sovyet, therapsid menggantikan pelycosaurus dalam komunitas daratan. Karena itu pada akhir zaman Permian, hewan daratan yang dominan adalah therapsid, berupa reptil seperti mammalia. Mereka menempati daerah - daerah ekologi dengan ukuran tubuh yang kecil dengan memakan bahan-bahan makanan, termasuk makanan insectivora sampai carnivora dan herbivora dan stadium ini kelihatannya sudah diatur untuk muncul nanti dalam bentuk mammalia yang sebenarnya sebagai hewan yang dominan penuh di permukaan bumi. Sesungguhnya telah terjadi vertebrata dunia pada zaman Triassic, tetapi dengan cara perlahan-lahan dan kompleks.

6. RINGKASAN

Reptil adalah vertebrata pertama yang beradaptasi penuh untuk dapat hidup di darat. Mereka mempunyai telur yang terbungkus, di mana di dalamnya embryo dapat berkembang dan hidup seperti dalam ruangan kapsul kapal, yang terlindung dari kekeringan, dengan suplainakan, oksigen dan fasilitas pemeliharaan.

Kelihatannya reptil yang pertama lebih kecil dari nenek moyangnya, yaitu amfibia. Ini adalah suatu alasan mengapa mereka lebih dapat beradaptasi dengan baik untuk memburu serangga kecil di dasar hutan pinggiran sungai pada zaman Paleozoicum. Reptil kecil itu dengan cepat berevolusi menjadi hewan-hewan yang sangat bervariasi, yang juga termasuk nenek moyang reptil berenang reptil terbang, reptil yang masih hidup sekarang, dinosaurus, burung-burung dan mammalia.

Pada akhir periode Permian terjadi perkembangan yang sempurna dan menyesuaikan diri sebagai hewan yang berjalan di daratan dengan keseimbangan ekologi di lingkungan hidup dari pinggiran sungai ke tempat atau daratan yang lebih kering.

X. EVOLUSI DAN BIOLOGI DINOSAURUS

1. REVOLUSI PERMO-TRIASSIC

Beberapa pendapat tentang dominasi reptil seperti mammalia di daratan dapat digunakan untuk menghitung variasi perbedaan vertebrata yang diketahui pada zaman Late Permian. Reptil seperti mammalia ini berjumlah 170 genera sampai saat ini, sedangkan reptil yang lain semuanya mencapai 15 genera. Namun kemungkinan untuk kegagalan dalam pencatatan fosil untuk hewan-hewan kecil atau juga semangat kerja untuk menyelidiki reptil seperti mammalia ini adalah suatu pengecualian yang mungkin dipikirkan juga. Masih pada akhir zaman Triassic, kira-kira 50 juta tahun yang lalu, keadaan ini hampir saja terbalik. Reptil seperti mammalia dan mammalia berjumlah 17 genera, di samping ada 18 genera reptil lain Pamela Robinson dari Universitas London telah mencatat bahwa jumlah tersebut tidak mudah untuk dibuktikan karena ia terjadi pada permukaan bumi yang luas ini yang bergantung pada lingkungan atau daerah geografi dari kelompok reptil baru yang mengisi niche ekologi dari insectivora, carnivora dan herbivora, di mana hewan-hewan seperti mammalia juga hidup di sana. Triassic adalah masa di mana semua reptil tipe moderen berkembang. Tiga kelompok besar reptil yang hidup di laut, yaitu Ichthysaurus, plesiosaurus dan kura-kura muncul, yang menjadi nenek moyang dari kadal, buaya dan dinosaurus.

Reptil adalah vertebrata udara yang pertama berkembang. Mammalia berkembang dari reptil serupa mammalia. Revolusi ini lebih banyak bertahap dari pada sekonyong-konyong tetapi ia menghasilkan suatu reorganisasi yang komplis dari hewan vertebrata bumi. Di antara yang musnah kebanyakan adalah amfibia dan reptil pertama. Dua faktor penting yang mempengaruhi dalam menentukan revolusi ini :

Pertama : iklim dan fisiologis

Kedua : struktur/anatomi

Keduanya barangkali membetulkan dan bekerja memberikan perubahan yang besar pada hewan.

Faktor iklim dan fisiologis menentukan bahwa terdapat keadaan paleocolimatic yang berbeda pada masa Permian dan Triassic. Pada zaman itu benua-benua di dunia dihimpun bersama dalam bentuk V besar, di sebelah Timur dengan Laurasia dan Gondwanaland, di Utara dan Selatan suatu teluk ekuator yang besar yang disebut :Tethys. Laurasia dan Gondwanaland berhubungan di ujung sebelah Barat, sehingga Tethys tertutup habis di bagian Barat. Pada bab VI kita lihat bahwa laut menggenangi seluruh benua pada akhir zaman Permian. Pamela Robinson mencatat bahwa untuk sebagian besar zaman Permian keadaan iklim relatif lunak sedangkan pada zaman Triassic agak keras dengan perubahan musim yang nyata yang tiap tahun memberikan keadaan-keadaan panas dan dingin

dan juga kering pada tanah benua yang besar itu. Dia berpendapat bahwa reptil kadal, fisiologis lebih baik beradaptasi dengan hidup dalam keadaan panas dan kering dari zaman Triassic karena kondisi yang lebih lunak dan lembab dari Permian lebih disenangi oleh reptil seperti mammalia. Ini dapat ditentukan dengan seksesi beberapa reptil zaman Triassic. Sebagai contoh rhynchocephalia sebagai kelompok hewan suksesi dari reptil zaman Triassic, walaupun ada satu species yang masih hidup sekarang ini yaitu Sphenodon di New Zealand. Beberapa jenis kadal sekarang ini masih banyak. Tetapi kita telah melihat bahwa pelycosaurus dan reptil seperti mammalia mempunyai beberapa perubahan (modifikasi) dalam termoregulasi. Ini juga akan membantu mereka dalam suksesi, tetapi mereka sendiri tidak bisa demikian. Dengan demikian faktor iklim dan fisiologis tidak dapat digunakan sebagai bukti menyeluruh dalam suksesi bentuk-bentuk reptil. Istimewa lagi ia tidak dapat menerangkan pemunculan tiba-tiba dan suksesi dari reptil yang berenang di laut seperti ichthyosaurus, plesiosaurus, dan kura-kura.

Robert Bakker dari Universitas Harvard berpendapat bahwa suatu pembaharuan struktural pada satu garis adalah perlengkapan alat-alat tubuh selama masa suksesi. Lagi pula ini tidaklah merupakan suatu keterangan yang menyeluruh karena ini hanya betul-betul untuk satu kelompok reptil saja. Bakker menetapkan bahwa reptil se-

perti mammalia semuanya mempunyai anggota yang "menyebar", seperti kadal yang masih ada. Tulang anggota atasnya mengarah ke samping dari tubuhnya dengan bentuk yang kelihatan agak aneh. Sedikit saja di antara hewan yang masih hidup di mana bentuk anggotanya selalu berhubungan dengan penyesuaian suhu tubuh yang rendah, metabolisme yang cocok dan cara hidup yang berubah secara lambat. Di antara hewan-hewan yang hidup apakah mereka mammalia, burung-burung atau reptil, terdapat anggota yang lebih "berdiri", lebih aktif, tangkas dan energetik.

2. THEOCODANT

Thecodont adalah suatu kelompok baru dari reptil berkembang dalam masa Early Triassic. Pada mulanya mereka sebagai hewan carnivora yang bertubuh kuat, kira-kira sama besarnya dengan reptil seperti mammalia, dengan anggota yang lemah. Namun demikian, satu kelompok Thecodont mempunyai rangka yang lebih kecil dan akhirnya sebagian menjadi hewan berkaki dua (bipedal). Mereka berjalan dengan 4 kaki. Bila berlari cepat mereka biasa hanya menggunakan 2 kaki belakang yang lebih panjang dan lebih kuat dari kaki muka.

Kelompok ini ialah Euparkeria, yang panjangnya kira-kira 3 kaki, tubuh sangat tangkas, dengan ekor yang

panjang dan kuat untuk mengimbangi tubuh waktu berlari. Ia mempunyai bagian yang korak yang kuat, panjang, dengan banyak gigi yang tajam, sehingga merupakan predator yang betul-betul cepat larinya, yang sanggup menangkap dan membunuh hewan-hewan kecil.

Beberapa thecodont yang terakhir memperlihatkan perubahan besar dari bentuk-bentuk tubuh permulaan. *Saltoposuchus* adalah hewan yang lebih panjang dan lebih besar, mempunyai kaki belakang yang lebih panjang dan anggota mereka yang kecil dan lemah. Sering berjalan dan berlari mempergunakan 2 kaki. Yang paling penting, anggota muka terletak lebih banyak langsung di bawah tubuh, sehingga kaki itu tergantung lurus waktu berlari. Ini mempunyai 2 efek besar :

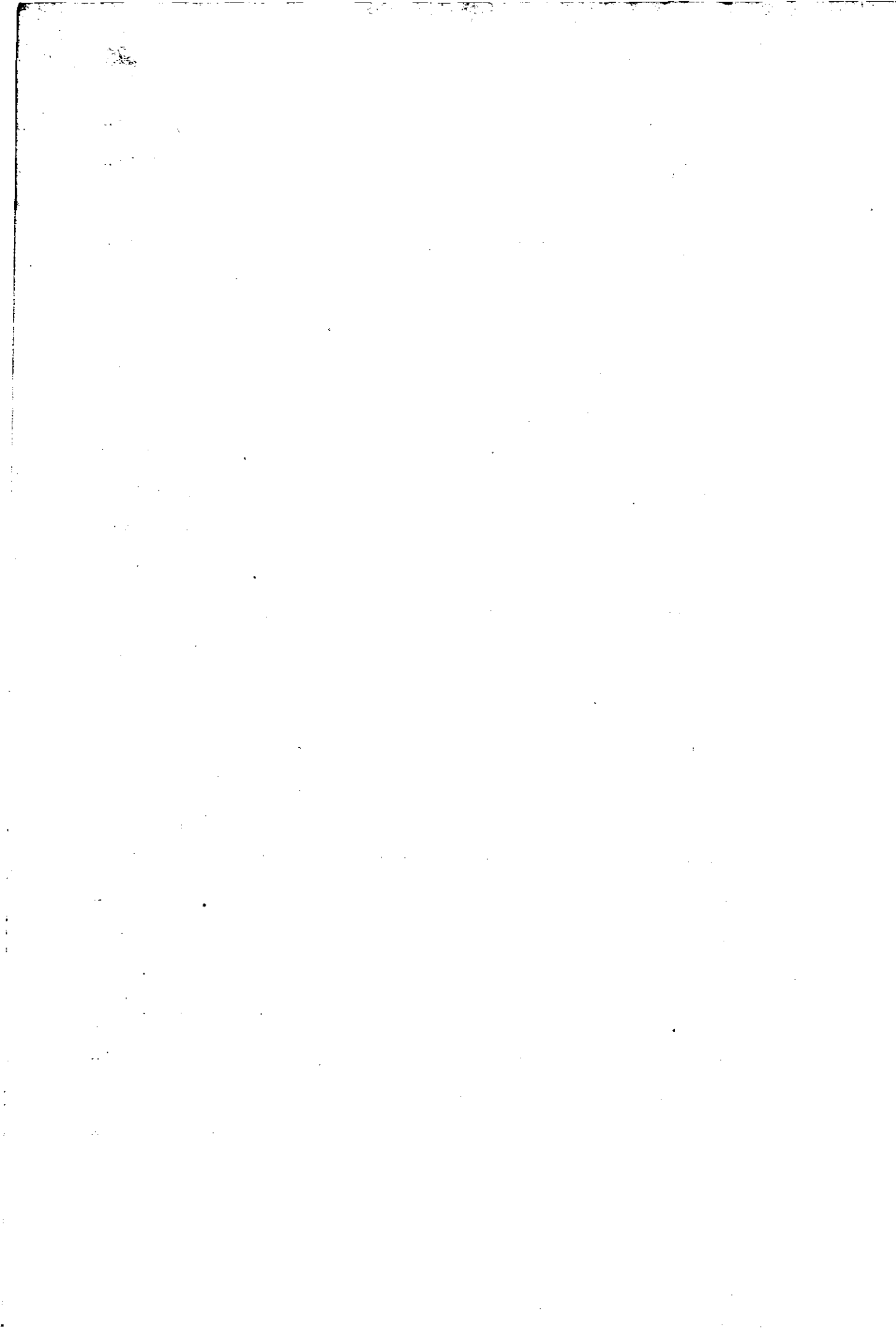
1. Sebagai dorongan mekanik untuk berlari cepat
2. Berlari atau berjalan menelusuri celah-celah yang sempit

Barangkali beberapa thecodont yang muda dan kecil memburu melalui celah-celah yang sempit untuk mencari serangga, seperti bunglon moderen, memerlukan alat tambahan berupa anggota baru. Pada hewan moderen dengan anggota yang lebih "tegak" menunjukkan ketangkasan, kecepatan, suhu dan energi yang lebih besar. Biawak daerah tropik misalnya, mempunyai anggota yang separoh berdiri dan sebagai predator yang aktif, menyenangi suhu 37°C , sama halnya dengan kebanyakan mammalia. Theoco

dont Triassic kenyataannya sama betul ukurannya, proporsi, dan anggotanya dengan biawak dan barangkali lebih aktif, karena mereka mempunyai kaki yang lebih panjang. Dengan demikian thecodont berkembang dengan cara hidup yang lebih dinamis dari pada reptil serupa mamalia, yang masih lamban dan lemah.

Cara hidup yang aktif dengan kesukaan pada suhu tubuh yang tinggi, memerlukan lebih banyak tenaga tetapi kadang-kadang terlalu banyak digunakan. Pada zaman Triassic, thecodont lebih cepat menggunakan energi ke hidupan dengan aktif dari pada reptil seperti mamalia dan tidak ada kompetisi di antara mereka. Penggantian reptil serupa mamalia oleh reptil lain, tidaklah merupakan bencana, walaupun dalam waktu lebih dari berjuta-juta tahun.

Beberapa reptil seperti mamalia, hidup dengan pemunculan ke arah mamalia sebenarnya, tetapi mereka adalah bagian yang utama pada zaman Late Triassic, yang mirip sebagai mamalia primitif, yang hidup di antara hewan-hewan yang maju di atas permukaan bumi. Pada mulanya vertebrata darat yang aktif dan dominan setelah zaman Triassic adalah Thecodont dan turunannya Dinosaur. Orang dapat memperoleh bukti-bukti yang lebih nyata tentang biologi dari thecodont, karena mereka hidup mirip buaya dan aligator yang sebenarnya muncul pada permukaan zaman Jurassic dan berasal dari thecodont



Buaya yang pertama barangkali adalah penghuni daratan dengan kaki yang kuat dan kaku. Akhirnya buaya beradaptasi sangat baik dengan kehidupan di air dan telah mengalami perubahan yang penting pada langit-langit (palatum), sehingga lobang hidungnya terletak di ujung sekali dari moncongnya, menjadi terpisah secara sempurna dari rongga mulut. Mereka kemudian dapat menggigit dan mengunyah dalam air. Yang penting di sini adalah bahwa kita dapat memperhatikan kehidupan buaya dalam usaha untuk mengerti biologi thecodont.

Dalam kehidupannya, buaya mempunyai suatu sistem sirkulasi yang kompleks dengan jantung dan paru-paru yang telah bermodifikasi secara baik dibandingkan dengan reptil. Mereka mempunyai 2 cara untuk bergerak di darat yaitu : merayap secara lambat dengan kaki yang menyebar, berlari lebih cepat dengan ke 4 kaki yang mendekati vertikal. Seorang ahli dengan nyata telah melihat seekor alligator yang berkaki 8 berlari dengan 2 kaki saja sejauh 30 yard. Suatu kemungkinan yang lebih nyata, bahwa sesuatu yang penting dari buaya ialah telah mewarisi nenek moyang thecodont yang lebih aktif dari turunannya yang sangat malas. Anggota yang seporoh tegak dan tingkat aktifitas yang tinggi dari thecodont memungkinkan mereka tidak bersaing dengan reptil seperti mammalia pada zaman Triassic, karena itu sebagian dapat diterangkan suksesi secara relatif dan

reptil zaman Triassic. Pendapat Robert Bakker tentang hal ini kelihatannya sangat menarik, justru kita ingat bahwa dari mereka tidak dapat diterangkan suksesi semua kelompok reptil di zaman Triassic.

2. MASALAH BIOLOGI DINOSAURUS

Tidak pernah ada sesuatu seperti dinosaurus. Mereka adalah hewan darat yang paling besar. Gajah yang beratnya 6 ton hanyalah kira-kira seperlima berat seekor dinosaurus yang besar dan buaya yang paling dekat dengan dinosaurus beratnya hanya kurang lebih 1 ton. Beberapa dinosaurus panjangnya mendekati kira-kira 100 kaki, sedangkan ular yang paling panjang hanya kira-kira 30 kaki. Semua ini berarti bahwa seorang ahli paleontologi tidak memperoleh seekor hewan pembanding, untuk mencoba mengerti biologi dinosaurus. Pada saat ini kebanyakan rekonstruksi dinosaurus adalah berdasarkan pada perbandingan dengan reptil, seperti kadal di mana dinosaurus biasanya direkonstruksi dengan anggota menyebar, dan dikira sebagai hewan yang berdarah dingin (cold blooded), sehingga mereka tidak bisa mempertahankan suhu tubuhnya. Tengkoraknya kecil sekali dibandingkan dengan ukuran tubuhnya, sehingga terdapat suatu kesan yang umum seperti ditemui dalam banyak buku-buku yang populer, bahwa dinosaurus adalah hewan yang lamban, aneh, malas, dan bodoh. Di pihak lain, mammalia

adalah ditandai sebagai hewan yang otaknya mempunyai aktifitas dan inteligensia.

Kenyataannya, bahwa dapat diperkirakan pada suatu saat dinosaurus ini akan punah karena mammalia segera mencuri semua telurnya. Tetapi pasti ada sesuatu kekeliruan dengan masalah ini, karena nyatanya dinosaurus, berkuasa di bumi lebih dari 100 juta tahun. Selama masa ini tidak ada mammalia yang lebih besar dari seekor kucing, seperti misalnya kadal yang lebih besar.

Suatu kenyataan tidak ada dinosaurus dewasa yang lebih kecil dari 3 kaki panjangnya dan 30 pon beratnya. Tetapi segera setelah dinosaurus punah, mammalia berkembang menjadi hewan berukuran besar, bervariasi dan sangat banyak. Ini adalah suatu fakta dan tidak sesuai dengan pendapat, bahwa dinosaurus adalah lamban dan bodoh; dan jelaslah bahwa dinosaurus adalah hewan yang cara biologis adalah sangat sukses, dan mammalia terikat dengan cara hidup dengan ukuran tubuh yang kecil selama 120 juta tahun.

3. EVOLUSI DINOSAURUS

Thecodont Triassic berkembang ke dalam 4 kelompok besar reptil. Pertama, buaya; seperti yang telah disebutkan. Mereka adalah thecodont yang lebih berat yang memungkinkan beradaptasi secara luas dengan kehidupan di air. Kedua, reptil terbang; akan dibicarakan

kemudian. Ketiga dan keempat, adalah saurischian dan ornithischian. Nenek moyang mereka adalah thecodont. Kedua hewan ini hidup sukses menggantikan hewan-hewan lain, dan masing-masing hewan ini mempunyai banyak cara hidup yang berbeda-beda. Perbedaan yang besar di antara mereka adalah dalam struktur panggul dan ini berhubungan dengan perbedaan cara mengangkat kaki belakang sebagai hewan berjalan atau berlari.

Ornithischian dan saurischian mempunyai keluarga yaitu keluarga dua kaki dan keluarga empat kaki. Kedua kelompok hewan ini hidup pada zaman Late Triassic. Kedua kelompok ini masih sama dengan thecodont, di mana mereka adalah hewan yang bergerak cepat dengan rangka yang ringan, ekor yang panjang dan kuat untuk keseimbangan, dan sebagai penduduk Carnivora. Tetapi anggota adalah vertikal, yang mendukung tubuhnya dan mereka berjalan lebih tegak. Di sini mereka adalah hewan yang mempunyai gerak yang lebih baik dari pada thecodont.

Saurischian (Kadal Liar)

Saurischian dibagi atas kelompok : Theropoda dan Sauropods. Theropods mengikuti cara hidup thecodont. Suatu theropods yang pertama pada zaman Triassic di Amerika Utara mempunyai panjang 8 kaki dan agak kecil, seperti Deinonychus, yang mempunyai cakar yang besar. Dinosaurus adalah suatu hewan carnivora pelari cepat dan berkaki dua dengan cakar yang buas pada kaki depan dan

kaki belakang. Tapi mungkin bahwa cakar ini untuk yang jantan guna menimbulkan sensasi seksual dan menundukan lawan jenis dalam perkawinan.

