

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

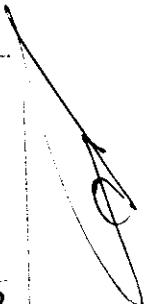
baik oleh sivitas akademika sendiri maupun oleh masyarakat pada umumnya. Saya yakin usaha penerjemahan dan penulisan buku ini sangat berhasil ditinjau dari tujuannya dan bermanfaat bagi kita semua.

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 sirkulasinya 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.

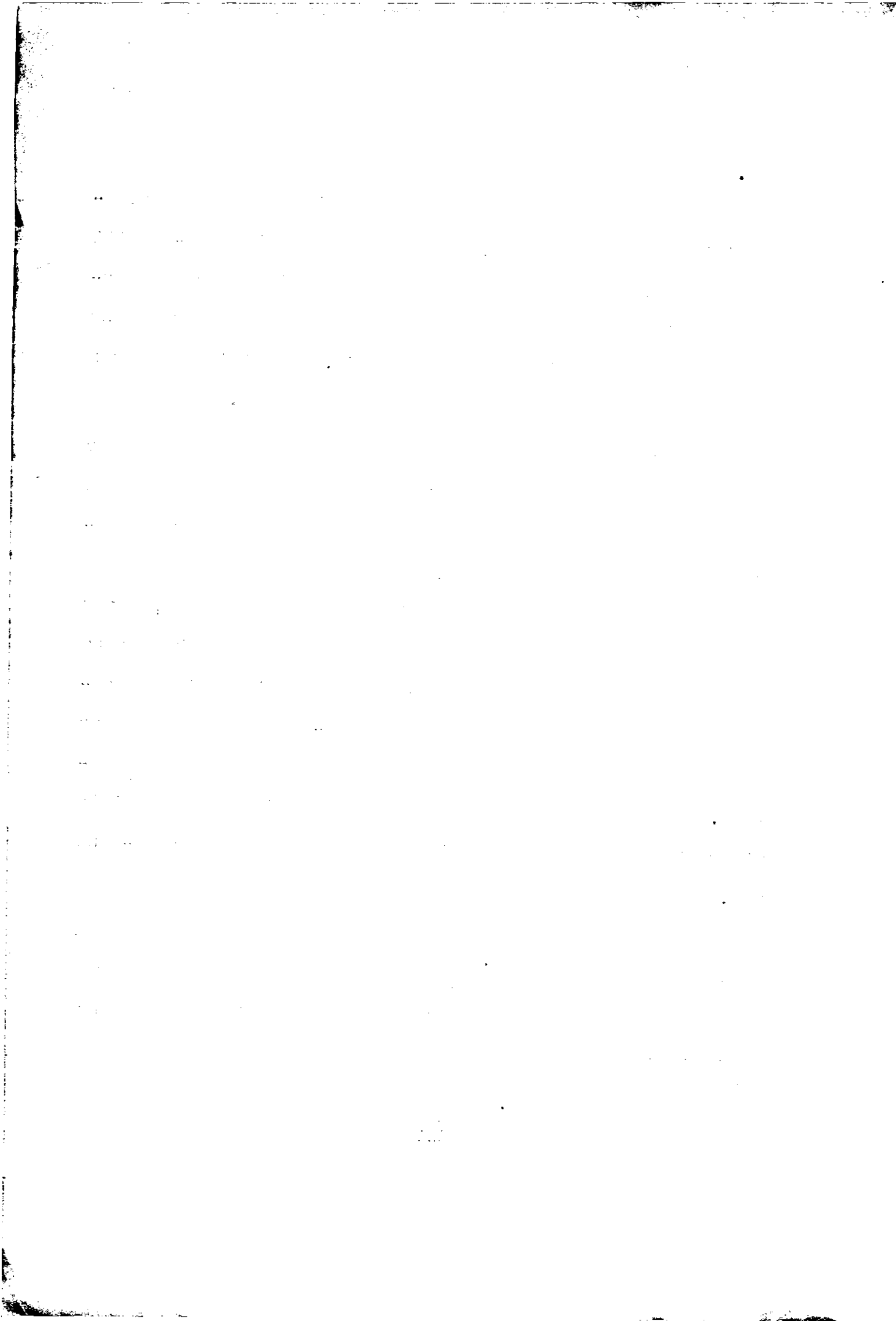
Oleh sebab itu usaha penulisan dan penerjemahan buku ini menjadi sangat strategis dilihat dari pengembangan mutu IKIP Padang yang kian hari kian lebih dituntut,

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.

