

Pada tulisan yang lalu disampaikan bahwa ikan bernapas tidak hanya dengan insang. Ikan bernapas dengan organ pernapasan udara (*air breathing organ*), sebagai pernapasan tambahan. Beberapa diantaranya ialah kulit, organ arboresen, dan organ labirin. Yang tidak disebutkan adalah ada ikan yang bernapas dengan paru-paru. Mungkin ada diantara anda yang tersenyum, masa sih ada ikan bernapas dengan paru-paru, seperti kucing? Ya betul, ikan bernapas dengan paru-paru. Kalau anda tidak mengetahui dan tidak mengenalnya, ya wajar. Di negara kita memang tidak ada ikan yang bernapas dengan paru-paru; sebaliknya di Amerika Latin, Afrika, dan Australia dapat kita temukan ikan yang bernapas dengan paru-paru dan tetap punya insang. Karena bernapas dengan paru-paru maka disebut ikan paru-paru (*lungfish*). Ikan paru-paru secara taksonomik termasuk dalam Kelas Osteichthyes, Subkelas Sarcopterygii, Infrakelas Dipnomorpha, Superordo Dipnoi, dan Ordo Ceratodontiformes (Nelson *et al.* 2016). Ordo Ceratodontiformes adalah ikan paru-paru yang masih hidup, sedangkan kerabatnya hanya tinggal fosil.

Singkatnya, Nelson *et al.* (2016) menegaskan bahwa Ordo Ceratodontiformes mempunyai tiga famili yang masih ada, yaitu Neoceratodontidae, Lepidosirenidae, dan Protopteridae. Ketiga famili tersebut masing-masing tersebar di tiga benua (Tabel 1). Semua ikan paru-paru memiliki dua paruparu, dengan pengecualian ikan paru-paru Australia, yang hanya memiliki satu.

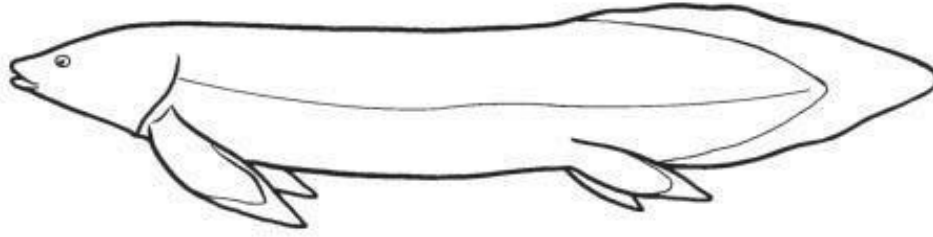
Famili Neoceratodontidae (ikan paru-paru Australia) ada sejak periode Triassic sampai kini. Ikan ini hidup di perairan tawar. Sirip besar; sirip berpasangan kuat dengan banyak jari-jari keras (Gambar 1). Hanya satu spesies yang tersisa yaitu *Neoceratodus forsteri*.

Tabel 1 Daftar ikan paru-paru, famili, dan persebarannya

Nama ikan	Famili	Persebaran
<i>Neoceratodus forsteri</i>	Neoceratodontidae	Australia
<i>Lepidosiren paradoxa</i>	Lepidosirenidae	Amerika Latin
<i>Protopterus dolloi</i>	Protopteridae	Afrika
<i>Protopterus annectens</i>	Protopteridae	Afrika
<i>Protopterus amphibius</i>	Protopteridae	Afrika
<i>Protopterus aethiopicus</i>	Protopteridae	Afrika

¹⁾ Masyarakat Ikhtiologi Indonesia

Gedung Widyasatwaloka, Cibinong - BRIN
Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Cibinong 16911
Email: mf.rahardjo@gmail.com



Gambar 1 Famili Neoceratodontidae (Nelson *et al.* 2016)

Neoceratodus forsteri adalah ikan paru-paru paling primitif yang masih ada. Ia bisa jadi adalah salah satu vertebrata yang mencapai umur tertua di dunia dan diperkirakan dapat bertahan hingga 100 tahun. Fallon *et al.* (2019) menghitung umur ikan yang diambil sampel berkisar antara 2,5 - 77 tahun.