Alasan yang kuat adalah bahwa cakar tersebut adalah untuk menyerang dan membunuh mangsa seperti pada kadal dan mammalia. Deinonychus dan kebanyakan theropods lain, mempunyai tengkorak, rahang dan gigi yang sebanding dengan ukuran tubuhnya. Beberapa theropods bentuknya seperti burung Ostrich dengan leher yang panjang kepala kecil, rahang lemah, tetapi mereka juga mempunyai tangan palsu pada anggota depan untuk memegang, misalnya pada Ornitholestes. Mereka bisa mempunyai ekologi agak menyerupai seekor ostrich moderen dengan memakan apa saja yang tersedia. Mereka tidak mempunyai gigi, namun tidak berarti mereka tidak dapat menjadi carnivora seperti halnya burung hantu.

Selain theropods pelari cepat yang relatif kecil ada pula kelompok theropods lain dengan ukuran tubuh besar dan kekuatan luar biasa yang masih mempunyai 2 kaki. Hewan ini adalah suatu dinosaurus raksasa, seperti Allosaurus dan Tyrannosaurus suatu carnivora darat yang paling besar dalam segala zaman. Tyrannosaurus beratnya sedikit lebih dari gajah yang paling besar, tetapi tingginya 20 kaki dan panjangnya kira-kira 40 kaki. Karena besarnya, theropods ini dapat diduga sebagai hewan pelari cepat dan mempunyai kekuatan memukul

yang meyakinkan untuk membunuh mangsa. Mereka mempunyai kepala yang besar, kuat, leher yang pendek dan kuat serta gigi-gigi yang runcing dan panjang. Dari bentuk rahangnya, diperkirakan bahwa makanan atau daging, ditelan dalam ukuran besar dan kemudian dikunyah dalam mulut. Buaya moderen adalah seperti ini, mereka mempunyai tembolok pengaduk yang berisi batu-batuan, dan makanan dihancurkan secara fisis/mekanis di sini.

Beberapa dinosaurus yang telah ditemui yang mempunyai "gastrolith" atau batu lambung, bila dihubungkan dengan rangkanya, maka ini adalah suatu kemungkinan gambaran yang serasi dari cara makannya. Theropods raksasa bisa bergantung kepada hewan-hewan besar sebagai makanannya, dan beberapa species mangsanya membentuk kelompok saurischian kedua, yaitu sauropods. Theropods sering sebagai carnivora penuh, maka sauropods adalah sebagai herbivora. Mereka mempunyai kepala yang agak kecil dengan gigi yang tumpul yang memungkinkan bahwa mereka sebagai pemakan tumbuh-tumbuhan.

Pada zaman Jurassic dan Cretaceous, sauropods berkembang menjadi hewan daratan yang paling besar yang pernah hidup. Rangkanya kokoh dan pada umumnya mempunyai anggota yang kuat, vertebrae, panggul, ekor dan leher yang panjang dengan kepala yang kecil. Semua sauropods mempunyai sikap dengan 4 kaki yang tetap, namun dalam berbagai variasi ada anggota belakang lebih pan-

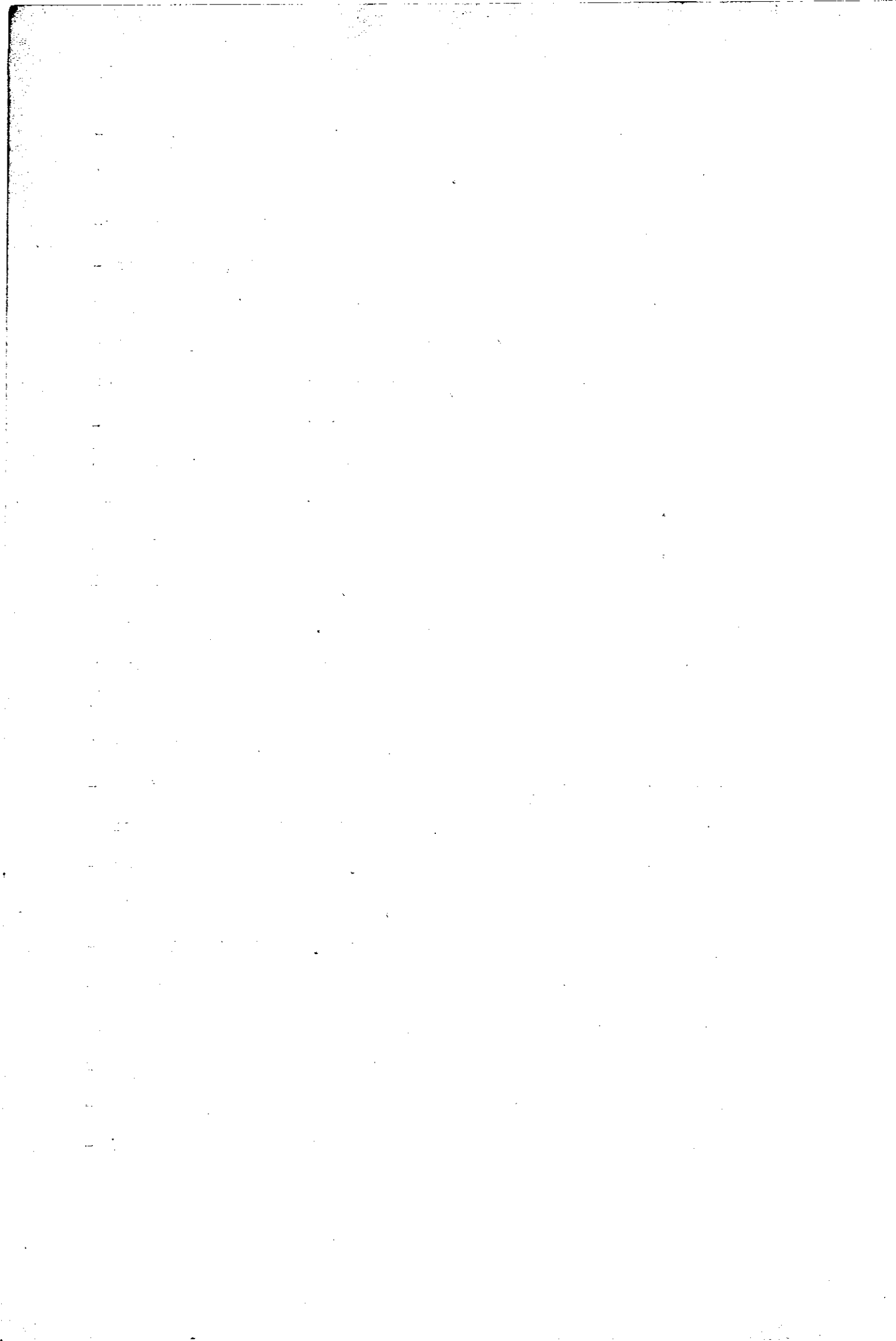
jang dari anggota depan. Ini bukanlah berarti hubungan yang putus antara anggota belakang dan anggota depan. Anggota belakang mempunyai fungsi mendukung alat pencernaan, panggul, vertebrae yang besar dengan ekor yang panjang. Anggota depan hanya berupa sangkar tulang rusuk, mendukung leher dan kepala yang lebih ringkas dan serasi bentuknya. Dinosaurius yang paling banyak dikenal adalah Sauropods. Brontosaurus adalah kira-kira 70 kaki panjangnya dan barangkali beratnya sekitar 30 ton Diplodocus adalah lebih ringan, tetapi mencapai panjang mendekati 90 kaki. Brachiosaurus adalah lebih tegak dan beratnya diperkirakan meliputi 50 ton.

Ornithischian (Burung Liar)

Kelompok dinosaurius yang nomor dua besarnya adalah ornithischian yang berkembang dari thecodont pertama pada masa Triassic, walaupun catatan fosilnya tidak baik. Burung ini adalah sebagai kelompok pertengahan di antara ornithischian kecil, di mana kelompok-kelompok burung ini berkembang dengan waktu yang berbeda-beda. Kelompok tengah dari ornithischian berada di antara kelompok-kelompok dinosaurius kecil yang lebih ringan dan tangkas seperti thecodont. Walaupun ornithischian tidak pernah mencapai ukuran sauropods, namun mereka sangat bervariasi dan merupakan kelompok yang sukses seperti dinosaurius pemakan tumbuh-tumbuhan yang menempati jangka waktu yang kecil dan pertengahan, selama ma-

sa Jurassic dan Cretaceous, dan hidup terus sampai akhir periode cretaceous.

Ornithischian yang pertama yang paling terkenal adalah Fabrosaurus pada zaman Late Triassic, yang beradaptasi dengan cara hidup omnivora berkaki dua yang tangkas, untuk mengimbangi rangka dan giginya. Tetapi pada zaman Early Jurassic, ornithischian mulai membentuk gambaran khusus dari rahang dan gigi, yang khusus untuk beradaptasi dengan kaki depan pemakan tumbuh-tumbuhan. Sebagai akibatnya adalah meliputi : rahang yang besar, adanya sebuah ruangan di sebelah luar gigi sebagai kantong pipi untuk menangkap, menyimpan dan mengunyah kembali bahan tumbuh-tumbuhan. Gigi mengasah sendiri permukannya dan permukaan yang luas ini berguna untuk menggiling secara efisien dan pengepakan makanan yang baik oleh sejumlah gigi. Karena adaptasi ini ornithischian menjadi herbivora darat yang dominan di dunia untuk 100 juta tahun, yang sifat ini sama seperti mammalia moderen pemakan rumput. Nampaknya dalam jangka waktu yang sangat panjang, sauropods sanggup hidup tanpa bersaing dengan ornithischian. Ornithischian kecil barangkali makan rumput pada semak dan belukar kecil seperti kijang moderen. Pada permulaan zaman Jurassic suatu kelompok ornithischian berkembang dengan ukuran tubuh yang lebih besar dan berkaki empat, lebih lambat dan lebih padat bentuknya, sering mempunyai peri-



sai Ipelindung. Ini adalah ankylosaurus yang mencapai panjang 20 kaki dan merupakan kelompok yang hidup sukses selama zaman Jurassic dan Cretaceous. Akhirnya kelompok yang kedua dari ornithischian yang berkembang dengan cara yang sama adalah : Stegosaurus. Panjangnya - mencapai 20 kaki dan dilindungi oleh dinding yang terletak meluas ke atas sepanjang tulang punggung. Kelompok berkaki dua yang lain adalah : Iguanodon. Kelihatannya seperti ornithischian sederhana, besar dan berat. Garis evolusi ini dimulai dari dinosaurus yang berparuh itik, yang aneh yaitu hadrosaurus. Dinosaur yang berkepala kubah yaitu pachycophalosaur, yang sederhana, sebagai ornithischian yang besar dengan sebuah tutup dari tulang yang berlobang-lobang pada puncak tengkorak.

Barangkali pada akhir zaman Cretaceous ornithischian berkembang menjadi dinosaurus bertanduk yang disebut : Ceratopsian. Mereka sangat menarik perhatian karena bentuknya mirip dengan rhinosaurus walaupun kebanyakan mereka adalah sama besarnya atau lebih besar dari rhinosaurus yang paling besar. Mereka mempunyai paruh seperti tanduk, sebuah atau beberapa buah menonjol kemuka dari tengkorak dan lipatan-lipatan yang besar seperti kerah baju, meluas di bagian belakang meliputi daerah leher. Ini adalah adaptasi yang penting untuk memotong tumbuh-tumbuhan dan untuk pertahanan. Li-

patan-lipatan itu juga berfungsi sebagai tumpuan otot-otot pengunyah yang kuat yang meliputi rahang. Triceratops adalah satu-satunya dinosaurus yang terdahulu dari Protoceratops. Protoceratops adalah yang terkenal karena adanya sarang untuk menjaga telur yang telah ditemui pada karang cretaceous di gurun Gobi, Mongolia.

4. MEREKONSTRUKSI BIOLOGI DINOSAURUS

Yang dibicarakan adalah dinosaurus. Apakah macam kehidupan yang telah ditempuhnya? Dalam hal makanan adalah sebagai pemakan tanaman dari semua ukuran. Tentulah ia membutuhkan sejumlah besar bahan-bahan tumbuh-tumbuhan. Istimewa gigi ornithischian beradaptasi dengan baik sebagai pemakan rumput dan pengunyah. Dalam banyak hal mereka juga mempunyai penggiling dari batu dalam temboloknya.

Gajah moderen dapat membinasakan pohon-pohon dan tumbuh-tumbuhan. Yang banyak sekali memusnahkan hutan-hutan dan pohon-pohon adalah karena pukulan dinosaurus yang 30 ton ini. Tanaman ini dijaga keseimbangan ekologinya dengan adanya predator dinosaurus dan therepods dalam semua ukuran. Therepods memperlihatkan tanda-tanda sebagai hewan yang tangkas, cepat, dengan kepala, leher, dan rahang yang kuat. Tetapi dengan berat 10 ton therepods yang besar ini menghadapi masalah untuk dapat membunuh herbivora yang beratnya 30 ton kecuali me

lengkapi diri dengan pertahanan yang efektif. Beberapa dinosaurus mempunyai alat pelindung dan sering berupa senjata yang kuat. Ankylosaurus, stegosaurus dan ceratopsaurus mempunyai perisai pada kepala dan sepanjang tulang punggung. Stegosaurus dan ankylosaurus mempunyai duri-duri atau tongkat ganda pada bagian ekornya yang kuat.

Barangkali semua dinosaurus yang herbivora menggunakan ekor sebagai senjata yang ampuh seperti dipakai oleh buaya moderen. Di antara hewan-hewan modern yang besar maka gajah yang tumbuh sempurna, badak, kuda nil, adalah praktis selamat dari carnivora, selama kesehatan mereka tetap baik. Carnivora seperti kucing besar, kawanan anjing-anjing dan hyena, lebih suka mengalihkan mangsanya yang lebih kecil, bayi atau anak-anak dari hewan-hewan besar. Tidak ada alasan untuk diragukan bahwa dinosaurus besar yang carnivora lebih menyukai mangsa herbivora muda (katakanlah itu di atas 3 atau 4 ton) yang mana mereka dapat dengan mudah mengatasi kekuatan mereka daripada melawan mangsa yang dewasa yang kuat dan berbahaya yang beratnya 30 ton. Ukuran dan berat yang hebat dari dinosaurus telah memberikan keterangan-keterangan tentang sebagian mereka istimewa sauropods yang tidak dapat mendukung tubuhnya sendiri di atas tanah dan mereka harus mempunyai cara hidup di air atau dalam rawa-rawa. Ini mungkin suatu

kekeliruan sebagai dasar dari pendapat bahwa anggota sauropods adalah "menyebar" dengan tulang kaki menjol ke samping dari tubuhnya. Terutama sauropods yang anggotanya tidak dapat mendukung berat tubuhnya sendiri untuk waktu yang lama karena tubuh itu memberikan tekanan sebesar 30 ton terus-menerus. Masih menjadi suatu pemikiran dalam hal dinosaurus yang telah banyak di rekontruksi di museum-museum, diorama, ataupun dalam buku-buku.

Dinosaurus nyatanya telah direkontruksi dengan meniru gajah moderen dan badak yang mempunyai anggota tegak. Tidak ada persoalan untuk menduga bahwa sauropods dapat didukung oleh anggota-anggotanya yang tegak ditengah kering. Kenyataannya mereka dapat hidup di tanah kering atau berendam dalam lumpur. Suatu penelitian oleh Robert Bakker memperlihatkan bahwa mereka mempunyai kaki seperti gajah, anggota-anggota yang serasi, persendian dan sangkar tulang rusuk. Ada indikasi bahwa ekologi sauropods meliputi habitat hutan terbuka seperti gajah di daerah savanna. Pendapat-pendapat lain tentang sauropods penghuni rawa tidaklah berlaku karena kita telah melihat bahwa gigi mereka dilengkapi oleh batu-batu tembok dan ini adalah suatu kemungkinan bahwa predator therepods dapat berenang dengan baik. Karena itu rawa tidaklah sebagai tempat berlindung. Leher panjang pada sauropods telah sebanding dengan lobang

hidung yang berguna untuk bernafas sambil berenang. Ini adalah tidak mungkin karena sangkar tulang rusuk tidak dapat bekerja bila tekanan mencapai 30 kaki di bawah permukaan air (tanyakanlah pada para penyelam). Robert Bakker menekankan bahwa bila sauropods direkonstruksi dalam sikap yang teliti dengan anggota-anggota tegak, dalam lingkungan hidup sesuai, di hutan terbuka, leher yang panjang merupakan adaptasi yang ideal untuk makan daun-daun pada cabang-cabang pohon yang tinggi.

Gajah menggunakan belalai dan gading, jerapah menggundang leher yang panjang untuk maksud yang sama. Hanya dinosaurus berparuh bebek yang mungkin hidup di air. Sementara itu John Ostrom dari Universitas Yale mengatakan bahwa adalah suatu yang mustahil untuk mempercayai paruh bebek sebagai adaptasi untuk hidup di air dan dia percaya bahwa dinosaurus adalah penghuni lingkungan darat seperti Ostrich raksasa.

Robert Bakker menerangkan lebih jauh tentang Dinosaur. Anggota-anggota yang tegak seperti yang kita lihat ada hubungannya dengan vertebrata moderen yaitu level suhu tubuh menjadi tinggi waktu kegiatan meningkat. Bakker berpendapat bahwa dinosaurus adalah berdarah panas dan merupakan hewan yang aktif dibandingkan dengan reptil. Besar tubuhnya membuat keheranan karena ukuran tubuh yang besar itu akan memerlukan variasi suhu tubuh sehingga memerlukan berjemur cukup lama dan ke

mudian mendinginkan tubuh dengan segera. Bila tingkat metabolismenya cukup tinggi mereka akan mempunyai darah yang panas karena tidak ada sistem kontrol suhu yang baik seperti pada mammalia moderen. Kenyataan ini memang mungkin bahwa dinosaurus mempunyai suhu yang dingin yang tidak sesuai dengan panas yang dibutuhkannya. Melalui pembicaraannya Bakker juga menyatakan keheranannya. Ini terlihat pada tulisan-tulisan di Museum Senckenberg of Frankfurt, Jerman yang memperlihatkan bagaimana kemungkinan gerak hewan iquaerodon untuk berubah menjadi seekor pelari cepat dan akhirnya menjadi hewan berkaki dua, berkembang maju dan menggunakan ekor sebagai perimbangan berat tubuh.

Dari kesanggupannya secara mekanis terlihat bahwa hal itu adalah suatu keheranan yang penting bagi iquaerodon untuk melakukan gerak menjepit. Ini adalah sungguh suatu dugaan bahwa beberapa dinosaurus telah mempunyai ekologi sosial yang berkembang luas. Tipe tanduk yang banyak dan bentuk lipatan kulit tubuhnya dapat diduga bahwa mereka mempunyai ciri sosial yang khas dalam suatu species sehingga merupakan variasi yang aneh, karena adanya tanduk dan cabang tanduk yang telah berkembang dalam kehidupan antelope dan rusa yang mereka perlihatkan dalam musim kawin. Kepala yang berbentuk kubah dari dinosaurus mempunyai "songkok kepala" dari tulang yang mempunyai ruang udara di dalamnya.

Peter Galton berpendapat bahwa mereka berkembang karena alasan yang sama. Pada domba dan kambing kepala bentuk kubah itu berguna untuk melindungi otak jika ada mangsa yang jantan selama musim kawin. Tengkorak seperti ini adalah berguna hanya dalam keadaan di mana kepala tertumbuk oleh benda keras seperti kepala hewan lain. Adalah sulit untuk dipikirkan tentang pendapat Galton, bagaimana kalau adu kepala itu terjadi di antara dinosaurus jantan dengan berat badan berton-ton itu. Pendapat tentang suhu tubuh dan tingkat aktifitas yang tinggi dapat membantu menerangkan gambaran biologi yang dapat melahirkan pendapat baru. Dinosaurius tidak mempunyai penahan panas, seperti diketahui ini hanya ditemui pada kulit pelindung.