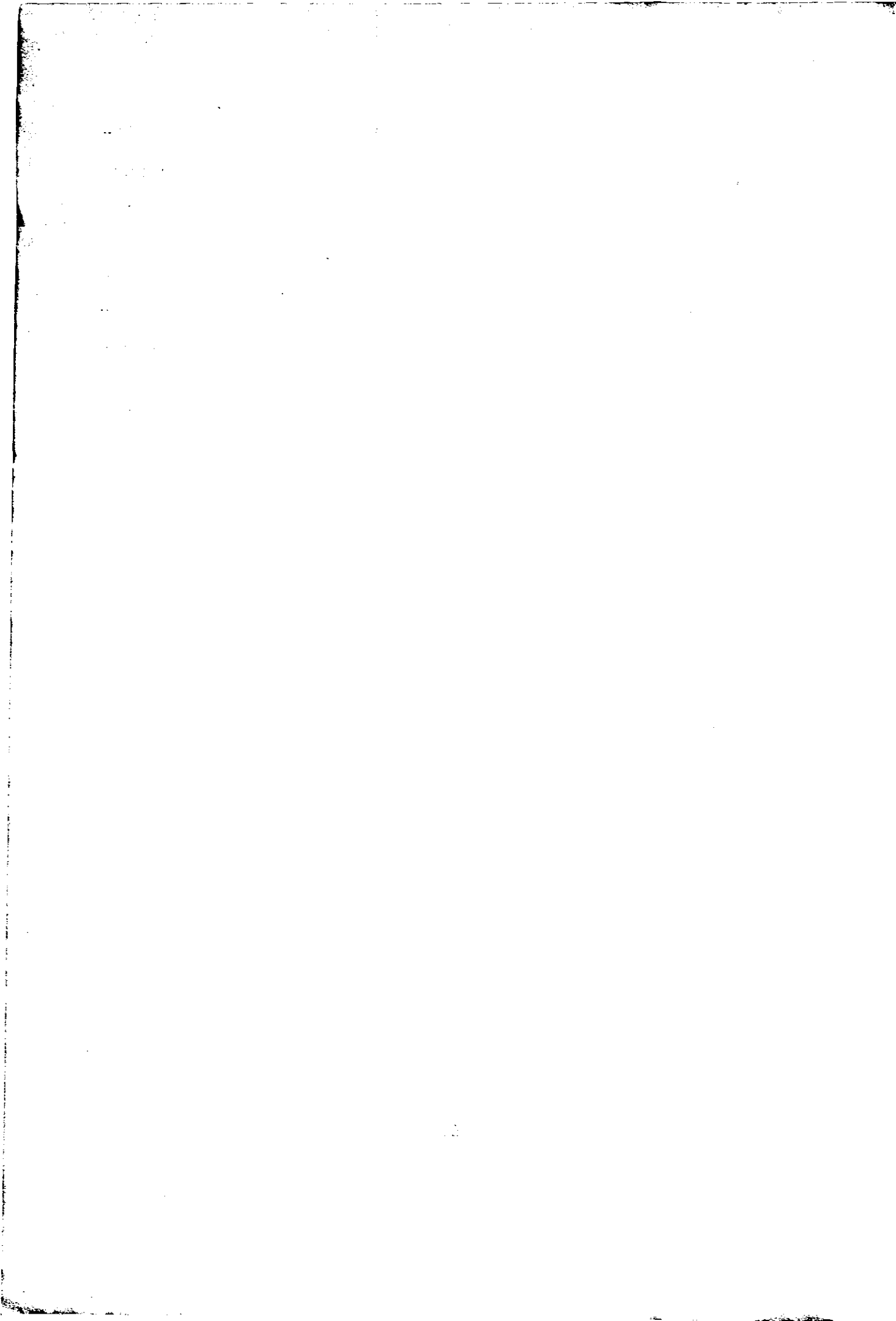
Dalam penyusunan buku ini banyak juga rintangan dan kesulitan yang penulis temui, tetapi berkat kodrat dari Yang Maha Kuasa dan ketekunan dari penulis sendiri serta bantuan dari pimpinan Jurusan Biologi dan teman-teman sejawat staf