Gambar 2 *Neoceratodus forsteri* yang hidup di sungai di Australia
(Sumber: <https://tropical-fish-keeping.com/>)

Ikan ini terbatas pada wilayah geografis kecil di Sungai Burns dan Mary di Australia timur; di perairan yang lebih terbuka dan kolam yang dalam. Ia mencapai panjang maksimum sekitar 1,5 m dan bobot badan 40 kg. Ikan ini memiliki sirip besar berdaging dan sisik tebal (Gambar 2). Ikan diam dan tidak responsif pada siang hari dan mulai aktif senja dan malam hari (Kemp 1986). Ikan ini meskipun tergolong karnivora yang memangsa cacing tanah, siput, udang, dan katak; tetapi ia juga memakan bahan tumbuhan.

Neoceratodus forsteri tidak mengubur diri atau estivasi, ini yang membedakannya dengan ikan paru-paru yang tinggal di Afrika dan Amerika Latin. Ikan ini menghirup udara secara kontinyu (terus menerus) pada frekuensi rendah. Paru-parunya kurang terspesialisasi untuk respirasi dibandingkan dengan *Lepidosiren* atau *Protopterus*. Organ paru-parunya berada di bagian dorsal rongga coelomic dan memiliki peran yang lebih besar dalam mengatur daya apung daripada untuk respirasi. Respirasi udara dilakukan oleh *N. forsteri* berlaku lebih untuk mempertahankan aktivitas tinggi daripada untuk memastikan sintasan baik dalam air hangat atau hipoksia (Graham 1997). Untuk menghirup udara, ikan dapat naik ke permukaan, menghembuskan napas melalui mulut, menarik napas, dan menyelam; atau

naik ke permukaan, bernapas, dan kembali ke air. Mereka tidak terlalu sering menghirup udara; lungfish Australia, tidak seperti lungfish Afrika atau Amerika Selatan, bukanlah harus menghirup udara dan dalam keadaan normal, jarang menghirup udara (Kemp 1986). Ikan ini berbeda morfologinya dengan lima spesies lainnya. Ikan ini dapat hidup beberapa hari di luar air, hanya jika ia dalam keadaan lembab; tetapi tidak akan sintas bila berada total tanpa air.

Famili Lepidosirenidae (ikan paru-paru Amerika Selatan) tinggal di perairan tawar di Brasil dan Paraguay. Tubuh sangat memanjang (Gambar 3). Sirip dada dan sirip perut berserabut, tanpa jarijari (Gambar 4). Sisik berukuran kecil. Lima lengkung insang dan empat celah insang. Gelembung renang (paru-paru) berpasangan. Larva dengan insang luar. Ikan dewasa berestivasi pada musim kemarau. Famili ini hanya punya satu spesies yaitu *Lepidosiren paradoxa*. Ini adalah ikan paru-paru hidup yang pertama dideskripsikan pada tahun 1837.



Gambar 3 Famili Lepidosirenidae (Nelson *et al.* 2016)

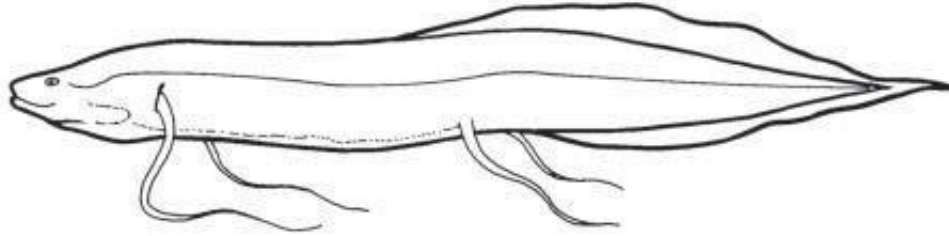


Gambar 4 *Lepidosiren paradoxa* (Sumber: <https://www.dreamstime.com>)

Lepidosiren paradoxa mendiami seluruh lembah sungai Amazon dan sungai Parana di Amerika Selatan (Lowe-McConnell 1987). Tidak seperti *Neoceratodus*, *Lepidosiren* sering berada di rawa-rawa dan habitat air dangkal di mana hipoksia sering terjadi; ia juga berlindung di liang. Ikan ini mencapai ukuran maksimal sekitar 1 m dan memakan berbagai vertebrata dan invertebrata akuatik. Sirip berpasangannya direduksi menjadi gumpalan tipis dan fleksibel yang memiliki kemampuan taktil dan kemosensor yang berguna dalam orientasi dan penangkapan mangsa di air berlumpur. *Lepidosiren* tidak muncul secara aktif dari air dan dengan demikian tidak bersifat amfibi secara alami. Di beberapa daerah ia terkurung dalam liang lumpur lembab selama musim kemarau. Ikan ini dapat bertahan selama beberapa bulan dalam kondisi seperti itu.