Hewan yang sangat kecil yang berdarah panas membutuhkan penahan panas, karena mereka bila kelindungan panas sangat cepat mati kedinginan, Karena itu burung dinosaurus muda atau kecil akan tampil dengan masalah kekurangan panas bila mereka benar-benar berdarah dingin

Mita mengetahui bahwa tidak ada dinosaurus yang beratnya kurang dari 20 pon waktu dewasa dan telurnya lebih besar dibandingkan dengan ukuran tubuhnya sehingga penetasan telur juga mempunyai masalah kehilangan panas yang hebat. Dinosaurius yang besar membutuhkan bulu badak dan gajah praktis tidak punya setelah dewasa. Yang jelas pada dinosaurus, reptil seperti mammalia dan mam

mammalia pertama, mempunyai anggota yang menyebar (melata) Pada monotremata, hewan platypus berparuh bebek dan tenggiling, anggotanya menyebar. Suhu tubuhnya diatur, khususnya dalam hal kehilangan panas. Panasnya sekitar 28°C sampai 30°C . Mammalia kelihatannya hidup dengan anggota yang tegak sampai pada zaman Cretaceous. Semua mammalia Jurassic telah dikenal mempunyai anggota yang menyebar. Semua ini memberikan gambar yang jelas bahwa mammalia Mesozoicum adalah kecil, pengaturan suhu yang kurang dan tingkat aktivitas yang rendah. Kebanyakan mammalia primitif adalah hidup malam hari dan secara keseluruhan terlihat sebagai turunan makhluk malam. Mendengar, membau dan merasa (oleh jambang) adalah indera malam yang berkembang baik dibandingkan dengan reptil. Mammalia mempunyai rambut penahan panas.

Dengan alasan di atas, mammalia Mesozoicum adalah hewan malam. Mereka mengalami kesulitan untuk berkompetisi dengan dinosaurus. Dalam zaman Mesozoicum terlihat bahwa dia adalah mammalia berdarah dingin, melata, dan lebih rendah, sedangkan dinosaurus adalah aktif, berdarah panas, dan dominan. Pada waktu itu reptil adalah sebagai penghuni sementara, dan mammalia telah menggantikannya secara sempurna. Sekarang ada pula suatu pendapat tentang biologi dinosaurus oleh Sir Arthur Conan Doyle dalam film-film horror, dan buku-buku komik. Namun telah disalahkan secara besar-besaran. Yang jelas ahli-

ahli ilmu pengetahuan tidak menetapkan bukti baru tentang biologi dinosaurus dan seperti fasal-fasal terdahulu, api perdebatan terlalu dihembus-hembuskan sampai beberapa tahun mendatang. Masalah yang penting dari biologi dinosaurus adalah dalam menentukan kepunahannya pada akhir zaman cretaceous. Ini akan dibicarakan setelah kita melihat biologi dunia selama zaman Messozoicum.

6. RINGKASAN

Reptil seperti mammalia adalah hewan yang dominan, di darat. Tetapi pada zaman Triassic, reptil lain seperti thecodont juga berkembang dengan anggota yang semi erect (separoh tegak) yang membuat mereka lebih bebas bergerak dan aktif daripada reptil mammalia. Dinosaurus diturunkan dari thecodont yang mempunyai anggota tegak sempurna. Mereka adalah hewan yang aktif, berdarah panas, mendominir semua lingkungan hidup di darat dan mencapai ukuran sangat besar. Pada saat itu mammalia dan separoh menyebar. Mereka kurang aktif dan mungkin merupakan makhluk malam.

XI. EVOLUSI HEWAN TERBANG

1. HEWAN TERBANG PERTAMA

Organisme darat pertama dan organisme udara pertama adalah tumbuh-tumbuhan. Karena reproduksi tumbuh-tumbuhan yang menyesuaikan diri dengan kehidupan di udara maka spora berkembang di tempat kering, mempunyai penutup yang tahan air, yang sebelumnya dengan lingkungan lumpur, seperti pada ganggang laut. Spora kering dapat disebarkan oleh angin. Pada zaman Devonian spora tumbuh-tumbuhan berjumlah besar, dan penyebarannya cukup untuk digunakan sebagai daerah fosil bagi studi karang Devonian.

Serangga berkembang menjadi makhluk terbang pada zaman Carboniferous dan variasi yang besar pada tipe sayap dijumpai di antara serangga-serangga zaman akhir Paleozoicum. Ngengat dan capung adalah serangga dengan tipe yang mula-mula sekali, yang sayapnya tidak dapat dilipat, yang hidup di antara makhluk-makhluk terbang yang lain. Masalah ini telah dipecahkan pada zaman Carboniferous, dan kebanyakan serangga terakhir dapat menggerakkan dasar sayap yang terlipat ke belakang menutup tubuhnya. Tidak diketahui bagaimana serangga mula-mula berkembang tetapi serangga telah hidup monopoli di udara selama 100 juta tahun lebih. Serangga terbang menghasilkan banyak tenaga tambahan dalam gerakannya karena ia

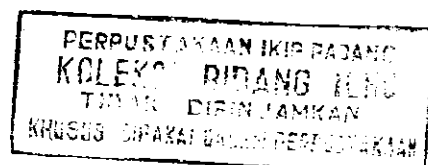
melepaskan energi yang tinggi. Kebanyakan serangga dapat memperbesar suplai makanan dari sejumlah tumbuh-tumbuhan dari hutan karbon Carboniferous. Separah dari semua serangga Paleozoicum mempunyai bagian mulut penusuk dan penembus untuk memakan cairan tumbuh-tumbuhan. Selain itu serangga ini adalah sebagai sumber makanan bagi lalat liar. Vertebrata tidak muncul ke udara sampai periode Triassic, di mana kadal terbang berkembang. Beberapa vertebrata dapat terbang lebih lanjut oleh perluasan permukaan kulit di antara anggota-anggota atau dengan cara lain.

Hewan terbang ini meliputi tupai terbang dan mungkin juga ular terbang. Semua hewan-hewan ini ditemui pada hutan-hutan tropik yang lebat. Kemungkinan adaptasi seperti ini meningkat pada hewan-hewan yang kebiasaannya memanjat pohon dan melompat dari dahan ke dahan atau dari dahan ke tanah. Beberapa cara digunakan menghindari tabakan waktu melompat atau meloncat jarak jauh agar lompatan berhasil, yang menyebabkan perkembangan secara bertingkat. Kadal yang paling mula-mula muncul terdiri dari beberapa bentuk yang sangat khas. Misalnya *Icarosaurus* dari New Jersey adalah kadal pada zaman Late Triassic sebagai pengecualian yang normal karena tulang-tulang rusuknya menonjol sangat jauh ke samping sebagai alat penahan waktu jatuh pada dinding dadanya. *Icarosaurus* telah dianalisa secara hati-hati oleh E.C. Colbert dan telah di

perlihatkan bahwa apabila tulang rusuk berkembang penuh ke samping, kulit akan menutup tubuh mereka, yang bekerja sebagai penahan udara yang sempurna. Otot dan ligamen di antara tulang rusuk dapat memberikan ketepatan mengontrol posisi melayang atau terbang. Akhirnya kadal dapat mengayunkan tulang rusuk ke belakang persendian - dan melipatkannya kembali ke sisi tubuh. Kadal terbang pada zaman Triassic hanya sebesar tupai. Kita belum dapat menemukan nenek moyang mereka dan mereka tidak meninggalkan turunan. Dalam banyak hal mereka sama cakupannya dengan kadal terbang yang lebih besar yang berkembang kemudian. *Icarosaurus* mungkin telah mempunyai kontrol yang lebih baik terhadap posisi terbangnya dan ia masih mempunyai 4 anggota, yang baik untuk berjalan, memanjat, memegang dan memakai alat ini bila di atas tanah.

2. PTERODACTYLUS BERBULU (PTEROSAURUS BERBULU)

Pterosaurus (*Pterodactylus*), yaitu reptil terbang yang paling terkenal berkembang pada zaman Early Jurassic, berasal dari beberapa rnak moyang thecodont. Mereka mempunyai selaput kulit yang sangat lebar, merentang antara lengan, tubuh dan kaki, seperti halnya pada kelelawar. Pada kelelawar selaput sayap didukung oleh seluruh tangan tapi pada ptesaurus hanya dengan 1 jari di mana 3 buah jari yang lain di sebelah kiri susunannya te



tap normal.

Pterosaurus mempunyai rentangan sayap meluar beberapa inci sampai lebih dari 50 kaki, seperti pada Pteranodon, hewan terbang yang paling besar yang pernah hidup. Semua pterosaurus mempunyai konstruksi yang sangat ringan dengan tulang-tulang yang berlobang. Berat pteranodon tidak lebih dari 40 pon. Pterosaurus mempunyai kepala dan rahang yang panjang dan kadang-kadang mempunyai banyak gigi. Mereka dibagi atas 2 kelompok, yang berekor panjang dan tanpa ekor. Ekor kemungkinan digunakan untuk kemudi pada pterosaurus pertama yang lebih kecil, tetapi mungkin juga sebagai kontrol waktu terbang melengkapi berat ekor yang tidak cukup.

Banyak kertas kerja yang telah dibahas untuk membiarkan biologi dari pterosaurus. Pada tahun 1974 Cherie Reading, di Inggris, mempublikasikan analisa mesin dari rangka pterosaurus, suatu pteranodon raksasa, dan sekarang kita telah mempunyai pendapat yang lebih pasti tentang bagaimana mereka sebagai mesin bekerja. Seperti pada kebanyakan pterosaurus lain, rentangan sayap yang luas, dan konstruksi yang sangat ringan dari tubuh, menunjukkan bahwa Pteranodon adalah hewan terbang yang terbang bila diperlukan sekali dan ia hanya sanggup mengepakkan sayap bila kesempatan mengizinkan. Di udara Pteranodon adalah hewan terbang yang lebih hemat terbang dibandingkan dengan beberapa burung atau mesin terbang bu

atan manusia karena kecepatan terbangnya sangat rendah (penerbangan paling baik/optimum 17 mil per jam, kecepatan maksimum 30 mil per jam). Dengan perkataan lain Pteranodon yang masih bayi mungkin terbang lebih ringan dan lebih baik dari pada induknya, tetapi pada rentangan sayap 3 kali atau lebih sedikit, mereka dapat terbang hanya dengan kecepatan optimum, yaitu 10 mil per jam. Pteranodon mempunyai jambul yang panjang di bagian belakang tengkoraknya untuk mengimbangi rahang yang panjang di bagian lehernya.

Pteranodon beradaptasi untuk terbang di atas laut dalam mengintai ikan. Jambul itu sangat penting. Pertama, ia membentuk alat untuk mengimbangi rahang yang panjang, yang mempunyai otot yang kuat yang berguna untuk menahan kepala. Kedua dengan menggerakkan kepala ke samping waktu terbang, jambul akan bekerja sebagai rem penahan angin yang efisien, baik sebagai latihan atau untuk hinggap di tanah. Pterosaur harus lebih banyak berburu. Selain terbang secara efisien, juga mereka harus mencari makan dan hidup di darat. Ia kelihatannya seperti hewan pemakan ikan dan mungkin harus terbang di atas gelombang lalu menusuk ikan dengan rahangnya yang panjang. Seekor pterosaur Jurassic mempunyai rahang yang panjangnya 6 inci dengan gigi-gigi seperti jarum yang menonjol ke muka.

Adalah mungkin ia harus mendarat di atas permukaan

air dan menangkap ikan dengan posisi mengapung di atas air lalu bisa saja merangsang hewan laut yang lebih besar untuk menyerangnya. Adalah merupakan masalah terlalu kecil baginya untuk bisa take off dari permukaan laut karena pterosaurus dapat terbang dengan kecepatan 15 mil per jam, dalam arus laut normal mereka dapat take off secara sederhana dengan menggunakan sayapnya. Sebagai tambahan, seorang ahli patentologi Rusia, A.G. Sharov, telah menemukan pterosaurus yang tubuhnya dilindungi oleh bulu-bulu. Karena tubuhnya diliputi oleh sejumlah minyak tubuh, maka pterosaurus mempunyai tubuh yang tahan air dan bila ia take off dari permukaan air, tubuhnya praktis kering. Anggota belakang pterosaurus sangat mirip dengan kelelawar dan praktis tidak bisa digunakan untuk berjalan.

Anehnya, pterosaurus sanggup menarik tubuhnya di atas tanah, meluncur di atas bulu-bulunya. Seperti anggota belakang kelelawar, anggota belakang pterosaurus, kelihatannya dirancang dengan baik bagi yang jantan untuk menggantung terbalik di tempat hinggapnya. Rentangan sayap yang lebarnya 25 kaki dilipat ke atas waktu hinggap dan pterosaurus sanggup mengerjakan ini. Bila sayap ini elastis seperti sayap kelelawar maka pterosaurus akan dapat menyimpan sayap dengan baik di punggungnya.

Bramwell dan Whitfield memandang pterosaurus sebagai hewan yang hidup seperti burung laut modern, berge-

rombol di pantai, mencari hari-hari yang baik untuk ekspedisi memburu ikan di lautan. Hinggap di pantai tidak menjadi kesulitan yang berarti karena kecepatan terbang hewan ini begitu rendah. Resiko yang besar bila angin kuat. Ternyata bila Pteronodon tiba di pantai yang berangin kuat, ia mendarat di air, berada di atas gelombang sambil menunggu angin yang mendorongnya ke tempatnya semula (pulang). Semua fosil pterosaurus yang dikenal adalah berasal dari sedimen yang terletak di bawah laut dan mereka dapat berada jauh dari pantai karena ter tiup angin.

Bila semua pterosaurus mempunyai bulu, mereka akan berdarah panas. Otaknya agak besar dan biologisnya agak sulit dikenal. Ada kemungkinan bahwa pterosaurus muda seperti kelelawar, dibawa kemana-mana sambil melekat pada bulu induknya. Pterosaurus menjadi punah pada akhir periode Cretaceous. Bila iklim bumi berada dalam suatu musim dengan kecepatan angin yang kuat dalam jangka waktu tertentu, tentu saja cara hidup yang berdasarkan pada alat terbang yang luas, ringan dan sederhana tidak memungkinkan untuk hidup.

3. BURUNG BERBULU

Kehidupan mereka adalah sangat kompleks. Mereka berdarah panas dengan sistem pengaturan panas yang efisien, yang menjaga suhunya agar tetap. Mereka bernafas lebih efisien dibandingkan dengan mammalia yang memompa udara ke luar dan ke dalam paru-paru. Mereka mempunyai alat penglihatan yang lebih baik dari pada beberapa hewan lain. Lebih dari itu, burung telah mengembangkan kesanggupannya untuk terbang lebih baik dari pada vertebrata lainnya, dan untuk terbang membutuhkan sistem suplai energi yang sangat kompleks serta alat perasa. Otak burung kenyataannya adalah lebih besar. Dunia burung sangat bervariasi, meluas dari Ostrich dan penguin yang tidak dapat terbang sampai pada burung kolibri yang sanggup berjalan dengan kuatnya. Tetapi cukup ada kesamaan untuk diperlihatkan bahwa semua burung berkembang dari satu nenek moyang bersama group reptil. Tengkorak, panggul, kaki dan telur adalah sama pada burung dan reptil, yang disebut oleh T.H. Huxley seorang teman Darwin sebagai reptil yang dimuliakan. Fosil burung yang pertama adalah Archeopteryx, yang ditemui pada periode Late Jurassic di Jerman. Beberapa Archeopteryx kelihatannya dalam keadaan sangat lunak dan berlumpur, di mana mereka dilindungi oleh alat-alat yang sempurna, sering berupa bulu(96.11-3) Tanpa bulu, Archeopteryx kelihatannya seperti reptil; kenyataannya seperti contoh pertama yang pernah ditemui pa-

da tahun 1859, yang disimpan di Museum Jerman yang lebih 100 tahun didaftar sebagai pterosaur. Model selanjutnya dalam tahun 1861 ialah yang mempunyai bulu dan segera diakui sebagai burung yang ketiga terakhir ditemui. Apabila ini tidak berasal dari satu lapisan krang kita dapat mengira bahwa burung-burung ini telah berkembang 50 juta tahun lalu pada periode Cretaceous di mana fosil-fosil burung yang terawat baik telah ditemui. Archeopteryx mempunyai tengkorak agak seperti burung. Rongga otaknya lebih luas dari reptil yang ada sekarang tetapi cerebellum (pusat koordinasi) tidak sebesar seperti yang terdapat pada burung. Tulang rangka berlobang tapi tidak berhubungan dengan udara seperti burung modern. Tulang dada tidak berupa tulang sehingga otot terbang tidak dapat meluas.

Ahli-ahli aerodynamic berselisih paham satu sama lain dalam mempelajari Archeopteryx. Ia tidak dapat mengepakkan sayap terlalu panjang namun dia dapat melayang dengan baik dan cepat, cuma terbangnya agak kurang stabil dan sulit baginya untuk mengadakan terbang lebih bervariasi. Jelaslah bahwa Archeopteryx nyata sebagai burung dari hal bulunya. Ia nyata sebagai peralihan antara reptil dan burung dalam banyak gambaran. Kebanyakan hewan seperti burung ini berkembang dari theropods dinosaurus yang kecil, dan tidak perlu lagi dihubungkan dengan semua hewan terbang pada saat ini.

Ada 3 teori yang penting tentang terbangnya burung semua nya ini didasarkan pada data yang sama, yaitu fossil Archeopteryx. Teori ini dapat disebut sebagai :

1. Running theory
2. Jumping theory
3. Standing Still theory

Dugaan semula ialah bahwa hewan terbang berkembang dari dinosaurus, pelari cepat yang kecil yang membentuk bulu untuk pengaturan panas. Pendapat ini mengatakan bahwa berlari cepat di atas tanah terbuka dapat menjurus ke arah meloncat, berlari amat cepat, meluncur dan akhirnya terbang untuk mendarikan diri karena terkejut. Struktur pelvis Archeopteryx memberikan penjelasan di mana burung ini adalah hewan berkaki dua dan pandai berlari cepat. Kenyataannya pendapat ini sangat berbeda. Burung pelari cepat di daratan terbuka (seperti Ostrich) mempunyai sayap yang telah menyusut, karena ada fungsi untuk mengangkat sehingga mengurangi fungsi untuk menarik dengan adanya kaki di atas tanah.

Pesawat udara meluncur cepat sebelum take off tetapi burung tidak diluncurkan dengan roda. Pilot menahan pesawatnya turun selama take off dan ia memerlukan tenaga yang lebih kuat untuk menambah kecepatan mesin. Kendaraan untuk perlombaan mempunyai kantong penahan untuk menahan mereka jatuh di jalan dalam kecepatan tinggi. Charler Darwin mencatat di Amerika Selatan bahwa Rhea (bu-

rung besar yang tidak pandai terbang) menggunakan sayapnya dan berlari di bawah angin bila ia sedang memburu mangsa, tetapi ini adalah suatu penggunaan sayap yang berbeda. Dengan demikian tidak ada pendapat yang pasti tentang hewan pelari cepat di tanah akan mengarah pada reptil yang berkembang menjadi hewan terbang. Teori kedua mengemukakan bahwa dinosaurus yang kecil, tangkas, berbulu menyerobot di antara pohon-pohonan, memanjat, meloncat dan berlari seperti tupai. Cara hidup demikian membutuhkan ketangkasan dan koordinasi, dan bertambahnya ukuran otak dan kekuatan penglihatan. Meloncat secara alamiah dapat mengarah pada terbang dan melayang seperti halnya pada hewan terbang, dan akhirnya bentuk asli sebagai makhluk terbang dapat terbentuk. Dari rentetan teori ini kita akan menjumpai : Archeopteryx.

Rentetan teori memberikan asumsi bahwa Archeopteryx nyata telah dirancang untuk memanjat pohon-pohonan, meloncat dan terbang dari suatu cabang ke cabang yang lain. Kenyataannya, hal ini tidaklah merupakan suatu masalah. Kaki belakang hampir betul-betul serupa dengan dinosaurus yang kecil, yang pada umumnya diterima sebagai penghuni daratan dan pelari cepat, dan bentuk cakarinya tidak beradaptasi secara baik untuk memegang dan bertengger pada cabang pohon. "Tangan"nya tidak baik untuk memanjat dan merenggut, karena ia mempunyai cakar yang panjang, yang kelihatannya lebih serupa senjata untuk memotong

daripada kait untuk memanjat. Archeopteryx sungguh-sungguh hidup pada pohon-pohon, tetapi tidak ada gambaran dari struktur tubuhnya yang dapat dikatakan dengan tegas untuk memperlihatkan hal ini. Teori ketiga diambil dari pendapat John H. Ostrom dari Universitas Yale tahun 1974. Dia menekankan adanya persamaan yang tersembunyi antara Archeopteryx dan dinosaurus seperti theropods yang kecil, yang umumnya ditetapkan sebagai hewan predator yang berlari cepat. Ostrom mengira bahwa Archeopteryx juga sebagai Carnivora yang berlari cepat, menangkap dan memakan serangga yang besar, kadal, dan barangkali juga mamalia kecil. Kakinya cakar yang tajam, rahang dan yang dirancang untuk menangkap dan memegang mangsa. Tangannya, mempunyai cakar untuk memegang. Ostrom menduga bahwa sayap berkembang menjadi alat gerak yang kuat untuk memukul roboh mangsa yang tangkas.