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

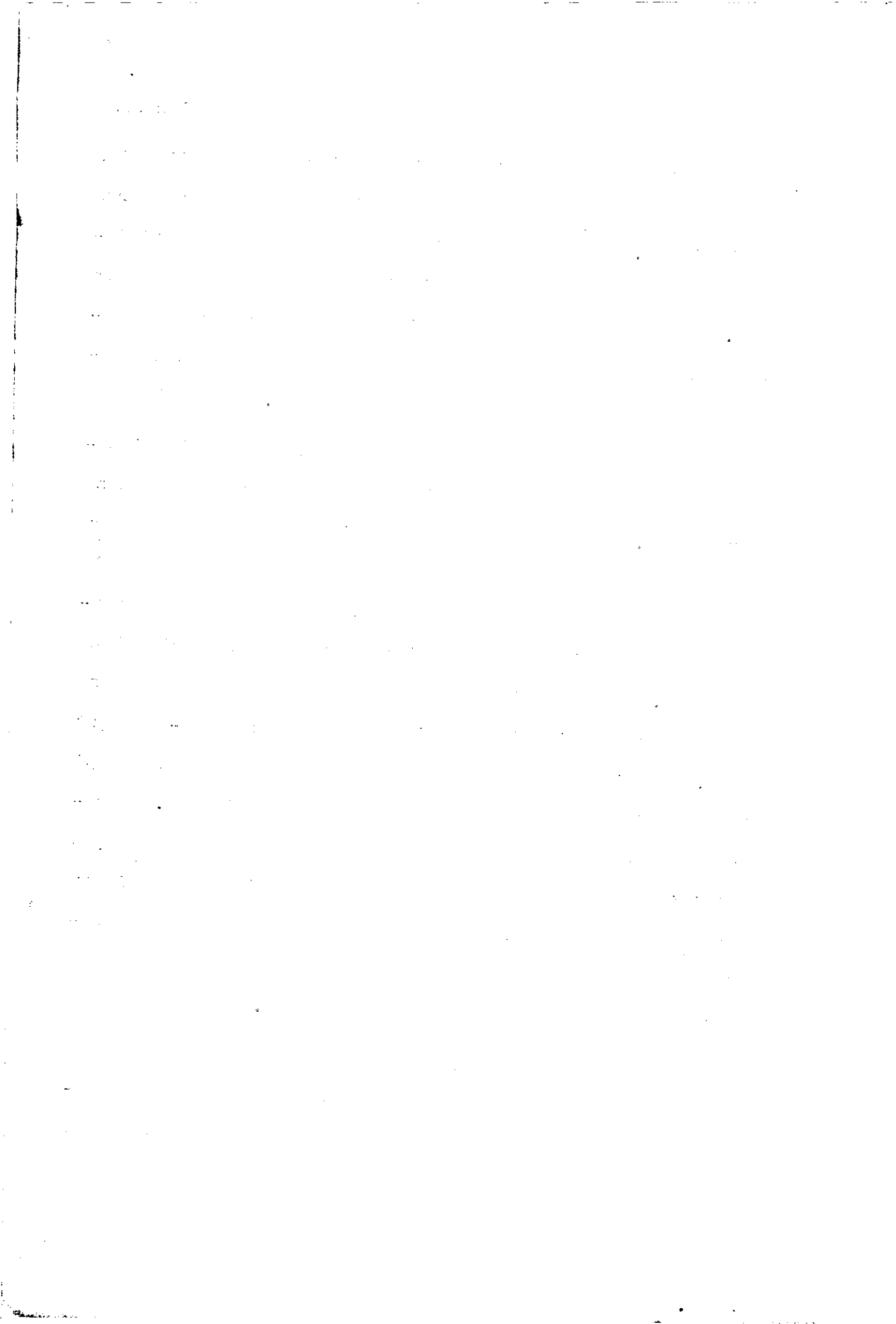
Kita sendiri adalah vertebrata. Hubungan kita amat dekat dengan hewan-hewan bertulang belakang, dan kita mempunyai persamaan dengan anggota-anggota lain dalam spesies kita sendiri dan dengan vertebrata yang sudah jinak, hewan-hewan vertebrata liar, sehingga memudahkan pada kita untuk memahami biologi 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.