Ikan paru-paru Amerika Selatan menggali sarang di bagian bawah dalam bentuk lorong vertikal, yang sering berbelok secara horizontal di bagian bawah. Jantan tetap berada di sarang dan menjaga induknya. Selama musim pemijahan, sirip perut jantan mengembangkan banyak pertumbuhan berbentuk berkas yang diisi dengan pembuluh darah kecil (kapiler). Pertumbuhan ini diyakini melepaskan oksigen dari darah, sehingga mengoksidasi air di sekitar anak ikan.

Famili Protopteridae (ikan paru-paru Afrika) tinggal di perairan tawar. Tubuh agak memanjang (Gambar 5). Enam lengkung insang dan lima celah insang. Panjang maksimal sekitar 1,8 meter. Famili ini terdiri atas satu genus dengan 4 spesies, yakni *Protopterus dolloi*, *P. annectens*, *P. amphibius*, dan *P. aethiopicus*. Ikan paru-paru merupakan makanan penting bagi penduduk asli Afrika, ditangkap di danau dan sungai besar dan diburu di liang estivasi.

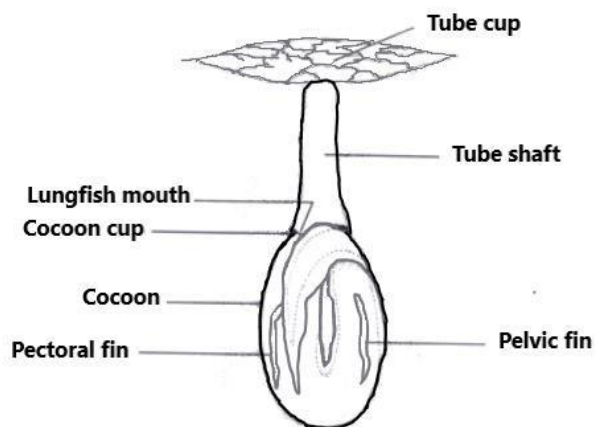


Gambar 5 Famili Protopteridae (Nelson *et al.* 2016)

Empat ikan tersebut tersebar di bagian tropis benua; menghuni rawa, kolam dangkal, danau dalam, dan sungai. Ikan ini adalah predator rakus. Kondisi hipoksia dan hiperkarbik (*hypercarbic* = peningkatan karbon dioksida dalam darah) terjadi alamiah di habitatnya sehingga ikan ini harus menjadi penghirup udara sejak usia dini.

Pada beberapa habitat yang ditempati ikan ini dapat mengalami kekeringan musiman sehingga memaksanya untuk bertahan. Ikan paru-paru Afrika memiliki kapasitas untuk menggali, menyelubungi diri dalam kepompong lendir, dan berkembang biak di lumpur kering untuk waktu yang cukup lama, hingga empat tahun (Graham 1997). Kondisi ini dinamakan estivasi atau tidur musim panas.

Saat air menghilang dari habitatnya, ikan paru-paru menggali secara vertikal ke dalam lumpur dan membuat lubang untuk tubuhnya. Lumpur akhirnya menyumbat lubang lubang, dan ikan yang tertutup menyelimuti dirinya dengan kepompong lendir yang akan mencegah dehidrasi saat lumpur di sekitarnya mengering (Gambar 6). Kecuali untuk lubang pernapasan kecil yang berdekatan dengan mulut dan lubang lubang, kepompong tertutup rapat.