Burung rajawali menyerang ular, angsa, burung unan dan dapat melepaskan tiupan yang keras dengan sayapnya. Pada Archeopteryx yang kira-kira sebesar burung gagak, orang dapat membayangkan bagaimana perkembangan koordinasi yang agak tepat dari pukulan sayap dalam menangkap mangsanya seperti serangga. Pukulan sayap juga dapat mengangkat tubuh dan Ostrom menduga bahwa hewan terbang dapat terangkat bila mereka mengembangkan kebiasaan meloncat ke depan memburu mangsa dari suatu posisi sedang berdiri. Langkah terakhir perkembangan sayap adalah sebagai

transport, dibandingkan dengan aktivitas mencari makan. Dalam pandangan Ostrom, Archeopteryx telah mencapai suatu stadium evolusi di mana ia adalah masih merupakan dasar bagi kehidupan di tanah namun ia pandai mengepakkan sayap dengan kuat dalam mengejar mangsa. Pendapat Ostrom yang baru tidak dapat menyingkirkan pendapat bahwa kehidupan pada pohon-pohon adalah merupakan bagian yang penting dari evolusi burung, namun ia mengakui bahwa memang terjadi dan bila terjadi secara keseluruhan tentulah sesudah evolusi Archeopteryx.

4. EVOLUSI BURUNG YANG TERAKHIR

Setelah Archeopteryx ada kekosongan selama 50 juta tahun dalam penemuan catatan fosil burung, sampai pada akhir zaman Cretaceous di mana beberapa burung air ditemukan fosilnya. Orang melihatnya agak seperti burung penyelam dengan kaki perenang yang kuat tetapi mempunyai sayap yang kecil dan lemah; yang lain ada juga seperti burung camar dengan sayap dan tulang dada.

A.S. Romer menegaskan bahwa periode yang sangat menarik bagi perkembangan burung adalah pada akhir zaman Cretaceous di mana dinosaurus telah punah. Sebagai makhluk yang tangkas, cerdas, giat dan berdarah panas, maka burung kemudian merupakan saingan (competitor) terhadap mammalia dalam menguasai lingkungan daratan. Pada zaman Eocene di Eropa dan Amerika Utara, ditemui Dia -

tryma, suatu burung raksasa yang tidak dapat terbang , yang tingginya 7 kaki dan mempunyai paruh yang besar dan tajam, kaki dan cakar yang kuat. Ia adalah sebagai predator yang kuat di antara populasi mammalia zaman itu. Di Amerika Selatan Phororhacos yaitu burung Carnivora lain yang tidak bisa terbang, tingginya 5 kaki atau lebih hidup pada zaman Oligocene sampai hadirnya zaman Pliocene. Burung ini tidak pandai terbang dan agak besar, khususnya di daerah benua Selatan.

Burung-burung seperti Ostrich, rhea, emu dan kasuari secara zoologi adalah sekeluarga, dan ada lagi bentuk-bentuk yang lebih menarik, yang sekarang sudah punah. Burung Moas dari New Zealand mencapai tinggi 10 atau 11 kaki. Aepyornis (burung gajah), burung besar yang tidak pandai terbang sekarang masih hidup di Madagaskar yang contoh karang telurnya ditemui masih dalam keadaan tertimbun di bawah tanah. Mereka ini tidak bisa salah, karena isi telurnya sebanyak 2 gallon (barangkali sebagai organisme satu sel yang paling besar yang pernah ditemui).

Burung ini dalam cerita rakyat Muslim dianggap sebagai burung yang menakutkan yang mangangkut Sinbad di pelaut di atas punggungnya. Selalu diasumsikan bahwa burung ini kehilangan tenaga untuk terbang. Dalam pandangan Ostrom tentang Archeopteryx, digambarkan sebagai garis evolusi dari burung yang sama sekali tidak sanggup

terbang. Penguin telah beradaptasi sedemikian rupa, sehingga mereka adalah sebagai perenang penuh, menguasai arus dengan baik, menyeberangi di bawah permukaan air, dan dilindungi oleh lemak dan bulu. Mereka tidak berdaya di daratan, hidup hanya pada pulau-pulau kecil di samudera dan di Antartika di mana di sana tidak ada predator daratan yang memburu mereka. Catatan zaman Cenozoic memperlihatkan bahwa penguins sampai mencapai tinggi 6 kaki. Jadi catatan tentang fosil burung sangat sedikit sekali. Mereka meninggalkan fosil yang sangat tidak potensial karena mereka kebanyakan dimakan atau dirobek sebagian oleh predator dan pemakan bangkai, atau mereka jatuh ke tempat-tempat yang tidak memungkinkan terbentuknya fosil. Catatan fosil yang sedikit itu dipelihara dengan sangat baik. Kekurangan catatan ini disebabkan juga karena sulitnya ditemui fosil karena burung-burung jatuh ke laut dan terkubur dalam lumpur dengan cepat dan tersembunyi.

5. KELELEWAR

Evolusi terakhir dari hewan terbang di antara vertebrata ialah kelelawar. Mereka mempunyai selaput sayap yang meluas antara lengan atas tubuh dan kaki, dengan jari-jari tangan memanjang seperti pipa ke depan, ke arah ujung sayap (96. 11-4). Sayap itu digunakan mengepak waktu terbang bukan untuk melayang. Anggota bagian belakang

telah berubah fungsinya untuk bergantung daripada bertengger, dan ada gambaran yang aneh dari panggul, yang memungkinkan tubuh hewan yang bentuk garis lurus dan kecil itu untuk membentuk saluran keluar dari anaknya yang agak besar. Catatan fosil tidak dapat menolong secara keseluruhan dalam menemukan nenek moyang kelelawar, karena fosil kelelawar pertama yang dikenal dari karang Eocene, telah mempunyai bentuk yang sangat khusus di mana secara keseluruhan adalah berbentuk kelelawar dalam segala segi (96. 11-4).

6. RINGKASAN

Untuk selama berjuta-juta tahun, hanya serangga merupakan hewan terbang. Kadal terbang/melayang berkembang pada periode Triassic, tapi segera menjadi punah. Pterosaur adalah reptil terbang yang sangat sukses pada zaman Jurassic dan Cretaceous, rentangan sayap mencapai 5 kaki dan berangkali berbulu dan berdarah panas. Burung, mungkin berkembang dari dinosaurus kecil yang mempunyai bulu sebagai baju panahan untuk mengatur suhunya. Terbangnya burung timbul melalui pengepakan sayap dalam memburu mangsa. Burung pertama yang dikenal yaitu Archeopteryx masih belum sanggup menahan udara waktu terbang. Variasi yang luas dari burung hidup hanya setelah zaman cretaceous.

XII. ASAL USUL MAMMALIA

1. CYNODONT

Kita sudah melihat pada bab XI bahwa reptil yang menyerupai mammalia mendominasi daratan pada akhir zaman permian yang segera berkurang akibat adanya persaingan dengan thecodont. Reptil menyerupai mammalia yang mula-mula meliputi herbivora dan carnivora, tetapi kemudian terlihat akibat perubahan dalam evolusi ia menuju mammalia pada akhir zaman permian dan triassic.

Reptil yang menyerupai mammalian itu masih punya perbedaan cara hidupnya dalam zaman triassic walaupun jumlahnya telah berkurang, ia masih merupakan herbivora yang sama dengan ukuran anjing, ia sangat dikenal sebagai bentuk pada zaman Triassic. *Cynognathus* lainnya lebih kecil dan dapat memakan serangga dan tempayak dengan menggunakan gigi-gigi yang tajam untuk menusuk dan memotong yang dimakannya. Ada suatu kelompok yang disebut cynodont, meliputi *cynognathus* thus yang berukuran kecil sampai sedang dengan potongan badan yang gemuk pendek dengan ekornya yang pendek. Ia menyerupai mammalia yang mana ia punya lan git-langit skunder yang memisahkan pengunyah dari pernapasan dan mereka telah melaksanakan differensiasi yang hebat terhadap permukaan giginya. Tapi suatu kunci inovasi di antara cynodont adalah penggantungan kembali rahang kepada sendi-sendi padatu lang yang berbeda. Otot rahangnya yang utama melekat pada gigi dimana akhirnya membesar dan menguasai bagian terba-

wah dari rahang seperti yang terdapat pada manusia dan mammalia lainnya. Pergerakan mengunyah dari rahang dapat menjadi lebih sempurna, menggiatkan penghancuran yang sempurna dari makanan sebelum ditelan.

Sayang catatan fosil cycodont kurang di dalam batu-batuan pada akhir zaman Triassic, waktu itu mammalia pertama sudah berkembang dari suatu cycodont yang terakhir.

Suatu hewan Afrika Selatan yang disebut Diartahrognatus yang menyebabkan ahli pleontologi vertebrata sangat gembira karena rahangnya mempunyai suatu sendi ganda, yang satu menyerupai rahang mamalia dan yang lainnya menyerupai rahang reptil, rahang pengumpul hanya dapat punya satu hubungan. Jawaban yang mungkin ialah: praktisnya rahang itu tidak mempunyai daya pengumpul pada sendi itu, tetapi lebih banyak disokong oleh otot rahang itu sendiri. Diartrognatus punya beberapa yang menggambarkan bahwa sifat ia bukanlah nenek moyang mammalia; beberapa kemungkinan bakal/calon adalah suatu binatang Amerika Selatan yang disebut Probainognathus yang juga mempunyai rahang tergantung yang rangkap.

2. REPRODUKSI MAMMALIA

Perbedaan utama antara reptil yang hidup dan mammalia yang hidup bukan dalam hal rangka, tetapi di dalam hal sifat biologis lainnya. Reptil mempunyai telur yang besar dengan suatu simpanan energi yang besar. Mammalia mempunyai telur yang kecil dan anaknya tergantung pada induknya dan induknya tetap menjaga anaknya dengan baik. Perbedaan yang uta

ma ini diikuti oleh perbedaan lainnya. Kebanyakan mammalia yang masih hidup bekerja pada temperatur tubuh yang tinggi (berdarah panas) dan mempunyai rambut untuk mengisolir tubuhnya. Reptil berdarah dingin dan tidak mempunyai rambut. Perbedaan kecil dalam hal rangka tidak begitu kentara. Tapi dapat dipelajari dari tulang dan gigi fosil, pada mammalia rahang bawah sama sekali tidak kontinu mengganti gigi reptil. Mammalia mempunyai otak yang besar yang ditunjukkan oleh fosil berdasarkan ukuran rongga otak yang terdapat di dalam tengkoraknya. Bagaimana dan kenapa perbedaan-perbedaan yang besar dan perbedaan-perbedaan yang kecil berkembang?

C.A. Hopson menempatkan pokok-pokok pikiran yang sama penting. Reptil yang menyerupai mammalia berukuran tubuh sedang, dengan tubuh yang pendek gemuk. Mereka mempunyai rambut badan dan beberapa pengatur suhu. Robert Bakker membayangkan bahwa reptil menyerupai mammalia itu sudah bisa hidup dengan baik pada temperatur di bawah ($28-30^{\circ}$).

Tetapi mammalian pertama yang sudah dikenal, ketika diidentifikasi maka susunan gigi dan struktur rahang sangat kecil, lebih kecil daripada kebanyakan reptil yang menyerupai mammalia. Hewan-hewan yang sangat kecil sangat cepat kehilangan panas jika mereka berdarah panas dan untuk menjaga kehilangan panas ini ia harus mempunyai penutup kulit yang panas dan mereka harus mendapatkan dan memakan sejumlah besar makanan sehingga kelihatannya bahwa mammalia pertama itu sudah harus berhadapan dengan masalah yang sangat sulit karena

mereka mempunyai tubuh yang sangat kecil (lebih kecil dari tikus). Hampir sesungguhnya ia meletakkan telur (bertelur) seperti kehidupan itik platypus, tetapi telurnya mempunyai sedikit kuning telur atau tanpa kuning telur dengan masa pengeraman yang singkat dan pengeramannya tidak memerlukan pertolongan.

Jika binatang-binatang kecil yang berdarah panas menghadapi persoalan-persoalan panas, maka anaknya yang sangat kecil juga berhadapan dengan masalah yang lebih besar. Burung yang mengerami sering berdarah dingin dengan kecepatan metabolisme rendah, mereka tidak membutuhkan pertolongan dan juga tergantung kepada induknya dalam mendapatkan panas. Maka mereka dapat meletakkan makanan langsung ke tempatnya. Kontrol temperatur yang sempurna menjadi perlahan ketika mereka tumbuh.

Adanya bermacam-macam masalah pada mammalia terdahulu, memberikan suatu kemajuan di dalam semua jalan dan perkembangan telur yang amat kecil yang mengandung sedikit makanan, yang oleh itu dierami amat cepat tanpa bantuan menjadi hewan muda yang amat kecil berdarah dingin. Ada suatu kemajuan didalam menyelenggarakan suatu lingkungan yang panas lembab untuk telur dan anak-anak yang masih muda seperti di dalam persediaan makanan untuk anak yang baru menetas.

Jika mammalia pertama kenyataanya berhadapan dengan bermacam masalah yang sama dengan burung moderen, maka mereka mungkin telah mengembangkan pemecahan masalah yang sama. Ada juga beberapa bukti adanya penambahan inkubasi yang dibuat burung-

burung, di mana mereka menjaga telur dan panas anak yang masih kecil. Suatu tambahan lebih kurang terdiri dari beberapa macam sarang atau liang untuk mengerami yang masih muda. Charler Darwin orang yang pertama menerangkan bahwa suatu penambal inkubasi dapat berkembang secara perlahan-lahan menjadi pemakan susu mammalia, di dalam kebiasaan berikut : Jika kelenjar hormon terangsang maka ia tersekresi untuk memelihara tambahan panas selama pengeraman. Kemudian selama pengeraman anaknya menjilat makanan yang diberikan induknya untuk mendapatkan air. Ini harus dibantu oleh cadangan energi secara sederhana, kekurangan makanan harus dikumpulkan oleh induknya dan melindungi makanan tersebut, serta pemanasan anak tergantung kepada induk. Jika sekresi kelenjer, zat makanan seperti cairan yang diperlukan selama pengeraman bagi yang muda akan menguntungkan. Hopson menyatakan di sini bahwa adanya susu hanya pada induknya merupakan dasar bagi mammalia. Hewan jantan tidak berpartisipasi dalam menjaga telur dan anak yang masih muda, hal ini mungkin diwarisi secara langsung dari reptil yang menyerupai mammalia. Chauvinion jantan tak apa-apa berada di antara mammalia yang baru. Dengan kata lain partisipasi yang jantan dalam memberi makan anak yang masih muda se demikian umum pada burung, yang mungkin sudah diwarisi dari nenek moyangnya binatang dinosaurus, di mana jumlahnya tidak, tapi menarik perhatian bahwa adanya tang

gung jawab sosial dari binatang dinosaurus.

Perkembangan dari penetekan dapat dibatasi tak langsung Cycodont mempunyai langit-langit skunder dan dapat mengunyah selagi sedang bernafas, tetapi mammalia yang paling tua di akhir zaman Triassic hanya mempunyai gigi yang berganti secara terbatas, dan mungkin sudah mene-tek di beberapa cara, biarpun ada monotremata mempunyai cara yang sama dengan anak anti air kecil yang masih hi-
dup, yang menjilat sekret dari lobang pada perus induk-nya.

Monotremata dan Marsupilia yang masih hidup menge-rami atau melahirkan anaknya begitu cepat, anaknya prak-tis merupakan fetus, hal ini mungkin sama dengan mamma-lia pada akhir zaman Triassic. Placenta rupanya lebih ke-mudian berkembang di antara beberapa hewan mammalia as-li yang menuju ke arah yang lebih kecil dan lebih tidak membantu anaknya. Placenta memperlama pemberian makan dan perkembangan anaknya sebelum lahir, tepat seperti te-lur besar dinosaurus membesarkan dan mengembangkan ketu-tunannya. Pun sekarang hewan mammalia yang kecil mempuny-ai waktu hamil yang singkat dan tanpa membantu anak -nya yang baru lahir, sedangkan mammalia yang lebih be-sar seperti : lembu, kuda, dan rusa mempunyai anak yang lebih besar dan dapat berjalan atau berlari beberapa jam setelah ia lahir.

Seluruh kisah evolusi reproduksi pada mammalia ini suatu terkaan, tetapi yang masuk akal. Cycodont yang terakhir dan mammalia yang pertama mempunyai tubuh lebih kecil, jika mereka berdarah panas, untuk beberapa bagian yang secara luas dapat beristirahat secara otomatis. Kesamaannya dengan burung, mempunyai masalah yang sama yang terlihat di sini. Tapi mengapa cycodont dan mammalia pertama sudah terdesak ke arah ukuran tubuh yang kecil? Jika rekonstruksi biologi dinosaurus oleh Bakker Ostrom dan lain-lainnya benar, ia merupakan saingan thecodonts pada suatu taraf yang amat kritis di dalam evolusi cycodont, sesudah mereka mengembangkan beberapa kebiasaan ke arah thermoregulasi, tetapi sebelum mereka mengembangkan suatu kecepatan metabolisme yang tinggi dan sikap berdiri untuk berkompetisi secara langsung dengan dinosaurus tertus. Desakan yang dilakukan oleh beberapa thecodont yang besar dan kadal kecil yang menyerupai reptil dari zaman triassic, kemudian cycodont kenyataannya sanggup untuk berkembang menjadi hewan kecil berdarah panas (aktif pada waktu malam) di dalam suatu habitat yang cocok. Dalam waktu ini cycodont yang terakhir berubah sedemikian rupa sehingga mereka sekarang sudah ditemui berkembang menjadi mammalia tertua. Suatu hal yang sangat aneh ialah bahwa gigi mammalia pertama menunjukkan bahwa mereka adalah pemakan serangga atau binatang-binatang kecil lainnya.

geraham lewat satu sama lainnya. Pekerjaan yang sangat efisien dari gigi ini tergantung kepada bagian gigi yang begitu tepat koordinasi pemotongan dan pengunyahan dari rahang. Tetapi mammalia ini merupakan nenek moyang dari hampir semua bentuk-bentuk mammalia yang hidup.

Mammalia pada zaman mezozoikum mungkin semuanya kecil-kecil dan aktif pada malam hari (nocturnal). Gigi dan rahang memperlihatkan bahwa mammalia zaman jurassic merupakan carnivora atau omnivora. Hanya sedikit dari padanya mempunyai geraham yang mampu untuk menggiling serat-serat dari tumbuh-tumbuhan. Pada permulaan zaman Cretaceous tumbuhan dengan menyebar ke beberapa daratan buat pertama kali.

Dinosaur yang herbivora berkembang dengan cepat dan mammalia herbivora juga terlihat dalam jumlah yang banyak. Kelompok-kelompok baru serangga seperti rama-rama dan ngengat, sudah muncul di hutan-hutan yang baru dan mammalia mengalami radiasi yang didasarkan kepada penemuan suatu tipe geraham yang lebih baik. Di dalam salah satu batu-batuan di zaman cretaceous pertengahan didapatkan satu gigi yang berbeda, yang memperlihatkan bahwa marsupialia dan binatang berplacenta merupakan grup mammal yang sudah punah.

Sedemikian rupa sehingga mammalia bertambah beranekaragam pada zaman cretaceous, tapi tak ada yang mena

rik perhatian. Sesudah lenyapnya dinosaurus diakhir zaman cretaceus, mammalia berkembang di dalam zaman Pliocene menuju ukuran yang lebih besar dan perbedaan ekologi yang besar. Peristiwa penting ini dapat dilihat dan dinyatakan di dalam seluruh sejarah bumi dan akan kita lanjutkan hal ini pada bab selanjutnya.

4. RINGKASAN

Mammalia dan reptilia berbeda di dalam struktur rahang dan gigi, dan kita dapat melihat suatu evolusi yang perlahan dan reptil seperti mammalia menjadi mammalia sebenarnya di dalam catatan fosil-fosil pada akhir zaman triassic. Tetapi ada perbedaan yang lebih penting antara mammalia dan reptilia, istimewa dalam perkembangan biakannya. Apa kelihatannya bahwa reptilia yang menyerupai mammalia terbesar menjadi tubuh berukuran lebih kecil sebab adanya kompetisi dari thecodont dan dinosaurus pertama. Ia berhadapan dengan beberapa masalah kehilangan panas ketika menjadi lebih kecil, dan sifat-sifat reproduksi mammalia dapat dilihat untuk memecahkan masalah ini. Surung telah memecahkan beberapa masalah yang sama dalam suatu cara yang berbeda.