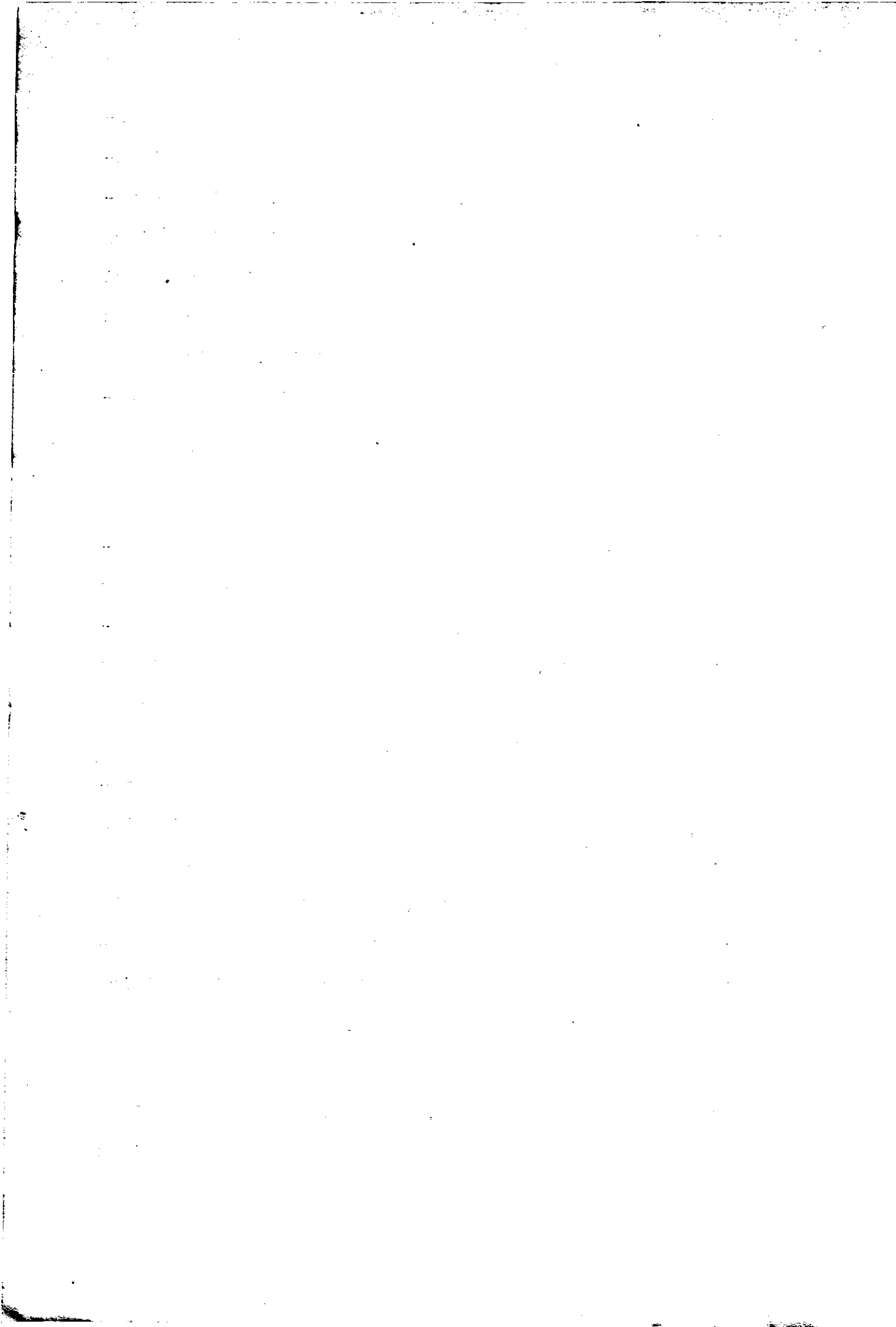
Kita belum mengetahui apakah nenek moyang vertebrata bersamaan dengan golongan Amphioxus atau larva