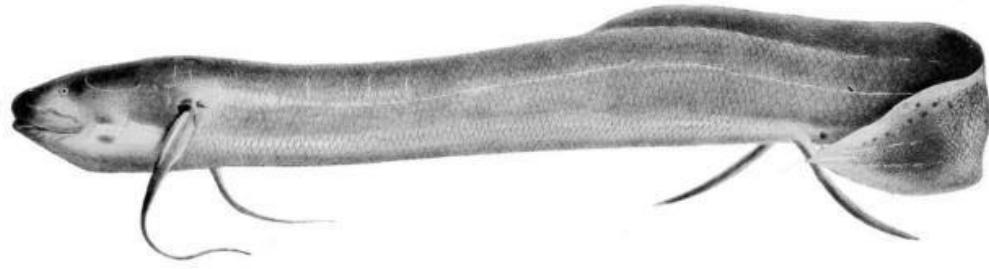
Gambar 6 Estivasi ikan paru-paru (*Protopterus*) (Sumber: Helfman *et al.* 2009)

Perkiraan metabolisme ikan yang estivasi berkisar dari 1-20% dari tingkat istirahat dalam air. Produk limbah nitrogennya yang diekskresikan sebagai amonia oleh ikan dalam air, diubah menjadi urea dan disimpan di dalam tubuh untuk jangka waktu tertentu (Graham 1997). Estivasi dihentikan segera setelah air mengalir kembali ke habitat. Air yang membanjiri bukaan liang, menimbulkan tekanan kekurangan oksigen (*asphyxic stress*) pada ikan yang pada gilirannya merespons dengan muncul ke permukaan untuk respirasi. Semua simpanan urea dikosongkan dan ikan kembali ke pola normal ammonotelisme (penyingkiran senyawa nitrogen/ion ammonia dan ammonium oleh organisme dalam bentuk amoniak).

Protopterus dapat bertahan lama tanpa air. *P. aethiopicus* dan *P. annectens* menoleransi periode kekeringan dengan aestivasi dalam kepompong lumpur bawah tanah, sedangkan *P. dolloi* dapat menahan pengeringan di dalam lapisan lendir kering di udara. Pada *Protopterus*, estivasi bawah tanah ditandai dengan perubahan kardio-pernapasan dan metabolisme seperti penurunan konsumsi oksigen, ketergantungan penuh pada pernapasan udara, perlambatan denyut jantung, dan penurunan tekanan darah. Selama peralihan dari status air tawar ke status estivasi, laju metabolisme yang rendah dan penurunan fungsi ekskresi memungkinkan ikan paru-paru bertahan hidup selama berbulan-bulan tanpa menelan makanan atau air. Sementara kepompong memberikan perlindungan terhadap penguapan. Pola peredaran darah harus mengalami perubahan yang luar biasa selama estivasi. Insang dilewati dan aliran darah dialihkan ke paru-paru, sehingga sirkulasi tunggal (ciri khas jantung piscine) beralih ke sirkulasi yang menyerupai amfibi dewasa. Ketika estivasi berlangsung hematokrit, kapasitas oksigen, eritrosit, dan konsentrasi hemoglobin meningkat secara bertahap, sebagai konsekuensi dari penurunan volume plasma yang ditimbulkan oleh dehidrasi (Amelio *et al.* 2008). Hematokrit adalah perbandingan bagian darah yang mengandung eritrosit terhadap volume seluruh darah yang dinyatakan dalam persen (%).

Terrestrialisasi adalah adaptasi fisiologis ekstrim sebagai suatu cara ikan paru-paru Afrika bertahan hidup pada musim kemarau. Selama berbulan-bulan hingga beberapa tahun, ikan paru-paru hidup di dalam kepompong lendir kering yang melindungi mereka dari kekeringan. Heimroth *et al.* (2021) mengungkapkan bahwa kepompong tersebut adalah jaringan hidup yang menjebak bakteri. Dengan demikian, ikan telah mengembangkan adaptasi imunologi yang unik untuk melindungi tubuh mereka dari infeksi dalam waktu yang lama saat tinggal di darat.

Protopterus dolloi (Gambar 7) adalah ikan yang harus mengambil nafas dari udara, dan estivasi dalam kepompong selama musim kering (Amelio *et al.* 2008).