XIII. PECAHNYA PANGAEA DAN EFEK TERHADAP KEHIDUPAN

1. PECAHNYA DARI PANGAEA

Di permulaan zaman Triassic semua benua yang sekarang masih bersatu menjadi satu benua yang besar yang dinamai Pangaea. Bagian Utara dari benua itu (Laurasia) dan bagian selatannya (Gondwanaland) yang dihubungkan pada ujung baratnya oleh teluk Tethyan.

Pangaea sudah memperlihatkan tanda-tanda penekanan dalam zaman triassic. Pemecahan yang lebih besar dan peletusan gunung berapi terjadi sepanjang garis yang sekarang dekat pinggir Atlantik dari Nova Scotia ke Carolina Utara, di dalam kenyataan itu pangaea sudah mulai retak menjadi bercerai-berai.

Dalam zaman Jurassic, lautan Atlantik bagian utara mulai terbentuk ketika Afrika pecah menjauhi Amerika Utara. Gondwanaland pecah menjadi tiga bagian lalu sedikit berpindah menjauhi satu sama lainnya. Dengan perkataan lain, supercontinent Pangaea dahulu kenyataannya mulai bercerai-berai melalui satu cara yang penting.

Tapi pecahan-pecahan terjadi dalam pertengahan zaman Cretaceous. Lautan Atlantik menjadi terbuka untuk selamanya dan Gondwanaland terpisah-pisah menjadi beberapa daratan yang ada di sebelahnya selatan yaitu : Ameri

ka Selatan, Afrika, India, Madagaskar dan Australia di tambah dengan Antartika (Gamb. 13-11). Pemecahan yang hebat sudah barang tentu mengakibatkan perubahan yang sempurna terhadap pola arus lautan dan iklim di dunia. Iklim dunia mesti menjadi lebih dipengaruhi lautan dengan iklim yang di daratan dan di dalam laut. Apalagi bukti-bukti barisan laut tengah yang baru muncul di antara kontinent yang retak menimbulkan paparan lautan - yang banyak. Para Scientist di Universitas Columbia me ngira bahwa paparan air laut yang muncul beberapa kaki pada zaman Cretaceus menimbulkan air bah pada pinggir kontinen. Peristiwa itu tercatat di dalam batu -batuan sedimen. Segala macam keadaan pada pertengahan zaman cretaceus jelas mempunyai akibat terhadap kehidupan di darat dan dilaut.

2. KEHIDUPAN DI DALAM LAUT PADA ERA MESOZOIKUM

Ada perkembangan yang tak menentu waktu pergerakan benua dengan watu peristiwa-peristiwa biologis di dalam catatan fosil. Kita sudah melihat beberapa banyak geografi dunia mempengaruhi kehidupan di dalam laut pada era paleozeikum dengan cara yang sama. Di dunia Triassic, super continent Pangaea yang besar mesti sudah menyebabkan suatu iklim musim yang sangat dipengaruhi oleh kontinen. Di lautan hewan-hewan pemakan suspen-si seperti brachiopods, bryozoans (lumut) dan crino-

id yang hampir-hampir musnah pada akhir zaman Permian dan fauna di zaman Triassic didominasi oleh pemakan deposit tepat seperti sesuatu yang terjadi pada zaman Cambrian dengan alasan yang sama, istimewanya beberapa hewan yang merupakan penduduk di permukaan air berkembang menjadi hewan-hewan penggali lubang. Karena di zaman Permian, jumlahnya bagi hewan-hewan di dalam kondisi yang stabil adalah ujung barat equator dan laut Tethys dan karena di situ ada beberapa karang yang dibangun oleh sponge dan koral. Karang ini sekarang membentuk negara batu kapur di pergunungan alpen Eropah.

Ketika Pangaea mulai berpisah pada zaman Jurassic dan awal masa Cretaceous, iklim dunia mungkin menjadi agak stabil (tanpa adanya variasi musim dari iklim suatu benua) dan bermacam-macam pemakan suspensi yang baru itu tidak sama dengan yang sudah berkembang di benua-benua yang sudah retak terdahulu dalam zaman Ordovician. Kehidupan pada zaman Mesozoikum sangat berbeda dengan kehidupan sebelum atau sesudah era Paleozoikum. Tetapi cara-cara hidup yang sama di laut sudah terurut, dari retan itu mulai dari tingkatan herbivora pemakan ganggang sampai kepada pemakan deposit, pemakan suspensi, carnivora dan pembentuk-pembentuk batu karang.

Pemecahan dari Gondwanaland, terbukanya Atlantika dan air bah besar yang terjadi di bagian-bagian benua pada pertengahan zaman Cretaceous menggiatkan perkembangan

an yang sempurna dari kehidupan di laut. Pemakan-pemakan di era Mesozoikum meliputi branchiopods, crinoids dan bryozoans, tetapi kebanyakan binatang-binatang baru dalam habitat pemakan suspensi adalah karang-karang an dari kelas moluska. Mereka melakukan radiasi menjadi semua macam penghuni dan sekarang sudah fauna bermah (bersel), seperti : remis/kepah yang menggali pasir dan lumpur. Tiram yang melekat pada tongkat atau semen zat organik dan scalops yang terbaring bebas di dasar laut.

Hewan-hewan yang berlimpah ruah dan beranekaragam ini menyelenggarakan untuk binatang pemakan bangkai di permulaan zaman Mesozoikum, tetapi sedikit dari padanya yang menjadi karnivora selama zaman **cretaceous**. Suatu varietas yang besar sudah berpatroli di dasar laut berurutan dari ammonit dengan semua bentuk dan ukuran sampai kepada belemnites seperti cumo-cumi. Kebanyakan ammonit adalah predator bersembunyi pemakan bangkai yang terdapat di dasar laut, sedangkan belemnites meluas secara berturut-turut menjadi cumi-cumi. Ikan-ikan lebih berlimpah ruah dan beranekaragam dan mereka lebih kurang menyempurnakan perkembangannya menjadi tipe-tipe perkembangan yang moderen. Batu karang pada zaman Mesozoikum sudah aneka ragam, sedikit yang dibentuk oleh koral-koral, sedikit oleh sponge, yang lain moluska-moluska besar yang tertumpuk dalam jumlah yang sangat be

sar.

Walaupun begitu hewan-hewan marine era mesozoikum yang paling menarik perhatian adalah reptil. Kelompok-kelompok reptil permulaan sedikit yang sudah menyesuaikan diri dengan air, dan turunan-turunan mereka di era mesozoikum telah berhasil dan begitu hebat. Penyu adalah kelompok bertahan yang masih hidup, mereka betul-betul bersifat ampibia, mampu bergerak ke darat dan datang ke pantai untuk melatakkan telurnya. Di laut penyu mendapatkan makanan yang berlimpah dan mungkin banyak selamat dari predator. Kehidupan mereka yang begitu lama, mereka menghindarkan kematian bayi yang mengecutkan dan kekuatan berlayar lebih hebat di lautan terbuka merupakan hikayat pada zaman dahulu kala. Penyu tertua terdapat pada masa triassic, tetapi kemudian merupakan bentuk binatang laut yang sangat besar. Archeilon yang hanya hidup pada periode Cretaceous, ia adalah penyu yang terbesar dari seluruh zaman yang ada, panjang hewan itu 11 kaki dengan rentangan kaki renang yang panjangnya 12 kaki.

Dua kelompok besar dari reptil laut yang belum ada pada zaman mesozoikum. Plesiosours merupakan reptil yang anggota badannya sudah berkembang menjadi kaki pe ngayuh raksasa, leher dan ekornya sudah menjadi sangat panjang. Jika mereka tergantung kepada pendayung tubuh dan pendorongan sirip maka plesiosours mungkin tak da-

pat berenang dengan cepat. Tetapi badannya sudah disesuaikan dengan keadaan arus air dan mereka kelihatannya sudah terancang baik untuk berkayuh dengan dua pendayungnya secara perlahan-lahan melalui air, lalu dengan tiba-tiba menusuk/ memanah mangsanya (mungkin ikan dan cephalopoda) dengan leher mereka yang panjang, ia punya rahang yang panjang serta cela rahang yang lebar, giginya panjang dan tajam (gambar 13-2). Panjang rata rata suatu plesiosaur dewasa kira-kira 10 kaki, dengan 40 vertebrae pada lehernya. Tapi sedikit yang lebih besar, kronosaurus yang terdapat di Australia pada zaman Cretaceous mempunyai panjang 40 kaki dengan panjang tengkoraknya 10 kaki. Elasmosaurus yang terjadi di Kansas pada zaman Cretaceous, mempunyai panjang lebih kurang sama dengan Kronosaurus, tetapi mempunyai tidak kurang dari 75 ruas vertebrae di lehernya.

Beberapa dari reptil laut agak pendek dan tegap. Placodus sangat banyak persamaannya dengan ikan duyung dipandang dari segi ukuran, bentuk dan juga ekologi, ia mempunyai gigi yang keras dan datar, mungkin untuk mengerkah remis/tiram yang digali dari dasar laut. Mungkin Placodus sudah menarik dirinya ke darat tepat seperti suatu ikan duyung, berjemur di bawah sinar matahari, kawin dan berkembang biak.

Dalam banyak hal Ichthyosaur kebanyakannya sangat

menarik perhatian dari semua reptil laut. Badannya sudah begitu cantik disesuaikan dengan keadaan arus air, sehingga mereka mempunyai suatu piala yang hampir tepat seperti seekor lumba-lumba atau tuna. Sisa kulit - nya yang menjadi fosil memperlihatkan bahwa mereka mempunyai sirip yang sempurna kuat yang sudah berkembang dari anggota depannya, dengan sirip ekor yang besar dan sirip dorsal seperti sirip ikan hiyu. Anggota belakang sudah menyusut menjadi sirip yang amat kecil. Seluruh bentuk itu ternyata sudah dirancang untuk berenang serta menahan kecepatan tinggi. Ichthyosaur mempunyai rahang yang amat panjang, tipis, dan berhubungan dengan banyak gigi. Matanya sangat besar sudah melihat baik - dan terdapat di sepanjang garis rahang. Kenyataannya, Ichthyosaur merupakan predator yang amat efektif, persamaan yang banyak dengan tuna dan lumba-lumba hidup menunjukkan bahwa mereka sedemikian berhubungan erat (Gbr 13-3).

Kehidupan di laut mempunyai beberapa masalah bagi binatang-binatang yang besar seperti ini, khususnya yang dapat berkembang dari nenek moyang yang berjalan di darat seperti lumba-lumba dan ichthyosaur. Lumba - lumba dan ikan paus yang masih hidup memperoleh beberapa penyesuaian dalam masalah bernafas, perkawinan dan pem-bawa yang muda. Induknya akan mendorong anaknya yang muda ke permukaan air agar mereka belajar bernafas me-

nurut semestinya dan mereka menyusukan bayi mereka di bawah tekanan tinggi. Ichthyosaur adalah tapi mereka sudah diadaptasikan dengan hebat kepada kehidupan dalam laut. Fosil-fosil yang jarang memperlihatkan ichthyosaur muda, berada di dalam rongga tulang rusuk yang dewasa terlihatlah bahwa mereka adalah reptil yang amat luar biasa melahirkan dan sampai memelihara anak yang masih muda.

Kedua ikan (tuna) dan mammalia (lumba-lumba) yang hidup seperti ichthyosaur adalah berdarah panas. Cara hidupnya menuntut ikhtiar yang tetap untuk menjaga pergerakan dan panas badan yang dihasilkan ini. Seterusnya otot-otot bekerja dengan baik, sewaktu mereka disuplai dengan darah yang panas dan kaya dengan zat-zat makanan. Ini belum bertepatan bahwa ikan tuna mempunyai warna daging yang merah dengan rasa yang berbeda dengan ikan lainnya. Ia adalah suatu hewan yang masih hidup dengan temperatur yang konstan (ayam laut?). Karena tuna dan lumba-lumba berdarah panas, ichthyosaur mungkin juga seperti itu karena cara hidup yang sama. Apakah ini betul atau salah, ini bukanlah keragu-raguan, bahwa ichthyosaur adalah reptil laut yang amat berhasil baik dari zaman Triassic sampai zaman Cretaceous.

Pada akhir zaman Cretaceous banyak binatang berenang yang punah, termasuk kebanyakan chephalopoda molusca dan kebanyakan reptil laut yang besar. Binatang

laut lainnya juga menjadi musnah dan perubahan-perubahan yang hebat terjadi juga di antara kelompok binatang yang berhasil mempertahankan kehidupannya sampai era Cenozoikum. Semua perubahan pada waktu yang bersamaan ini mungkin tidak dapat dihentikan oleh penyebab-penyebab yang terpisah dan masalah yang mendasar itu patut diberikan dalam suatu pembicaraan yang terpisah.

Sesudah akhir zaman Cretaceous tempat tinggal cephalopoda hidup di laut sudah diganti secara besar-besaran, ikan-ikan, reptil-reptil marine raksasa sudah digantikan oleh lumba-lumba, ikan paus, anjing laut, dan ikan duyung. Sedemikian rupa sehingga ekologi di laut di era cenozoikum berbeda dengan ekologi laut Mesozoic hanya terletak di dalam bermacam-penghuni bukan di dalam pola besar ekologis.

3. KEHIDUPAN DI DARAT PADA ZAMAN MESOZOIKUM

Karena semua organisme mungkin tergantung kepada kehidupan tanaman sebagai makanannya, maka sangatlah penting dilihat bagaimana perkembangan tumbuhan pada era mesozoikum itu. Tumbuhan pada era mesozoikum ini melengkapi dasar ekosistem menuju perkembangan dinosaurus. Mereka sudah diturunkan dari vegetasi paya-paya di zaman Karbon seperti yang telah diuraikan di dalam bab 8, tetapi ketika tumbuhan menyebar ke habitat yang kering, mereka mengembangkan suatu penyesuaian untuk menyimpan air melindungi biji-bijinya dari kekeringan.

Kemajuan yang lebih besar adalah perlindungan biji-bijian embrio-embrio yang sudah dibuahi, disimpan di dalam suatu mantel yang tahan air dengan cadangan makanan buat perkembangan embrio. Kemudian embrio dapat terus hidup dari suspended amination di dalam biji sampai tumbuhan induk menyebarkan biji-biji tersebut. Hanya biji yang selama dipindahkan ke dalam keadaan yang menguntungkanlah yang akan melaksanakan perkecambahan. Biji yang sudah tumbuh itu akan merengkah dan kemudian ia tumbuh, lalu menggunakan makanan cadangan makanan yang tersimpan di dalam biji sampai akar-akar dan daun-daunnya yang baru tumbuh besar dan kuat, cukup untuk menyokong dan menyelenggarakan pertumbuhan.

Tumbuhan pohonan yang sudah mengembangkan sistem ini berhubungan dengan conifer-conifer hidup. Fertilisasi pada tumbuhan ini biasanya melalui bantuan angin di mana sebuk sari dihasilkan dalam jumlah yang sangat besar. Biji-biji sering terbungkus dalam suatu kerucut. Tumbuhan hidup dan juga sudah menjadi fosil meliputi ginkgos dan cycads, dan hutan-hutan pada erameozoikum ditempati oleh paku-paku tiang dan tumbuhan berbiji yang tingginya sampai 200 kaki. Memang damparan fosil seperti hutan-hutan yang telah membantu di Arizona pada era mesozoikum mengandung tumbuhan yang besar dan kuat, sedangkan tumbuhan yang lebih lunak, lebih kecil, lebih lemah tidak terpelihara.

Pada permulaan zaman Cretaceous, beberapa tumbuhan sudah mengembangkan tambahan pelindung untuk, melindunginya sebagai pembungkus ekstra. Pada waktu yang sama proses pertilisasi sudah berubah, sehingga, banyak tumbuhan menjadi tergantung pada hewan agak melebihi angin, untuk memindahkan serbuk sarinya. Ini merupakan proses yang amat unik; entah bagaimana tumbuhan dapat memujuk hewan-hewan untuk mengunjungi mereka dan kemudian hewan-hewan itu membawa serbuk sari kepada tumbuhan lain yang speciesnya sama. Karena itu hewan-hewan ini dapat diberi hadiah atas aktifitas-aktifitasnya itu. Pada beberapa tumbuhan, suatu hewan tertarik oleh wangiannya atau oleh indahnya alat-alat penarik tertentu (bunga-bunga). Kunjungan hewan itu diberi hadiah berupa makanan dari serbuk sari atau dalam hal ini serbuk sari disapu bersih oleh hewan-hewan seperti lebah, lalat dan kempret dan atau apapun yang dapat melangsungkannya. Binatang ini menyenangkan, hal ini berdasarkan pengalaman menyenangkan tumbuhan lain, karena tumbuhan lain betul-betul mempunyai bau yang sama atau bunga, agar supaya mengulangi kenikmatan. Ini akan terjadi pada tumbuhan lain dari species yang sama, dan ia akan menerima serbuk sari yang dibawa oleh binatang yang berkunjung dan akan bergiliran membersihkan serbuk sarinya. Dengan sistem pekerjaan ini masing-masing bunga dapat dikenal perbedaannya, di dalam hal rupanya, baunya atau

keduanya, dari beberapa tumbuhan lainnya. Di dalam cara ini sejumlah besar Angiospermai atau tumbuhan yang indah dan bervariasi tidak berkembang. Sudah diperlengkapi ke arah perlindungan biji yang lebih baik, dan biasanya, tetapi tidak selalu, perkembangan metoda penyerbukan yang lebih efisien, lebih tergantung pada hewan daripada angin.

Tumbuhan bunga dapat dikenal pada catatan fosil yang dilaporkan dalam dua cara yang berbeda yaitu dengan mencari daun-daun, biji-biji, atau kayu-kayuan dan dengan mencari serbuk sarinya. Dua pendekatan yang berbeda sudah mengakibatkan suatu argumen yang hebat mengenai asal-usul tumbuhan itu. Ahli paleobotani sebagai orang yang mempelajari serbuk sari menemukan bahwa tidak ada serbuk sari tumbuhan (tumbuhan bunga) tertentu sebelum pertengahan zaman Cretaceous; akan tetapi ahli paleobotani yang memperhatikan kayu-kayuan dan daun-daunan yakin bahwa tumbuhan bunga tertentu jelas telah terjadi di dalam zaman Jura dan mungkin di dalam zaman Trias. Daniel Axelrod dari Universitas California percaya bahwa kedua group itu benar berdasarkan identifikasinya. Ia membayangkan bahwa tumbuhan bunga selesai berkembang dari tumbuhan di dalam permulaan era Mesozoikum, kemungkinan pada waktu dataran tinggi daerah equator stabil di mana mereka jarang terpelihara. Pada waktu ini ia membayangkan bahwa tumbuhan bunga disebut o-

leh angin dan tidak mempunyai serbuk yang tertentu. Kemudian dalam iklim yang lebih baik pada pertengahan zaman Cretaceus, ketika terjadinya pemecahan dari Gondwanaland, angosfermai menyebarluas ke daratan rendah bumi dan berhubungan dengan serangga-serangga yang sudah mulai menyerbukinya. Mungkin peristiwa ini terjadi buat pertama kalinya tetapi sudah berkembang menjadi suatu kesatuan yang sempurna dengan mutual benefit (saling menguntungkan). Di dalam pertengahan zaman Cretaceus, yang kemudian tumbuhan bunga tipe serbuk sari tertentu dan ini merupakan petunjuk bahwa mereka muncul dengan tiba-tiba, menurut ahli paleobotani yang menyelidiki serbuk sari. Malapung begitu, banyak ahli paleobotani yang tidak sebang ketika masalah ini dibicarakan, karena belum cukupnya fakta untuk menyelidiki ini.

Tumbuhan bunga sudah dapat menjajah daerah kering dibandingkan dengan tumbuhan berbiji lainnya, karena mereka mempunyai biji yang tertutup sempurna. Tapi lebih dari itu, mereka sudah berpengaruh besar terhadap binatang di sekitarnya. Untuk pertama kalinya, hewan-hewan kecil seperti serangga-serangga akan menjadi spesial sebagai penyerbuk (pollinator), dihadiahi serbuk sari dan nektar yang dibebaskannya. Ini sudah melengkapi pilihan di antara dua kemungkinan untuk mencari makan melalui penusukan daun dan batang mereka untuk

memperoleh cairan tumbuh-tumbuhan dan mungkin menga -
rah kepada penghasilan zat kimia beracun untuk melin-
dungi tumbuhan (seperti mikotin). Perkembangan tumbuh-
an bunga di zaman Cretaceous merupakan persembahan ma-
kanan bagi tumbuhan baru ini kepada hewan herbivora, mu-
lainya evolusi yang meledak pollinator-pollinator kecil
teristimewa insekta. Selanjutnya proses itu menyeleng-
garakan bermacam makanan ekstra bagi insektifora seper-
ti kadal dan mammalia kecil-kecil.