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

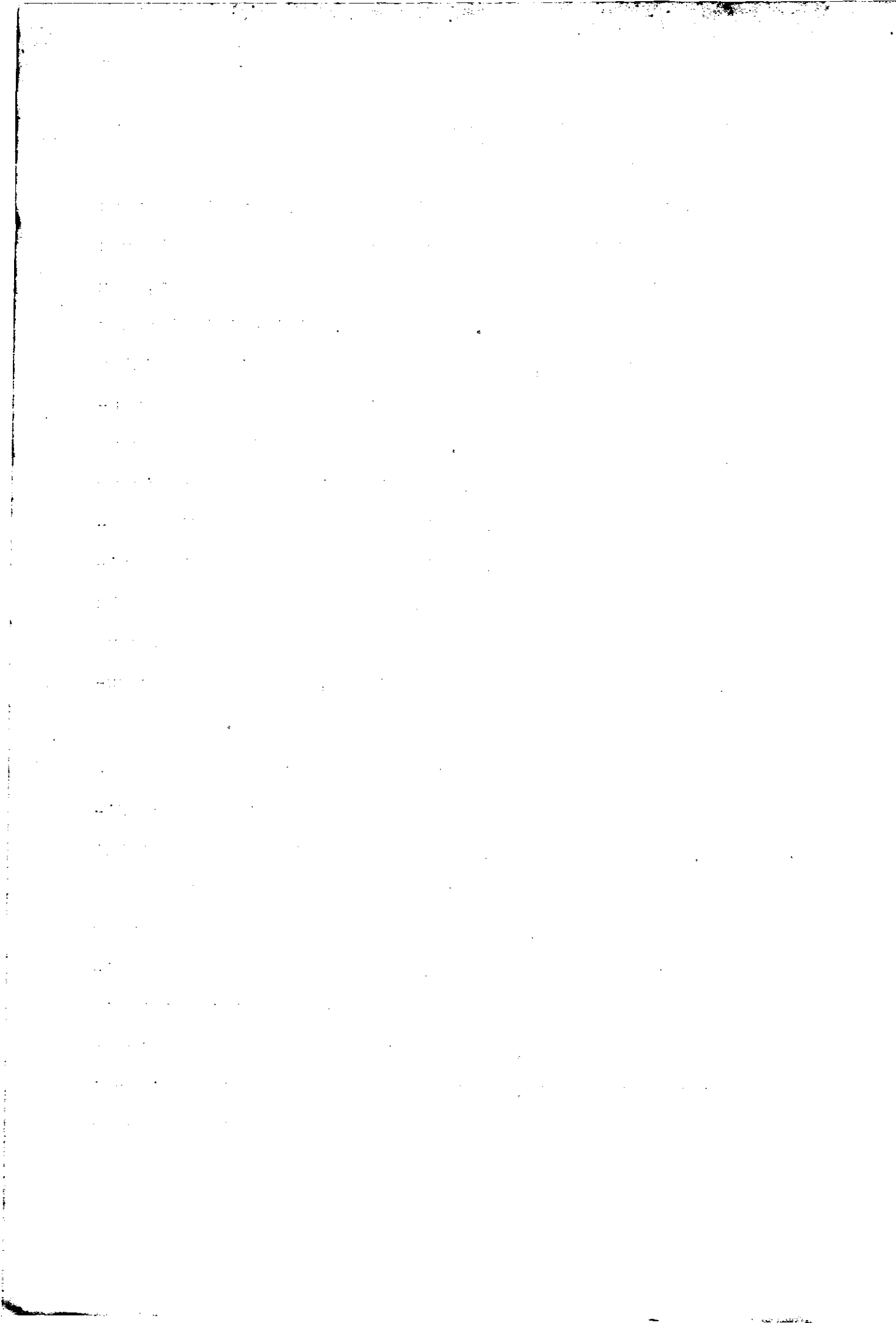
Fosil-fosil vertebrata yang paling tua adalah beberapa lempeng kecil tulang pospat dan batu-batuan permulaan zaman Ordovician, yang ditemukan di dekat Leningrat di Rusia. Ada sisik ikan tertentu yang berat dan sisik-sisik ini dijumpai di dalam pasir yang juga mengandung glauconite, suatu mineral yang 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 ber sisik 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.

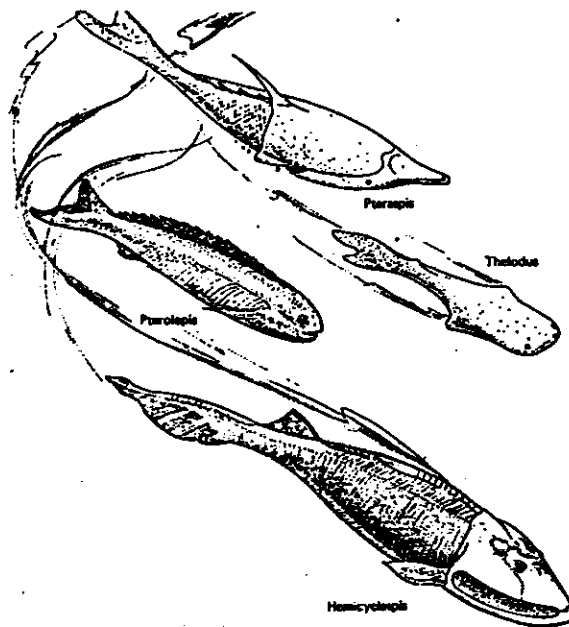
Ini berarti akhir dari masa ikan-ikan berahang, kecuali ada sedikit yang tepat melanjutkan kehidupannya, yang memperlihatkan cara hidup yang agak ganjil di dalam lautan pada zaman moderen ini.