Gambar 7 *Protopterus dolloi* (Sumber: <https://fr.wikipedia.org>)

Protopterus annectens (Gambar 8) mempunyai mulut tipe terminal (Onwude & Joshua 2019), maksudnya mulut berada diujung depan kepala. Gigi rahang berbentuk seperti gunting yang dapat menahan dan merobek daging mangsanya. Mulutnya terbuka hingga 10% dari total panjang tubuhnya yang memungkinkan ikan menangkap mangsanya dengan mudah. Morfologi dan histologi saluran pencernaan dari kerongkongan hingga kloaka menunjukkan adaptasi terhadap makanan dan kebiasaan makan ikan. Banyak lipatan mukosa di usus adalah kejadian biasa pada spesies karnivora. Kemampuan usus untuk mengembang dan adanya banyak lipatan mukosa memungkinkan *Protopterus amphibius* (Gambar 9) termasuk ikan paru-paru yang terkecil.

**African lungfish
(*Protopterus annectens*)**



Gambar 8 *Protopterus annectens* (Sumber: Encyclopaedia Britannica)



Gambar9 *Protopterus amphibius* (<https://tropical-fish-keeping.com>)

Perubahan hematologis *Protopterus aethiopicus* (Gambar 10-10) selama estivasi diamati oleh DeLaney *et al.* (1976). Ia menemukan bahwa jumlah eritrosit meningkat dari nilai akuatik sebesar 63.000

butir/mm³ menjadi hingga 114.000/mm³ nilai estivasi dalam satu bulan dan tetap antara 108116.000 butir/mm³ selama 13 bulan pengamatan.



Gambar 10 *Protopterus aethiopicus* (Sumber: <https://tropical-fish-keeping.com>)

Jadi apa komentar anda setelah membaca artikel ini? Apakah anda setuju kalau saya katakan bahwa ikan memiliki semua yang vertebrata lain punya. Bila semua burung bernapas dengan paru-paru, tanpa kecuali; maka ada enam jenis ikan yang bernapas dengan paru-paru dan insang. Katak juga bernapas dengan insang. Ya ketika ia masih berudu, tapi ketika dewasa katak bernapas dengan paru-paru. Jadi pada satu waktu katak menggunakan hanya satu jenis alat pernapasan. Ini beda dengan ikan paru-paru yang punya dua jenis alat pernapasan pada saat yang sama. Masih banyak keistimewaan ikan, kali lain kita sambung lagi.

Senarai pustaka yang diacu

- Amelio D, Garofalo F, Brunelli E, Loong AM, Wong WP, Kwong Y, Tota B, Cerra MC. 2008. Differential NOS expression in freshwater and aestivating *Protopterus dolloi* (lungfish): Heart vs kidney readjustments. *Nitric Oxide*, 18: 1-10
- Angela H. Arthington AH. 2009. Australian lungfish, *Neoceratodus forsteri*, threatened by a new dam. *Environmental Biology of Fishes*, 84: 211-221
- DeLaney RG, Shub C, & Fishman AP. 1976. Hematologic observations on the aquatic and estivating african lungfish, *Protopterus aethiopicus*. *Copeia*, 3: 423-434
- Fallon SJ, McDougall AJ, Espinoza T, Roberts DT, Brooks S, Kind PK, et al. 2019. Age structure of the Australian lungfish (*Neoceratodus forsteri*). *PLoS One*, 14(1): e0210168.
- Graham JB. 1997. *Air Breathing Fishes: Evolution, Diversity, and Adaptation*. Academic Press, Inc., San Diego, California. xi + 299 p.
- Heimroth RD, Casadei E, Benedicenti O, Amemiya CT, Muñoz P, & Salinas I. 2021. The lungfish cocoon is a living tissue with antimicrobial functions. *Science Advance*, 7: 1-12
- Helfman GS, Collette BB, Facey DE, & Bowen BW. 2009. *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology*. Willey-Blackwell, Chichester. 720 p.
- Kemp A. 1986. The biology of the Australian lungfish, *Neoceratodus forsteri* (Kreffft 1870). *Journal of Morphology Supplement*, 1: 181-198
- Lowe-McConnell RH. 1987. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press, Cambridge, 382 p.

- Nelson JS, Grande TC, & Wilson MVH. 2016. *Fishes of the World*. 5th ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 707 p.
- Onwude AM & Joshua OS. 2019. The mouth and gastrointestinal tract of the african lung fish *Protopterus annectens* (Owen 1839) in River Niger at Agenebode, Edo State Nigeria. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 23(4): 181- 188.