Di antara dinosaurus, kenaikan tumbuhan bunga di-
sertai evolusi beberapa macam tumbuhan baru- ceratopsi
an bertanduk tertentu terlihat sudah berkembang pada
tumbuhan baru. Kita akan melihat bahwa ini adalah sa-
ngat penting di dalam menerangkan bagaimana binatang -
binatang dinosaurus itu menjadi musnah.

3. KEMUSNAHAN PADA AKHIR ZAMAN CRETACEOUS

Banyak kelompok-kelompok hewan yang mati relatif
tiba-tiba pada akhir periode cretaceous. Di dalam laut-
an reptil-reptil marine yang besar, hampir semua chep-
halopoda dan banyak binatang laut lainnya menjadi mus-
nah. Di daratan dinosaurus mati pada waktu yang bersa-
maan. Reptil terbang jadi lenyap. Apakah yang menjadi
alasan sebagai hal yang mendasari pendapat ini ? Semua
macam keterangan telah dikemukakan (tubrukan meteor, le-
tusan gunung berapi, penembakan radiasi matahari yang

mematikan, peracunan dari selenium dari abu vulkanis , banjir besar Nabi Nuh dan lain-lain). Tapi para scientist dapat mencoba untuk menemukan sejumlah hal yang lebih baik dari yang biasa untuk menyatakan kebenaran sebelum berpegang pada kenyataan sangat sulit untuk membuktikannya.

Suatu hipotesa yang istimewa buruknya membayangkan munculnya tumbuhan bunga, entah bagaimana menghalangi kematian dinosaurus (karena kerusakan gigi yang terus-menerus dipakai karena menimbulkan semblit atau diarrhea dan teori-teori lainnya), tetapi tidak ada bukti-bukti bagi hipotesa ini, Bukti-bukti fosil untuk serangan diarrhea dalam hal ini sulit ditemui. Kenyataan itu adalah untuk dinosaurus yang memakan tumbuhan hidup subur dengan memakan tumbuhan bunga selama berpu-luh juta tahun sebelum punah. Dengan adanya varietas baru dari species tumbuhan, tumbuhan bunga mungkin lebih mengaktifkan keberhasilan dinosaurus herbivora daripada mereka digiring menuju kepunahan.

Untuk pertama kalinya semenjak reptil-reptil laut juga dinosaurus menjadi lenyap di akhir jaman cretaceous, penjelasan mengenai perkembangan di darat belum meyakinkan. Walaupun terjadi peningkatan dari tumbuhan bunga atau menyelenapnya mammalia bertelur, atau juga radiasi dari angkasa luar dan banjir Nabi Nuh yang istimewa tidak akan memberikan akibat yang nyata kepada

Plesiosaurs yang berenang di dalam laut pada zaman cretaceous. Kita memerlukan suatu keterangan yang benar dari dunia yang luas ini untuk suatu keadaan dari dunia itu.

Marilah kita coba untuk melihat apakah kepunahan yang terjadi di zaman Cretaceous mempunyai beberapa hubungan dengan pergerakan benua-benua. Pergerakan yang hebat dari dunia yang bercerai berai dalam pertengahan zaman Cretaceous belum terselenggara. Pemisahan dari fragmen-fragmen Pangae berjalan perlahan-lahan. Bukit barisan laut tengah sedikit berkurang ketika penyebaran dari lempeng-lempeng benua itu, yang sudah didorong ke seluruh pinggir benua di zaman pertengahan zaman cretaceous kembali menurun ke dalam palung yang lebih dalam. Akibatnya tidak sebesar penurunan permukaan air laut pada akhir zaman Permian juga dikira hal itu disebabkan oleh mekanisme yang sama. Sesudah semuanya berakhir, benua-benua terpisah seperti sekarang ini dan geografi atau iklim bumi tidak bersifat kontinental. Tapi akibat iklim pengeringan air laut menjauhi pinggir benua yang masih sangat penting. Akibat musiman akan memberi akibat yang menjadi lebih hebat akhir cretaceous dari pertengahan cretaceous.

Hal ini sangat berarti bahwa hewan-hewan yang menjadi punah pada zaman Cretaceous pada umumnya adalah -

hewan-hewan yang lebih besar. Ada hewan-hewan yang hidup berbahaya di dalam pengertian ekologis. Suatu Dinosaur sebagai contoh adalah buaya yang sangat besar dan mungkin hidup di sepanjang waktu, memakan sejumlah besar makanan. Banyak dinosaurus yang tidak dapat berkongsi di area makan yang sama, sehingga populasi bangsanya mesti sedikit. Beberapa penyilangan yang vital seperti kejadian yang berbahaya dan kebanyakan musim dingin yang dapat menimbulkan binasa yaitu dengan bertambah kecepatan kematian dari anak yang masih muda, sebagai contoh dinosaurus yang begitu muda tidak besar dan tidak mempunyai pelindung untuk menghadapi keadaan dingin. Anak dinosaurus juga besar, hidup di dalam lubang dan tidur selama musim dingin untuk menghindarkan diri dari keadaan dingin, tetapi induk mereka tidak begitu. Kenyataan seseorang tak dapat mengira bahwa dinosaurus sangat kedinginan sampai mati di dalam salah satu musim dingin yang buruk, tetapi perubahan perlahan-lahan menuju musim dingin yang lebih dingin sampai kepada puncak keseimbangan menghadapi suatu perkawinan yang perlahan-lahan dan sebanding dengan populasi yang jarang.

Di dalam laut reptil marine yang besar mesti sama-sama terkena oleh perubahan iklim. Ammonit telah mulai berangsur mundur pada akhir zaman cretaceous, perubahan iklim yang sederhana sudah mempercepat berakhir pe-

istiwa ini, hal itu sama sekali mungkin bahwa ikan-ikan yang sudah sempurna seperti sekarang di laut pada zaman cretaceous lebih berkompetisi dengan ammonite di dalam kecepatan berenang dan akibat kompetisi yang hebat terhadap makanan.

5. K E S I M P U L A N

Kita sekarang dapat menarik kesimpulan dari bukti-bukti seperti di bawah ini :

- a. Tanaman bunga sudah berkembang sehingga mendominasi flora-flora daratan dekat akhir zaman Cretaceous, tetapi peristiwa ini merupakan proses yang perlahan-lahan, mungkin dimulai pada permulaan zaman Cretaceous.
- b. Kehidupan di laut yang telah didemonisir dimulai dalam zaman cretaceous dan ini sudah diikuti oleh suatu kematian yang dramatis dari cephalopoda, reptil laut yang besar dan banyak binatang-binatang lain lagi pada akhir periode ini.
- c. Dinosaurus betul-betul lenyap secara tiba-tiba pada akhir zaman cretaceous.
- d. Lautan Atlantik dan bermacam-macam bagian dari Gondwanaland, celahnya menjadi lebih terbuka dengan cepat pada pertengahan zaman cretaceous, sehingga terjadilah suatu banjir besar di pinggiran benua dan

dunia menjadi lebih bersifat lautan.

- e. Peristiwa ini dilanjutkan pada akhir zaman cretaceous dengan penurunan perlahan-lahan dari pergerakan benua; lautan sudah mengering kembali menjauhi pinggir benua dan bumi kembali menjadi bersifat musiman

Pada hakikatnya kita dapat menyimpulkan bahwa perubahan iklim, terutama akibat perpindahan benua yang berperanan sebagai penyebab perubahan biologi pada akhir zaman Cretaceous. Kenyataannya cerita ini masih agak bersifat kerangka dan masih memerlukan tambahan dengan fakta-fakta yang kuat. Tetapi hal itu melengkapi keterangan yang lebih lengkap selama kematian pada zaman cretaceous yang selanjutnya sedemikian terbatas setelah adanya banjir di pinggir benua pada pertengahan zaman Cretaceous.

Semenjak zaman cretaceous sampai sekarang benua-benua sudah kontinu bergerak, bumi mungkin lebih kurang bersifat oceanic. Beratus-ratus tipe yang berbeda dari mollusca dapat dijumpai di tepi laut/pantai daerah tropis, kebanyakan dari mereka amat mengalami spesialisasi di dalam cara-cara hidupnya. Sekarang lebih banyak macam organisme yang berbeda-beda yang membentuk dunia yang sangat baik bagi ahli zoologi dan ahli botani untuk diselidiki. Tetapi hal ini dapat berubah di masa datang jika benua kembali lagi mengapung bersa

ma-sama. Kita sangat beruntung hidup pada waktu ketika dunia merupakan suatu tempat yang memberi kesempatan hidup bagi organisme tertentu.

6. R I N G K A S A N

Kontinen Pangaea yang besar bercerai-berai di dalam era mesozoikum, meretak di dalam zaman Triassic, terpisah di dalam zaman Yurassic dan terpecah-pecah di dalam pertengahan zaman cretaceous. Iklim bumi menjadi lebih bersifat oceanic dan menggiatkan evolusi dari bermacam-macam hewan dan hewan-hewan yang istimewa di dalam laut dan daratan. Dalam laut selanjutnya berkembang hewan-hewan yang meliputi reptil marine yang sangat besar. Di darat tumbuhan bunga menyebar luas dan menggiatkan perkembangan insekta herbivora, reptil dan mamalia yang baru.

Pada akhir zaman cretaceous perpindahan benua sudah lambat, iklim bumi menjadi lebih bermusim, dan pada waktu terjadi kematian yang dramatis di darat dan di laut. Binatang-binatang besar mendapat pukulan yang amat hebat terhadap peristiwa ini, reptil-reptil laut yang besar, reptil-reptil terbang dan dinosaurus semuanya - menjadi punah.

XIV. MAMMALIA DI ZAMAN CENOZOIKUM

1. PENDAHULUAN

Di akhir periode Cretaceous terlihat bahwa banyak terjadi perubahan di darat dan di laut, yang juga dipandang sebagai akhir era Mesozoikum. Era Cenozoikum membawa kita kepada keadaan, belum ada tanda-tanda adanya perubahan yang besar pada organisme di laut, kecuali pada hewan-hewan yang tetap hidup pada zaman mesozoikum bangun menjadi sekelompok hewan yang amat mengagumkan dan sangat bervariasi. Catatan fosil marine dari era cenozoikum didominasi oleh moluska, khususnya karang-karangan dan gastropoda-kepek dan siput pantai/pesisir yang terdapat sebagai koleksi.

Tapi di darat pada era Cenozoikum ditandai dengan keunggulan tumbuhan bunga dan mammalia. Khusus mengenai mammalia mengalami beberapa evolusi besar yang luas pada zaman Cenozoikum. Walaupun evolusi merupakan hasil dari semua kegiatan terhadap organisme, namun kita akan melihat dua macam respon yang besar dari mammalia terhadap peristiwa-peristiwa pada zaman Cenozoikum. Yang pertama dapat digolongkan kepada "perkembangan"-akibat ini terutama di dalam deretan yang panjang seperti evolusi dari kuda atau evolusi gajah. Di dalam hampir seluruh ka-

sus ini evolusi sudah lebih mencocokkan hewan-hewan terhadap cara hidup yang sedikit istimewa dan species secara berturutan menjadi lenyap karena berkembang menjadi suatu bentuk turunan yang sedemikian berbeda dan kita kenal sebagai species baru. Biasanya perubahan ini dapat diingatkan secara sederhana sewaktu kita memahakamkan biologi hewan itu. Yang kedua pemisahan benua di dalam zaman Cenozoikum sudah mengakibatkan suatu respon evolusi yang sangat hebat terhadap perubahan geografi. Fakta ini sangat berguna sekali bagi beberapa studi.

2. MAMMALIA PADA PERMULAAN ERA CENOZOIKUM

Semua mammalia pada era mesozoikum adalah kecil dan hanya peranan ekologis yang terbatas. Tetapi ketika dinosaurus sudah lenyap, mammalia paleocene berkembang sangat cepat sekali, sehingga mengisi peranan-peranan ekologisnya dan juga mereka sudah kontinu melakukan fungsi mammalia mesozoikum yang bersifat tradisional selama 100 juta tahun.

Kebanyakan mammalia yang herbivora yang disebut "Ungulata" yaitu mammalia berkuku yang memakan tumbuhan. Walaupun mereka sudah mengembangkan cara pergaulan yang sama dengan makanan dan tumbuhan, namun mereka tidak begitu berhubungan erat antar sama lainnya. Pada umumnya semua ungulata tertentu untuk mengunyah tumbuhan. Ia mempunyai sistem pencernaan yang besar untuk menangani sejumlah

lah makanan yang kalorinya agak rendah. Kadang-kadang dengan sistem lambung yang istimewa untuk mengunyah kembali makanannya atau untuk melakukan fermentasi. Kebanyakan hewan yang memakan tumbuhan dimangsa oleh Karnivora, sehingga Ungulata sering diperlengkapi dengan alat kecepatan untuk berlari, dengan pola anggota dan kuku yang istimewa. Mereka juga menggunakan sepak terjang sebagai pertahanan untuk berkompetisi di dalam speciesnya.

Memang kita temui bahwa Ungulata pertama adalah kecil dan tak mempunyai gigi khusus seperti bentuk yang lebih kemudian, mereka juga mempunyai cakar, tidak mempunyai kuku pada kakinya. Tapi pada akhir zaman pleocene hewan berkuku Phenacodus mungkin merupakan contoh dari nenek moyang mammalia berkuku yang masih hidup. Ia sedikit lebih besar dari seekor biri-biri dengan ekor yang agak panjang. Ungulate pada masa ini sangat berbeda dan tidak berkembang menjadi berbagai seluruh macam kebiasaan dan tempat tinggal. Di dalam keadaan seperti itu akhirnya banyak yang punah, tetapi kemudian yang lain berkembang menjadi beranekaragam hewan Ungulata seperti : kuda, lembu rusa, badak, gajah, jeratan, ontah dan sebagainya - didalam zaman Cenozoikum.

Beberapa hewan berkuku pada zaman Eocene begitu besar. Uintatheres sama besar dengan badak yang masih hidup, dengan bangun tubuh yang banyak bersamaan. Uintatherium sendiri mempunyai kepala yang besar dan jelek dengan

enam tanduk dan dua gigi taring yang besar. Ia mungkin bermain-main di semak-semak atau pohon-pohonan, dan yang dewasa mungkin sudah aman dari serangan beberapa predator. Agaknya tanduk digunakan sebagai alat pertahanan bagi anak-anak dan untuk berkompetisi di dalam speciesnya (gambar 14-1).

Musuh bagi Ungulata permulaan dan anak-anaknya adalah carnivora permulaan. Biasanya dikenal dengan gigi pemotong dan gigi penyobek, rahang yang kuat dan kuku cakar yang kuat. Ada beberapa cara memburu yang berbeda dari Karnivora ini mulai dari memburu secara sendiri-sendiri dengan jalan mengintai-intai dan berlari cepat dengan jarak pendek yakni kucing sampai kelompok masyarakat pemburu yaitu anjing liar. Lagi pula karnivora pernah mempunyai bermacam species yang dipunyai oleh karnivora. Di dalam hal ini karnivora hanya terdiri dari dua kelompok penting dari mammalia karnivora yaitu creodont terdahulu dan karnivora sebenarnya yang lebih kemudian.

Creodont sudah berkembang pada permulaan akhir zaman Cretaceous. Tetapi tentu saja pada saat ini mereka masih kecil. Mereka mempunyai rongga otak yang kecil dan anggota-anggotanya selalu agak pendek dan kuat, sehingga mereka tidak dapat berlari begitu cepat. Merekalah yang merupakan karnivora yang penting sampai akhir zaman Eocene. Suatu creodont tertentu bentuk dan ukuran tubuh -

nya agak ramping seperti hyena (s.m. anjing hutan). Agaknya menyerupai hyena moderen, mereka dapat memakan mangsanya yang telah mereka buru atau hewan-hewan yang mati, atau hewan-hewan yang telah dibunuh oleh hewan-hewan lain. Malalupun demikian suatu Creodont tak berhasil menyerang seekor uintahere yang besar, kecuali jika ia sedang sakit atau luka parah. Anjing liar dan srigala dari Afrika pada saat ini mungkin masuk dari Ungulata permulaan yang lebih kecil, anak-anak hewan yang bentuknya serupa kadal dan telur. Creodont lainnya lebih kecil dari mammalia, khusus pelanjut dari cara hidup zaman mesozoikum, insektivora dan hewan-hewan kecil pemakan vegetasi. Rodentia pengerat sudah timbul di awal masa Paleocene dan juga bentuk yang paling awal itu mempunyai tipe gigi depan yang besar berbentuk pahat. Ia mempunyai ukuran yang sama dengan tupai, tetapi telah berkembang dengan relatif cepat menjadi varietas hewan seperti : tikus, beavers, musang dan tupai yang hidup sekarang. Kelinci seharusnya berhubungan dengan rodentia, tetapi dari fakta primitif kelinci sudah hidup di dalam zaman Paleocene dan mereka mesti sudah punya sejarah evolusi yang telah lama terpisah, yang didasarkan secara kasa atas cara hidup yang sama.

Insektivora seperti tikus telah ada pada zaman Cretaceous, kehidupan dari sejenis landak dan tikus, tikus mondak dan tenrec dari Madagaskar, mungkin punya kebiasa

an yang agak sama dengan kebiasaan nenek moyang pada zaman Cretaceous dan nenek moyang pada permulaan era Cenozoikum. Ada suatu kejutan dengan ditemui suatu kampak yang amat sempurna terpelihara di dalam batuan pada zaman Eocene (lihat bab 11). Primata juga sudah mulai mengembangkan suatu cara hidup terpisah pada zaman Cretaceous yang paling akhir. Agaknya suatu faktor di dalam evolusi kampak, primata dan rodentia seperti tupai adalah keselamatan hidup di pohon yang jauh dari creodont yang sedang berkembang.

Beberapa mammalia pada awal Cenozoikum mudah kita kenal, karena mereka hampir bersamaan dengan bentuk-bentuk yang masih hidup, yang lain terlihat sangat asing buat pertama kalinya, tetapi setelah melihat mereka pada suatu zaman, seorang ekologis akan menyatakan bahwa ia melakukan pekerjaan yang sama dengan binatang moderen yaitu : memburu, memakan bangkai, memakan rumput, memakan buah-buahan dan sebagainya. Dengan perkataan lain sudah mempelajari bermacam mammalia Cenozoikum permulaan kita melihat bahwa ekologi mereka mungkin banyak bersamaan dengan ekologi mammalia yang masih hidup. Tetapi dalam beberapa kasus mammalia permulaan sudah diganti dengan bentuk-bentuk lain yang sudah melakukan aktivitas lebih baik. Kita akan melihat beberapa contoh dari pergantian melalui pembaharuan ini.

a. Evolusi Kuda

Kuda termasuk salah satu grup Ungulata yang disebut perissodactyla (yang punya sejumlah dari yang ganjil sekurang-kurangnya terdapat pada bentuk-bentuk yang masih hidup). Perissodactyla yang masih hidup adalah tapir dan badak. Kebanyakan evolusi kuda terjadi di Amerika Utara dan mereka sudah dipelajari secara intensif. Kuda mempunyai catatan fosilnya yang lebih banyak diketahui dari hewan-hewan mammalia yang masih hidup. Seluruh buku-buku sudah menulis evolusi kuda, walaupun di sini diringkaskan di dalam beberapa halaman saja.

Binatang-binatang pertama yang sudah dikenal sebagai suatu anggota keluarga kuda adalah Hyracotherium yang ukurannya sebesar anjing kecil, ditemui sebagai fosil pada batu-batuan dari zaman Paleocene. Hyracotherium agak menyerupai ungulata permulaan yakni Phenacodus dengan sedikit berbeda dalam hal gigi dan kakinya. Kakinya agak kaku sehingga secara praktis tidak dapat menyetul ke arah samping - dengan perkataan lain kaki sudah disesuaikan dengan gerakan dari muka ke belakang. Sedemikian Hyracotherium sudah berkembang ke arah suatu macam gerakan berlari (dikira pada tanah yang mantap), dan giginya sudah membayangkan bahwa ia sudah memakan daun-daunan belukar.

Hyracotherium hidup di Amerika Utara dalam zaman Paleocene, tetapi perkembangannya lebih luas adalah pada zaman Eocene, hewan itu kadang-kadang disebut "Eohippus" yaitu kuda yang mula-mula, tapi nama ini bukanlah nama yang tepat menurut aturan dan ia juga agak menyesatkan sebab Hyracotherium dapat dikatakan sebagai nenek moyang dari tapir dan badak.