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

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

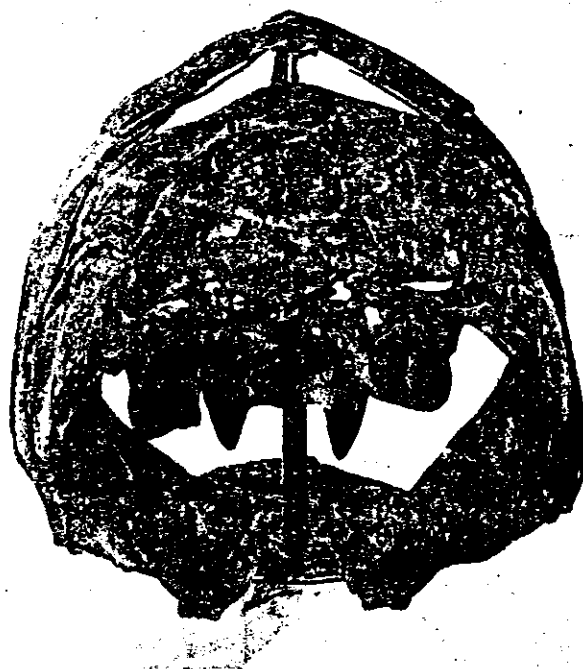
... ..

... ..

... ..

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 raksasa* 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

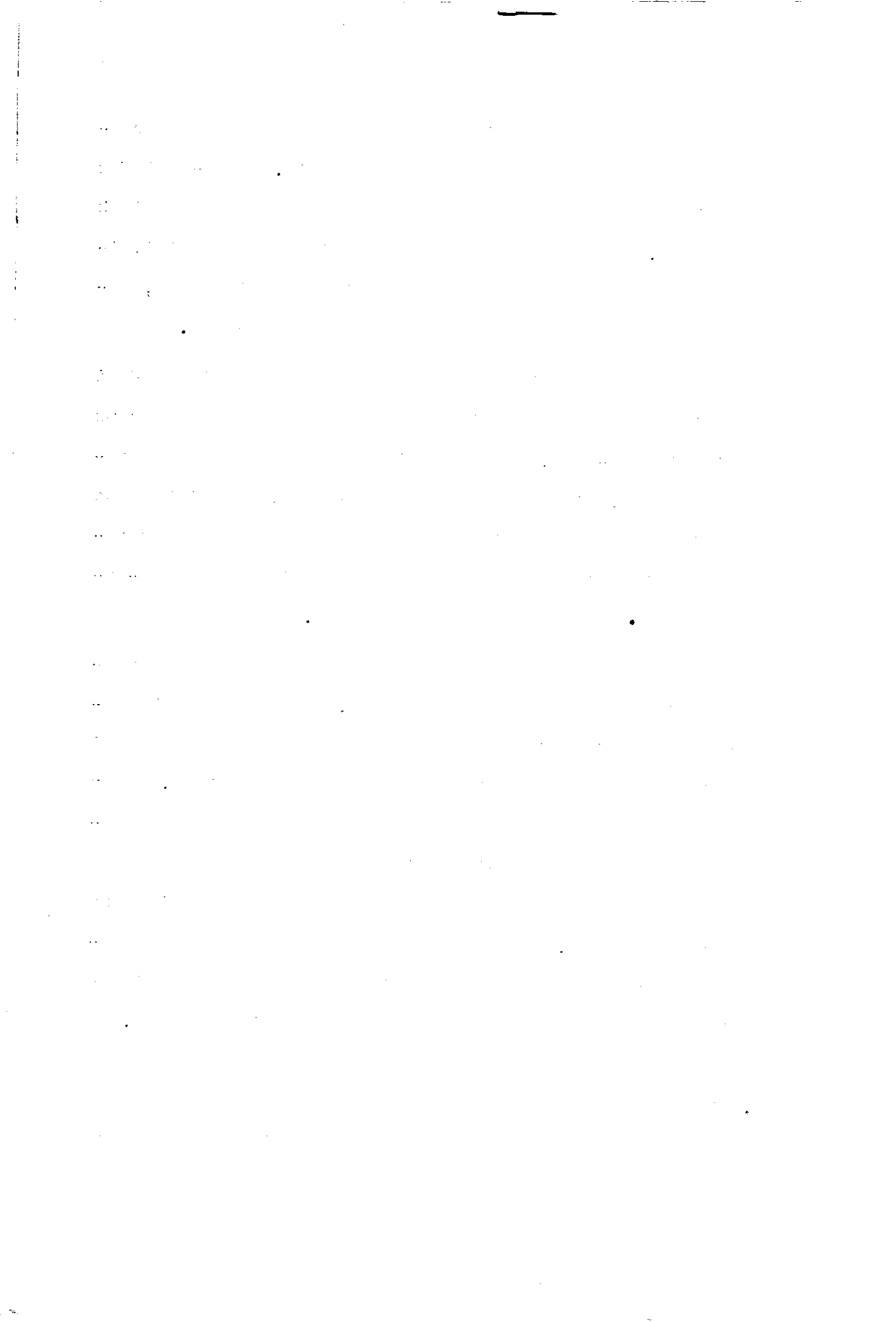
tangan-tangan dan dikira dapat digunakan untuk "berjalan" atau "berdiri" sepanjang dasar air. Sirip-sirip itu tipis dan tajam dan dibuat untuk pandayung yang tidak berarti. Seluruh kesan biologis dari antiarchus ini, diduga mereka dulunya adalah sebagai penggali lumpur, sebagaimana ikan-ikan tak berahang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

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.