Selanjutnya sejarah kuda sudah sempurna, sebagai mana yang diharapkan seseorang dalam studi yang lebih dalam, tetapi beberapa faktor yang sederhana adalah jelek. Kuda berkembang ke arah suatu ukuran yang lebih besar selama zaman Eocene dan Oligocene. Tulang rusuk dan bagian belakang menjadi lebih kaku dan lebih kuat ketika hewan itu bertambah besar dan berat, giginya menjadi lebih efisien untuk memotong dan mengunyah daun-daunan. Dengan perkataan lain kuda-kuda permulaan menjadi hewan pemakan rumput lebih besar dan lebih efisien, mampu berlari kencang kalau dibutuhkan. Anggota depan dan anggota belakang tidak dibangun menjadi alat yang tangkas untuk mengelakkan predator, tetapi menjadi anggota yang sederhana untuk berlari cepat dan lebih lama.

Suatu peristiwa penting terjadi dalam zaman Miocene, rumput-rumput moderen sudah berkembang dan sumber makanan baru tersedia lebih sempurna di dunia untuk binatang pemakan tanaman, yang dapat hidup pada

suatu padang terbuka yang di mana-mana tidak ada tempat bersembunyi. Kuda sudah memiliki cara hidup yang lebih baik untuk memenuhi syarat yang harus dipenuhi terlebih dahulu. Mereka mempunyai gigi pemotong yang baik. Beberapa kuda zaman miocene terlihat meninggalkan kehidupan memakan daun-daunan semak tempat bersembunyi menuju kehidupan di padang rumput yang terbuka dengan perkataan lain mereka sudah merubah nasibnya. Secara ekologis mereka telah berubah dari pemakan daun-daunan di semak menjadi pemakan rumput-rumputan.

Beberapa kuda pada zaman miocene tinggal di dalam semak-semak dan mempunyai 3 jari kaki, tetapi suatu kuda yang terkenal yaitu *Merychippus*, kenyataannya sudah tersebar luas di padang yang luas. Ia sama besar dengan kuda kecil moderen, walaupun begitu ia mempunyai 3 jari, dua jari sisi sangat kecil dan jari tengah yang besar mempunyai satu kuku. Gigitannya lebih keras dari gigi kuda sebelumnya, agaknya digunakan untuk mengunyah rumput yang lebih kasar, bahkan daun-daunan yang keras. Selanjutnya kuda-kuda memperlihatkan variasi-variasi keberhasilan hidup di padang yang terbuka. Tepat seperti antelop (s.m rusa) dari macam variasi itu terjadi di padang-padang rumput benua rumput Afrika, yakni grup kuda yang berbeda, seluruhnya diturunkan dari *Merychippus*, yang telah ditemui di dalam catatan fosil dari zaman Pleocene.

Suatu grup yang anggotanya telah diketahui dengan baik adalah yang sudah meninggalkan bangunan yang kecil dan ringan, menyebar di mana-mana di seluruh dunia, kecuali di Afrika dan Amerika Selatan. Pada waktu yang bersamaan kuda-kuda lain menjadi lebih besar.

Pliohippus lebih kurang sudah melengkapi perubahan ke arah kuda moderen, karena jari tengahnya hanya bahagian fungsi kaki. Ia mempunyai dua macam turunan yang satu bermigrasi ke Amerika Selatan dan menjadi lebih besar, tetapi merupakan kuda yang larinya dan akhirnya lenyap. Turunan lainnya adalah Equus yang meliputi kuda-kuda moderen, zebra dan keledai. Kemudian terjadi suatu peristiwa yang cukup aneh, seluruh kuda menjadi lenyap di Amerika Utara sesudah zaman es, kurang dari 200 tahun yang lalu, sesudah mereka hidup 50 juta tahun, hanya ketika penyelajah-penyelajah bangsa Spanyol memasukkan kembali kuda-kuda ke benua yang memperlihatkan di mana mereka sudah berkembang dari hyracotherium (gambar 14-2).

Kuda ini kelihatan sudah berkembang sangat cepat dan di dalam kenyataan kecepatan perubahan begitu cepat dibandingkan dengan urutan evolusioner lainnya. Tetapi Glenn Jepsen dari Universitas Princeton telah membuat suatu estimasi yang begitu jelas memberikan pemikiran bagaimana kenyataannya evolusi perlahan-lahan ini. Jika semua kuda pernah hidup pada tumbuhan rawa

dan juga pada tempat yang agak padat, luasnya mencapai 75 mil, panjangnya 6 mil dan untuk melwatinya akan memakan waktu 90 tahun. Kenyataannya mungkin dapat dilihat ketidaklanjutan dalam lajunya perubahan dari satu species kepada proses selanjutnya. Sejarah singkat evolusi kuda adalah kurang sempurna. Banyak keturunan hyracotherium lain, di mana bukan hanya kuda yang sukses baik hidup, sedangkan yang lainnya menjadi lenyap, contoh Titanotheres. Seteuintatheres yang besar lenyap, Titanotheres berkembang menjadi ukuran yang lebih besar pada akhir zaman Eocene dan Oligocene. Mereka memperlihatkan bagian tertentu, kita dapat melihatnya pada herbivora yang besar yaitu dinosaurus dan uintatheres. Brintherium panjangnya kira-kira 14 kaki dan tingginya 8 kaki sampai bahunya. Ia dibangun demikian besar dan punya kaki seperti kaki seperti kaki gajah dan yang jantan punya tanduk yang sangat besar, punya tali sumbu antar tengkorak dan mukanya, yang betina mempunyai tanduk yang sama tapi lebih kecil. Beberapa predator mempunyai alat penunjang yaitu pada yang dewasanya. Begitu juga ia mempunyai tanduk yang digunakan untuk pertahanan dan juga untuk berkompetisi antara yang jantan dengan betina. Titanotheres dapat sukses dalam masa yang lama, ini mungkin disebabkan giginya yang sesuai untuk tanaman lunak.

Badak (Rinoceros) juga diturunkan dari Hyraco -

therium. Dibandingkan dengan sejarah kuda, tidak dikenal dengan baik, tetapi sudah cukup penemuan untuk memperlihatkan bahwa evolusinya sudah begitu lengkap. Biasanya mereka mempunyai tubuh yang besar serta kuat, rendah dengan kaki yang pendek, memakan daun dan tanaman. Beberapa badak hampir seperti kuda nil. Tetapi kebanyakan badak yang menarik yang pernah hidup, tingginya 16-18 kaki dari bahunya bila ia berdiri dan memakan daun-daunan pada pohon-pohonan yang tinggi. Ia hidup pada akhir zaman Pliocene dan permulaan zaman Miocene di Asia Tenggara. Ini merupakan suatu pemikiran pada saat mana mammalia raksasa beruntung melalui seleksinya.

b. Gigi Gajah

Gajah mempunyai suatu sejarah evolusi yang lengkap. Kita hanya akan dapat melihat pada bagian akhir dari sejarah mereka. Gajah moderen sudah berkembang dari nenek moyang pada akhir zaman Cenozoikum melalui perubahan kegiatan mengunyah mereka. Gajah-gajah pada zaman Pliocene mengunyah makanannya secara normal, pergerakan gigi-gigi pada rahang bawah terhadap gigi-gigi pada rahang atas dalam semua arah. Tetapi gajah-gajah moderen mengunyah hanya dengan pergerakan rahang bawah ke arah belakang dan ke arah muka di dalam suatu garis lurus. Benjolan enamel yang panjang pada geraham atas dan geraham bawah bertemu se-

perti mata gunting pada suatu sudut kecil dan memotong motong makanan menjadi bagian yang lebih kecil. Cara mengunyah yang baru ini kelihatannya berhasil dengan baik, tetapi hal itu sudah membawa perubahan yang amat penting di dalam karakteristik gajah-gajah lainnya. Sebagai contoh gigi dan rahangnya berubah secara intensif dan otot-otot yang menggerakkan rahangnya sudah berkembang, yang selanjutnya merubah bentuk tengkoraknya. Dengan demikian suatu bentuk perubahan kecil di dalam kegiatan mengunyah menyebabkan gajah-gajah itu berkembang bukan kepalang di dalam sifat-sifat fisik dari kepalanya.

c. Kenapa Unta Sedemikian Jelek ?

Unta tak mempunyai kemampuan berlari seperti kuda melainkan mereka melangkah, menggerakkan tangan dan kaki kanannya dalam waktu bersamaan dan kemudian diikuti oleh gerakan tangan dan kaki kirinya, tapi mereka dapat melangkah beritu panjang dengan penghematan pekerjaan otot. Unta adalah binatang yang sangat efisien untuk mengembara pada jarak yang jauh di permukaan bumi yang datar. Kecepatan dari langkahnya sebagian besar terletak pada pundak, panggul dan sendi pergelangan kaki dari binatang itu, karena seluruh berat badannya melenggang dari suatu sisi ke sisi lainnya setiap melangkah. Sendi-sendi yang kukuh sudah berkembang pa-

da unta untuk menyokong gaya berjalan dan lehernya di atur sedemikian rupa, lebih rendah dari dada untuk memperkecil sedikit lenggang kepada unta. Inilah yang merupakan pemikiran yang evolusioner yang dari sifat-sifat itu yang membuat evolusi unta sedemikian jelek.

Di dalam catatan fosil kita dapat juga melihatkan perubahan kecepatan itu terjadi - Peristiwa itu merupakan ekspansi besar dari padang rumput yang terbuka Miocene pada saat mana unta-unta mulai mengembangkan kaki yang betul-betul kuat condong keluar dan memperkuat sendi kaki.

3. EVOLUSI YANG DITIMBULKAN OLEH KEADAAN GEOGRAFI

a. Australia

Setiap orang sudah mendengar bahwa benua Australia adalah benua binatang berkantung, di mana koala dan kanguru terisolasi dari garis utama evolusi mamalia. Ini hanyalah merupakan sebagian dari sejarah. Australia berbeda di dalam hal tumbuhan, serangga dan reptil sebagaimana mammaliaanya. Alasan itu terletak dalam perubahan geografi daerah itu semenjak era Mesozoikum. Australia dan New Zealand adalah bagian dari Gondwanaland yang terletak dekat kutub Selatan, bersatu dengan antartika pada pertengahan zaman Cretaceous - terjadilah peretakan. Australia dan New Zealand tidak terpisah satu dengan yang lainnya dan juga dengan an-

antartica sampai permulaan era mesozoikum dan hanya kemudian mereka mulai hanyut arah utara pada lintang yang sekarang. Hanyutnya Australia ke arah utara tercatat pada sedimen-sedimen dasar laut yang mengelilingi Antartika sepanjang tahun dan tak berakibat sampai zaman oligocene (lihat bab 16). Ini sesuai dengan fakta bahwa catatan fosil yang sangat sedikit terdapat di Australia mengenai sejarah binatang-binatangnya. Benua ini mungkin begitu dingin sampai zaman oligocene. Fosil tertua dari binatang berkantung Australia di temui pada masa akhir zaman oligocene atau zaman miocene, dan bahkan kemudian mereka hampir seperti marsupialia yang masih hidup. Kenyataannya kita tidak mempunyai tanda-tanda mengenai dari mana Australia memperoleh marsupialianya. Kita sekarang mengetahui bahwa mereka sudah berkembang untuk mengisi semua peranan penting ekologis, sedangkan mammalia berplacenta mengisi benua-benua lainnya. Kanguru adalah binatang pemakan rumput, sedangkan Koala senang makan pucuk-pucuk tanaman dan Wombat adalah rodentia yang membuat liang besar. Di sini juga terdapat tikus berkantung, tenggiling berkantung dan juga tikus modah berkantung. Sri-gala Tasmania dan tikus Tasmania (Tasmanian devil) adalah carnivora yang masih hidupnya hanya di daerah Tasmania. Mereka sudah diganti pada benua utama oleh dinggo, semacam anjing yang mungkin ditemui di Australia.

Suatu binatang Australia yang sangat ialah Diprotodon di mana besarnya 4 kaki terdapat di zaman pleistocene yang merupakan binatang berkantung sebesar badak. Thylacole adalah bentuk lain dari binatang besar di zaman pleistocen yang disebut dengan singa berkantung, ukurannya sebesar singa dan ia mempunyai gigi pemotong yang sangat efisien, tapi kurang jelas apakah gigi itu digunakan untuk mengiris mangsanya hidup-hidup ataupun untuk mengiris buah-buahan. Pleistocene dapat dikatakan mammalia primitif yang berkantung dan lebih rendah dari mammalia yang berplacenta, tapi banyak pendapat yang berlawanan bila ditinjau dari satu seri.

Kanguru lompatnya agak kaku dan lambat seperti di kebun binatang. Ekor digunakan sebagai anggota badan pembantu, seperti ia mempunyai 5 kaki untuk berpindah. Kanguru bukan hanya bisa berlari cepat (di atas 40 mil/jam), tapi lompatnya yang jauh lebih efisien dari pada berlari dengan menggunakan 4 kaki dalam berat tubuh yang sama.

Keadaan Australia yang terisolir mempunyai arti bahwa binatang dapat bergerak jauh (kampret, burung, mammalia, anjing) dapat mencapai benua luar. Paruh binatang platyphus, tenggiling kecil dan banyak binatang berkantung dijumpai pada awal masa itu dan melalui suatu route seperti mammalia yang lebih tinggi. Tidak se

orangpun yang menyetujui bagaimana hal ini terjadi. Kita harus mengetahui lebih banyak fosil orang Australia mula-mula yang ditemukan sebelum kita menjawab. Masalahnya bagaimana binatang berkantung mencapai Australia yang berasal dari Amerika di mana ia pertama kali berkembang. Banyak orang menduga bahwa adanya perjalanan menyeberangi antarctica dari Amerika Selatan. Kita membutuhkan beberapa fakta.

b. Amerika Selatan

Untuk evolusi mammalia, Amerika Selatan dalam banyak hal, lebih menarik dari pada benua Australia, sebab kita mengetahui sejarahnya lebih mendetail. Amerika Selatan terpisah dari Afrika pada pertengahan zaman Cretaceous menjadi pulau benua yang hanya mempunyai hubungan genting dengan Amerika Utara. Pada permulaan zaman Cenozoikum, Amerika Selatan secara sempurna terisolir dari perubahan-perubahan hewan-hewan serta benua-benua lainnya. Jika tidak mereka benua yang baik untuk tumbuh-tumbuhan. Amerika Tengah saat itu belum berada di atas laut, pada waktu itu terdapat berjenis-jenis mammalia di Amerika Selatan dan berkembang di sana tanpa gangguan selama 30-40 juta tahun. Mammalia Amerika Selatan dibagi atas peranan ekologi sebagaimana benua lainnya.

Amerika Selatan mulanya mempunyai suatu perim -

bangan binatang berkantung, mungkin seperti opossum mo-
 deren, beberapa di antaranya tumbuh lebih besar dari
 pada kebanyakan carnivora. Borhyena ukurannya sebesar
 srigi seri dan gerahan yang digunakan untuk mengunyah
 berkembang menjadi gigi pemotong daging, ia membesar
 dan kuat dan kenyataannya ia merupakan ukuran carnivo-
 ra menengah yang berhasil. Kemudian Borhyena menjadi
 lebih besar dan ada yang sama besar dengan Jaguar, ta-
 pi gigi serinya bentuk saber, tapi binatang- binatang
 di sana agak aneh (gambar 14-3). Edgar Rice Burroughs
 menggunakan beberapa nama mereka untuk binatang hayal
 an yang ditemukan di planit Mars oleh tuan John Car-
 ter dari Virginia (dalam buku yang berjudul Seorang
 permaesuri dari planit Mars dan dalam beberapa buku la-
 innya).

Binatang pemangsa mempunyai banyak perbedaan, me-
 reka mempunyai bentuk yang normal seperti opossum ber-
 kantung dan bentuknya lebih kecil seperti rodentia (bi-
 natang pengerat). Tapi di Amerika Selatan juga dite-
 mui mammalia berplacenta di mana mereka kelihatannya
 tak sanggup untuk lebih baik dari binatang berkantung
 mereka adalah binatang berkuku mula-mula. Phenocodus
 secara relatif dijumpai di Amerika Selatan selama za-
 man pleocene. Mereka berkembang menjadi ukuran yang
 lebih besar, hanya di Amerika Utara yang perkembang-
 nya relatif sedikit, kebanyakan binatang Ungulata u-

kurannya sama dengan badak kecil sampai ukuran kelinci, yang mempunyai gigi seri pengerat yang besar. The therium mempunyai keanehan yang sama dengan kuda dengan muka yang panjang, gigi depan seperti gigi kuda. Graham pengunyah lurus ke belakang dan anggota kakinya di ujung suatu kuku ramping. Keanehan-keanehan ini tidak begitu terlihat pada unta.

Nenek moyang Armadilos, Slot dan Tengggiling sampai di Amerika Selatan pada permulaan zaman Cenozoikum. Armidilos tubuhnya berkembang relatif kuat untuk perlindungan. Binatang pemakan bangkai dan binatang pemakan serangga berkembang dengan baik. Armadillo Glyptodon zaman Pleistoceno sangat besar, panjangnya kira-kira 5 kaki, ia mempunyai bahu yang kuat sekuat tubuh angor dan disokong oleh bongkol pada ujung ekornya. Ia juga mempunyai otot-otot yang sangat kuat untuk menunjang berat badannya.

Slot sekarang berdiam di atas pohon-pohon, berpindah secara lambat dan memakan daun-daunan, tapi Slot yang besar sekali terdapat di Amerika Selatan, yang besarnya sebesar gajah. Tengggiling juga berasal dari nenek moyang yang sama, tapi Tengggiling mempunyai ke-khususan tertentu yang mengherankan, ia memakan anai-anai dengan mengoyak sarangnya dengan kekuatan tangannya yang luar biasa.

Kebanyakan binatang-binatang ini hidup di daratan. Monyet hidup di hutan. Pada prinsipnya mereka relatif ada di Afrika, perkembangannya ekornya dapat memegang di mana mereka menggunakannya sebagai anggota tubuh ke 5. Di Amerika Selatan dijumpai peranan ekologi yang ditempati oleh bangsa monyet yang menyerupai diemang di masa lalu.

Ini adalah ekosistem di mana binatang berkantung dan placentar sana dan umumnya didiami oleh tenggiling hanya beberapa juta tahun yang lalu di akhir zaman pleocene terbentuknya tanah perhubung Amerika Tengah, terutama terjadi karena adanya kegiatan vulkanis. Binatang yang sekarang mampu berpindah secara bebas antara Amerika Utara dan Amerika Selatan, untuk pertama kalinya berlangsung selama 40 juta tahun. Untuk beberapa alasan tidak dapat dipahami bahwa mammalia Amerika Utara dapat berpindah dengan mudah ke Amerika Selatan, dan mereka menyebabkan kepunahan sebahagian mammalia Amerika Selatan, terutama ungulata dan binatang berkantung yang besar. Beberapa binatang Amerika Selatan hidup sampai selesai zaman Es, ketika mereka mati terhadap serangan terakhir dari belahan Utara yaitu manusia. Hanya sekelompok dari binatang Amerika yang dapat bertahan dari serbuan Amerika Utara, termasuk opossum dan armadillo serta slot raksasa yang dapat men

capai Alaska. Tapi dijumpai antara mamalia Amerika U Utara dan selatan merugi lainnya dan menyebabkan suatu kerugian besar terhadap beragam mamalia di dunia. Ini merupakan contoh yang hebat dalam hal perkembangan benua-benua yang terpisah terhadap berbagai binatang-binatang di dunia dan bagaimana geografi mempengaruhi evolusi.

XV. EVOLUSI PRIMAT

1. PRIMAT YANG PERTAMA

Evolusi primat ditemui pertama kali di daerah panas dan daerah tropis Cretaceous di Amerika Utara. Primat pertama Purgatorius, hanya dikenal berdasarkan giginya salah satu gigi tunggal dari Cretaceous Purba dan beberapa lusin gigi dari Paleocene purba di Montana. Fakta yang menakjubkan mengenai Purgatorius adalah giginya sedikit berbeda dengan binatang berkuku purba dan tidak dari binatang pemakan serangga. Tetapi evolusi ini pasti terjadi sewaktu ungulate masih mempunyai kaki yang berbentuk cakar, tidak bertanduk dan mungkin berevolusi dari insektifor atau omnivor dari mammalia-Cretaceous. Ini merupakan satu bukti bahwa kelompok mamalia berevolusi dengan cepat sekali pada zaman Cretaceous dan zaman Paleocene dan mengalami berbagai kehidupan.