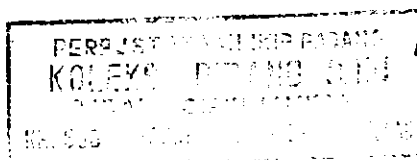
Dari semua hewan-hewan laut yang lain, ikan adalah saingan yang paling utama dari Cephalopoda secara langsung, yang sudah banyak jumlahnya dalam laut pada zaman Devonian, ketika Actinopterygii menyebar dari air tawar. Bahkan sekarang, ikan gurita moderen adalah seefisien ikan-ikan dalam hal kecepatan 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



MEMBUKUT 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.

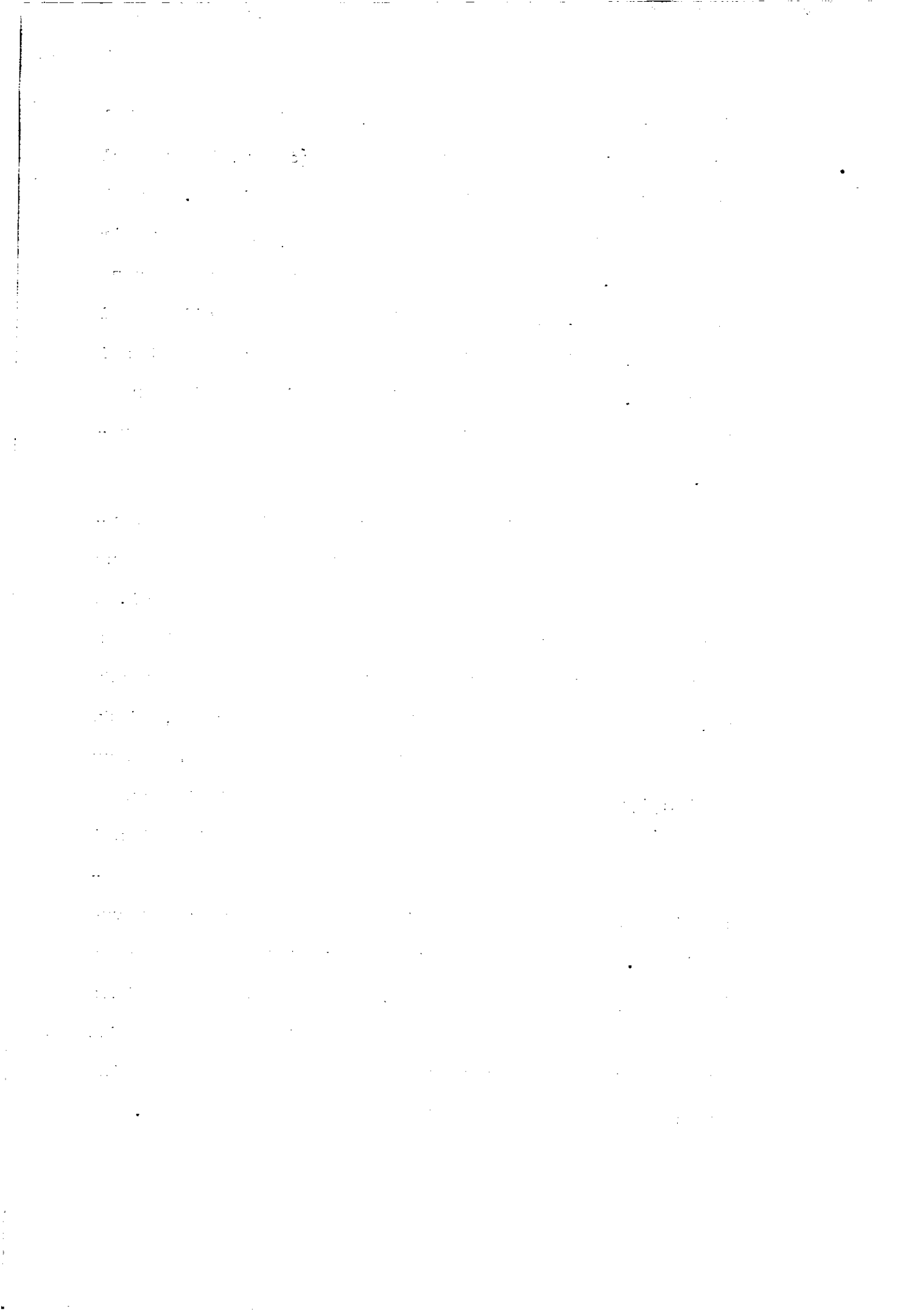
5. RANGKUMAN

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.