Kehidupan primat pertama seperti kera dan tarsiers, kita harus hati-hati untuk membandingkannya secara dekat. Primat yang banyak dikenal pada zaman Paleocene yaitu Plesiadapis yang hidup di Amerika Utara dan Eropah, yang menunjukkan bahwa kedua benua ini tidak banyak yang menyimpang di zaman tersebut. Plesiadapis yang terlihat seperti bajing atau tupai kebiasaannya ia mampu melompat dan bergantung pada dahan-dahan atau po

hon-pohon. Renua struktur primat pertama ini cocok dengannya karena mereka hidup di pohon dan pemakan buah-buahan di daerah tropik. Pada primat terlihat kombinasi warna yang bagus, koordinasi dan ketangkasan serta interaksi sosial yang kompleks, terlihat berpadu dalam kehidupannya. Evolusi dari ingin tahu (yang sangat berguna untuk mencari makan) dan tingkat kecerdasan (respon terhadap situasi) bergabung dengan kehidupan ini. Hal ini tidak dapat diceritakan karena masa ini burung-burung juga berkembang secara sempurna dengan kemampuan yang sama. Burung bukanlah binatang yang bodoh tapi merupakan binatang kecil yang cerdas dibandingkan dengan bangsa primat pertama. Secara fisik primat pertama telah dapat mengembangkan tangan dengan jarinya untuk memegang sesuatu dan matanya terdapat di muka tengkorak untuk dapat melihat ke depan. Kedua ciri ini sangat bermanfaat bagi binatang-binatang kecil pemanjat pohon dan pemakan buah-buahan.

Beberapa primat yang terkenal pada zaman Eocene, biasanya sangat aneh seperti kera yang hidup di Madagaskar, baik susunan tubuhnya ataupun dalam hal biologinya. Karena Eocene mampu melompat dan bergantung, lebih dikenal di daerah Eocene di USA bagian Barat, tapi fosil yang hampir bersamaan juga terdapat di Tropis.

Kera dari Madagaskar mungkin terisolir selama masa

Eocene. Tidak ada primat yang lebih tinggi tingkat kecerdasannya di pulau itu. Mungkin setelah 40 juta tahun dalam terisolir kera ini tidak mengalami perubahan pada struktur tubuhnya walaupun mereka merupakan suatu masyarakat kompleks. Kera ini dapat menyesuaikan diri dengan bermacam-macam perpindahan atau gerakan yang dikenal sebagai "vertical clinging and leaping" yaitu memegang dan melompat secara vertikal. Hal ini sangat menarik perhatian, sebab anggota badan depan merupakan pangkal kekuatan untuk bergantung dan memegang sesuatu dan anggota badan belakang dapat memegang dengan kuat. Jelaslah bahwa dari bentuk gerak ini monkeys, gibbons apes dan manusia dapat dengan mudah berevolusi. Dengan mengutamakan gerak tangan gibbons berevolusi dalam gerakan tangan tersebut. Anggota badannya mempunyai kegiatan ganda dari monkeys yang mana keempat kakinya dapat memanjat atau dapat berjalan di tanah. Manusia mempunyai dua kaki untuk berpijak dan lebih kuat.

2. PRIMAT TINGKAT TINGGI

Tiga kelompok besar dari primat tingkat tinggi yaitu monkeys purba, monkeys moderen dan hominoids (apes dan manusia), monkeys berevolusi dari nenek moyang bangsa lemur atau kera purba di zaman Pliocene yang berada di Amerika Selatan dan Afrika. Tidak banyak monkeys

yang dapat menyeberangi Samudera Atlantik setelah zaman Oligocene, dan ia telah berkembang secara terpisah satu sama lainnya sampai saat ini. Kera moderen sekarang punya ekor yang panjang dan juga berguna sebagai anggota badan, dan bentuk tengkoraknya berbeda dengan monkeys purba (gigi yang berlebih 4 buah).

Fosil apes tidak ditemui pada zaman baru ini dan hanya di zaman purba kita dapat menemukan fosil sebagai bukti adanya bukti apes dan monekey. Anehnya monkey purba dikenal di beberapa tempat di Afrika pada zaman Oligocene dan Miocene, dan mereka tidak mencapai Asia sampai zaman Pliocene. Banyak fosil-fosil apes dan moneksy terdapat pada lapisan tanah dan ini membuktikan bahwa mereka telah bertebaran di berbagai bagian dunia. Kemungkinan monkey jarang ditemukan pada masa pertengahan zaman Cenozoic, dan menurut data fosil baru mengalami perkembangan dan terus berkembang dengan pesat.

Evolusi primat selama zaman Oligocene pada zaman dahulu kala adalah berasal dari Mesir, di mana hutan tropis tumbuh dengan baik di saat itu. Endapan yang terdapat di dasar sungai terdiri dari ribuan pohon kayu yang sebahagian mencapai ketinggian 100 kaki. Penyuyu, dan ikan berdiam di sungai ini, gajah dan badak purba hidup di hutan-hutan dan primat diperkirakan hidup di pohon-pohon. Telah ditemukan dua jenis monkey

yang berbeda dan dua jenis apes yang berbeda pula yang menunjukkan bahwa kedua jenis yang berbeda ini telah lama berpisah. *Aegyptopithecus* merupakan apes yang masih mempunyai sifat yang serupa dengan lemur (mempunyai otak kecil dan mulut yang panjang), tapi ia adalah nenek moyang apes pada zaman Miocene dan mungkin juga nenek moyang manusia. Kemungkinan monkey pada zaman Oligocene merupakan binatang pemakan daun sedangkan apes pemakan buah-buahan dan daun-daunan.

Apes zaman Miocene banyak dikenal dari endapan yang terdapat di Afrika Timur kira-kira 15 sampai 20 juta tahun yang lalu. Apes primat secara fisik dapat berubah ke dalam tiga kelompok apes yang hidup sampai sekarang yaitu gibbons, apes besar, (gorila, simpanse dan orang hutan) dan hominoids (manusia purba dan moderen). Apes purba dapat berjalan tegak, dapat bergantung dengan menggunakan tangannya dan dapat melompat dari pohon ke pohon. Di Afrika Timur mereka mendiami hutan tropis di sekitar gunung berapi.

Gibbons purba yang berasal dari Afrika Timur tidak sama cara adaptasinya untuk berayun dengan apes moderen pada zaman Miocene. Juga ada persamaannya dengan fosil yang ditemui di Eropa.

Dryopithecus adalah apes besar. Ia lebih besar dari simpanse dan kadang-kadang beratnya hanya 30 sam -

pai 40 pond. Bentuk tubuhnya atau kerangkanya mengizinkan untuk bergerak cepat. Elwyn Simons dan David Pilbeam dari Universitas Yale menyokong adanya makhluk *Dryopithecus* dari Afrika yang kemudian berevolusi menjadi Gorilla. Malah pada zaman Miocene ia lebih cenderung hidup di atas pohon dan kemudian kegiatan ini akan berkurang. Species yang lebih kecil yang terdapat di dataran rendah, mungkin merupakan nenek moyang dari simpanse karena ia cukup ringan dan dapat berayun di pohon dan dapat berjalan di tanah.

Driopithecus yang dikenal di India dan di Eropah, sama halnya dengan yang di Afrika Timur. Kemungkinan orang hutan sekarang, berasal dari makhluk ini, kemudian menjadi makhluk yang tidak suka makan buah-buahan yang hidup pada hutan-hutan di Kalimantan. Nenek moyangnya yang lain mungkin saja *Gigantopithecus* yang hidup di kaki pegunungan Himalaya dan Cina Selatan di zaman Pliocene dan Pleistocene. Tingginya lebih kurang 8 kaki dan beratnya mencapai 800 pond, dilihat dari bentuk giginya dia termasuk pemakan tumbuh-tumbuhan keras. Di hutan India dan Afrika Timur juga hidup sebangsa spesies zaman Miocene yang banyak persamaannya dengan manusia, yaitu *ramapithecus*. Gigi dan rahangnya menunjukkan bahwa ia dapat memakan makanan yang dimamah dan tidak memotong seperti *Dryopithecus*-kemungkinan ia sulit untuk memakan kacang, biji-bijian, akar, tulang dan sedikit

daping tari mudah memakan daun-daunan dan buah-buahan. Gigi seri dan gigi pemotong sama ukurannya dan rahangnya kecil dari pada rahang apes. Melihat makanan yang ditemukan di lapangan terbuka menunjukkan bahwa ia lebih senang berada di tempat tersebut dari pada di hutan, dan kemungkinan Ramapithecus lebih senang hidup di pinggir-pinggir hutan dari pada apes. Penemuan lain dalam biologi mengenai Ramapithecus yang pertumbuhan giginya dari depan ke belakang, proses ini aktif pada yang muda dan lambat pada yang dewasa. Bentuk ini memerlukan waktu yang panjang untuk pertumbuhan hominit.

3. EVOLUSI MENUJU MANUSIA

Kira-kira 14 juta tahun yang lalu jenis manusia purba jelas terpisah dari bangsa apes, baik dalam susunan isinya maupun dalam hal makanannya, juga mungkin dalam hal tingkah lakunya. Tapi sayangnya ada hambatan dari keterangan fosil tentang datanya setelah 14 juta tahun itu. Barulah 3 juta tahun yang lalu bukti evolusi manusia muncul. Dua daerah di Afrika Timur yang penting yaitu Olduvaiageorge dan Emo River basin di mana daerah ini merupakan daerah hutan di zaman itu yang banyak mengandung air dan binatang buruan. Di Afrika Selatan pada zaman yang sama juga terdapat fosil fosil yang sama.

Berbagai makhluk di Afrika Selatan terdapat species *Australopithecus* yang lebih menyerupai manusia dari pada *ramapithecus*. *Australopithecus Africanus* badannya langsing berat badannya mencapai 40 sampai 70 pond. Gigi dan rahangnya menyerupai gigi dan rahang manusia, dari giginya yang besar dan tulang rahangnya kemungkinan ia memakan tumbuh-tumbuhan dan daging. Ukuran otaknya kira-kira 450 cc (manusia sekitar 1200 sampai 1400 cc), tapi lebih besar dari otak apes. Tulang tulang tubuhnya tidak sepenting tulang tengkoraknya, tapi di sini terlihat bahwa *Australopithecus Africanus* berjalan agak bungkuk menandakan ia mencapai usia sekitar 20-40 tahun. Yang lebih penting lagi tulang dan perkakas dari batu juga ditemukan bersama fosil ini.

Australopithecus Robustus dari lapisan yang sama di Afrika Selatan mempunyai berat sekitar 80 sampai 140 pond. Kerangkanya lebih besar dan kuat. Gigi dan rahangnya menunjukkan bahwa ia binatang pemamah. Tengkoraknya kuat untuk tempat menempel otot-otot yang diperlukan untuk bekerja. Perbedaan antar species ini terlihat dalam cara makannya. *Australopithecus Robustus* memakan tumbuhan (seperti daun, kacang-kacangan, akar, buah-buahan dan kuncup) sementara *Australopithecus Africanus* adalah omnivorous pemakan daging dan kurang suka memakan makanan lain. Tulang rusa ditemukan lebih banyak dari *Australopithecus Africanus*, *Australo*

pithecius lebih senang memakan daging rusa. Alat-alat pemecah dan penumbuk ditemukan juga pada fosil ini dan menunjukkan bahwa biji-bijian telah dikupas sebelum isinya dimakan.

Ada dua species dari Australopithecus di AFRIKA TIMUR, yang satu lebih besar dan yang satu lebih kecil. Australopithecus boisei (disebut juga Zinjanthropus) yang mirip dengan Australopithecus Robustus di Afrika Selatan, kecuali itu ia mempunyai kesanggupan untuk menggigit lebih kuat karena gigi dan otot-otot rahangnya kuat. Otot-otot muka juga kuat sehingga otaknyanya terdapat di belakang tengkorak dan tidak mempunyai dahi. Australopithecus boisei tidak pemakan daging

Makhluk kedua yang lebih kecil yaitu Australopithecus Habilis yang tingginya kira-kira 4 kaki. Perbedaannya dengan Australopithecus Afrikanus yang dari Afrika Selatan ialah otaknyanya lebih besar (di atas 650 cc). Terdapat juga alat-alat dari batu, tulang dan kerangka binatang pada lapisan Olduvai ini, walaupun tidak jelas, apakah ada hutungannya.

Jenis-jenis yang berasal dari Afrika Selatan sejak 2-3 tahun yang lalu adalah lebih tua dari pada yang di Olduvai (1,75 juta tahun). Ini akan merupakan sejarah yang menarik di mana Australopithecus Robustus mungkin berubah menjadi Australopithecus Boisei (yang menjadi

pemakan tanaman) dan *Australopithecus Americanus* berevolusi menjadi *Australopithecus Habilis* dengan otaknya yang lebih besar. Tetapi cerita ini jauh dari kebenarannya.

Richard Leakey dan tim sciens internasional telah menyelidiki daerah sekitar danau Rudolf di muara sungai Omo River di Barat Laut Kenya. Species *Australopithecus* mulai kira-kira 2,8 - 1 juta tahun yang lalu telah terdapat di daerah ini, di antaranya terdapat tengkorak yang lebih kuat dan lebih kecil serta ringan. Tetapi Richard Leakey percaya bahwa ini adalah sepasang makhluk yang sama dari jantan dan betina *Australopithecus* dan bukanlah merupakan dua species yang terpisah. Tambahan lagi ia beranggapan bahwa *Australopithecus Habilis* dari Olduvai tengkoraknya juga seperti manusia yang diberi nama *Homo* seperti manusia. Jadi dalam pandangannya hanya ada 1 garis turunan *Australopithecus* dari Afrika Timur yang mempunyai badan yang berat dan kuat seperti *Australopithecus Robustus* dari Afrika Selatan.

Pada tahun 1972 tim Leakey menjumpai tengkorak danau Rudolf yang berumur kira-kira 2,9 juta tahun yang lalu. Ini dapat memecahkan masalah karena ia menyerupai manusia dan merupakan jenis homo yang cerdas. Dengan kata lain jika Leakey benar, maka kita mempunyai bukti bahwa manusia telah hidup bersamaan dengan *Australopithecus* di Afrika Timur 2 juta tahun yang lalu, dengan ini maka

Australopithecus merupakan jenis yang tertua.

Tengkorak baru dari danau Rudolf diberi kode KNM ER-1470. Rahang dan dahinya sama dengan manusia (wanita) tapi partikel otaknya skira-kira 800 cc lebih besar dari otak *Australopithecus*. Beberapa tulang paha yang di temukan juga menyerupai manusia dari *Australopithecus*. Alat-alat dari batu dan tulang juga menunjukkan bahwa ia erat hubungannya dengan manusia purba. Tentu saja penemuan baru ini menimbulkan berbagai pertanyaan. Jika manusia telah ada 3 juta tahun yang lalu sebagai homo di Afrika Timur mengapa ia tidak ada dalam jutaan tahun ter kemudian di Afrika Selatan. Apakah *Australopithecus Afrikanus* tidak pernah ke luar? Apakah itu jenis *habilis*? Apakah *Australopithecus* atau homo dan siapa membuat alat-alat di Olduvai? Dan yang lebih penting siapa yang membuat alat-alat di Afrika Selatan? Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut kita harus ingat bahwa terjadinya bukanlah secara tiba-tiba dalam evolusi manusia dari kera ke manusia. Apakah manusia bervelosusidari *Australopithecus* atau melalui suatu hal yang sama dari *ramapithecus*, atau tingkat yang sama. Beberapa hal yang penting dalam evolusi tidak banyak perbedaannya antara species *Australopithecus* dengan species homo dan perbedaannya hanya mengenai satu nama yang tidak berarti. Pada waktu itu fosil-fosil ini disatukan untuk dipertanyakan karena sukar memberi namanya. Sebenarnya yang

penting mengenai bukti dari danau Rudolf ini adalah menunjukkan bahwa manusia dan Australopithecus hidup bersamaan pada daerah yang sama pada dua juta tahun yang lalu atau lima puluh ribu generasi tanpa permusuhan dan tidak ada pertentangan antara yang satu dengan yang lain atau tidak ada persaingan secara langsung, ia berkembang secara toleran dan dapat dilihat bahwa manusia terakhir bertentangan dengan manusia juga.

4. HOMO ERECTUS

Homo erectus telah lama dianggap sebagai jenis manusia pertama walaupun penemuan di danau Rudolf memperlihatkan ada perbedaan tapi masih dianggap sebagai manusia pertama yang bertebaran dari Afrika sampai Eurasia. Homo erectus lebih tinggi dan lebih besar dari Australopithecus walaupun tengkoraknya lebih tebal dan besar, gigi dan rahangnya relatif kecil, otaknya 750 cc atau bentuknya hampir sama dengan manusia jawa yang hidup lebih dari 1 juta tahun yang lalu dan kenaikannya menjadi 1000 cc pada otak manusia Peking (yang hidup kira-kira 0,5 juta tahun yang lalu).

Homo erectus lebih maju karena ia mulai menguasai terhadap lingkungan fisik dan biologi, bukti nyata terlihat pada tulang-tulang manusia Peking di tempat hidupnya yang menunjukkan bahwa ia merupakan pemburu yang berhasil dan telah dapat menggunakan api untuk memasak.

kat mengenai tingkah laku sosial yang merupakan bahagian dalam biologi manusia. Interaksi sosialnya menjadi kompleks seperti pada manusia.

Akhirnya telah diperbantahkan bahwa evolusi manusia telah dipengaruhi oleh adanya keinginan belajar dalam masa pertumbuhan (bahagian pertumbuhan yang mudah dipelajari dalam kehidupan manusia yang dewasa, penuh dengan kehalusan perasaan dan rahasia). Adanya sifat adaptasi dalam menunjang pelajaran yang lalu akan menjadikan hidup dimasa yang akan datang. Pada usia 22 tahun Alexander telah memberikan kampanye dan menang dan dia telah pula menyilangkan penduduk di Asia telah berhasil belajar dengan Aristoteles. David Pilbeam yang menyarankan melalui evolusi sosial dan fisik dimana manusia punya rasa ingin tahu, belajar dan menyangkal untuk mencapai kedewasaan. Pilbeam mengatakan bahwa kita baru mulai menggunakan akal dan dalam hal ini dia memang benar.

5 . KESIMPULAN

Primat pertama hidup di pohon-pohon dan pemakan buah-buahan. Cara kehidupan ini akan mendorong rasa ingin tahu, kecerdasan dan kemampuan fisik. Dengan kekuatan tangan gibbon telah menyempurnakan kehidupan di pohon. Umumnya bangsa apes dapat berjalan di pohon dan di tanah. Apes dan monkey telah berbeda pada zaman Oligocene, apes dan manusia kera berbeda pada akhir zaman Miocene. Manusia berevolusi 3 juta tahun yang lalu walaupun Homo Sapiens muncul 0,5 juta tahun sebelumnya.

DAFTAR BACAAN

- Colbert, E.H., 1955, Evolution of the Vertebrates, New York, John Wiley.
- Cowen, R., 1976, History of Life, New York, McGraw-Hill Book Company.
- Dunbar, C.O., 1960, Historical Geology, New York, John Wiley.
- Moody, F.A., 1978. Introduction to Evaluation, New Delhi Kalyani Publishers.
- Moore, R.C., 1959, Introduction to Historical Geology, New York, McGraw-Hill Book Company.
- Romer, A.S., 1966, The Vertebrate Paleontology, University of Chicago Press.

Daerah Homo Erectus di Spanyol dan Perancis menunjukkan adanya suatu kebiasaan kehidupan dan organisasi yang lebih besar untuk mendapatkan binatang buruan. Kehidupan dan struktur sosial dari manusia purba sangat kompleks dan tetap. Kampak merupakan alat untuk hidup, terbuat dari tulang dan kayu. Adanya bukti yang kuat bahwa Homo Erectus adalah nenek moyang manusia (Homo Sapiens). Bukti ini ditemukan di daerah di mana Homo Erectus berkembang untuk pertama kalinya yang dikenal dengan Homo Sapiens. Ada tiga daerah yang didiaminya yaitu Eropa Tengah, Asia Tenggara dan Afrika Timur. Diduga Homo Erectus berkembang menjadi Homo Sapiens pada ketiga daerah ini.

Manusia moderen timbul kira-kira 0,5 juta tahun lalu. Dalam sejarahnya manusia Neandertal dan Cromagnon ada dalam bahan antropologi dan paleontologi. Tidak ada pembagian dari kedua ilmu ini karena sejarah evolusi berkelanjutan pemunculannya dari Homo Sapiens yang semata-mata sebagai penghubung untuk selanjutnya.

Interaksi sosial yang kompleks dalam famili, suku dan daerah mungkin dapat mengalami evolusi. R.D. Guthrie dari Universitas Alaska menyarankan bahwa unsur-unsur yang tidak berguna pada manusia moderen pada muka rambut, uban pada orang tua (ususny manusia), warna kulit, dan cara bercukur, berpakaian dan bermake up (deodorant) dikembangkan melalui seleksi alam. Ia mengatakan bahwa orang yang menyakiti/merusak keadaan sosial dari makhluk lain akan ter seleksi lagi dan akan terbentuk perbedaan dalam masyarakat -