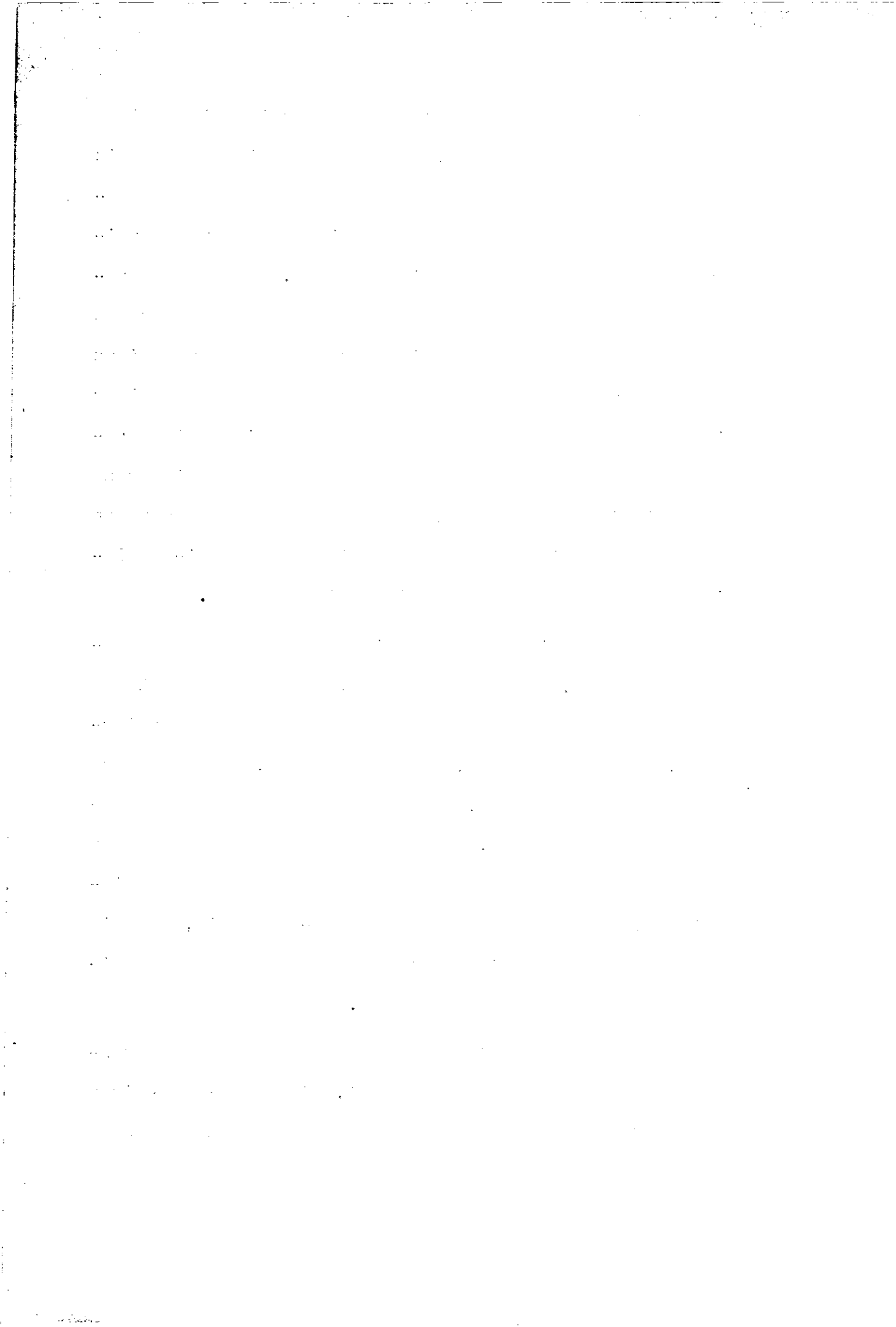
Evolusi melalui seleksi alam terjadi dengan penumpukan secara berangsur-angsur dari perubahan DNA yang menguntungkan di dalam sekumpulan gen suatu populasi. Bagaimanapun drastisnya perubahan memerlukan pemindahan kehidupan dari dalam air menjadi kehidupan di dalam udara, mereka mestinya telah ditumpuk 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.