

## KOMUNITAS, EKOSISTEM DAN SUKSESI

*Oleh: Team Teaching Ekologi*  
**Jurusan Biologi FMIPA UNG**

### A. Konsep Ekosistem

Di alam terdapat organisme hidup (biotik) dengan lingkungannya yang tidak hidup (abiotik) saling berinteraksi dan berhubungan erat serta saling mempengaruhi satu sama lain yang merupakan suatu sistem. Di dalam sistem tersebut terdapat dua aspek penting yaitu arus energi (aliran energi) dan daur materi (daur mineral). Aliran energi dapat terlihat pada struktur makanan (struktur tropik), keragaman biotik dan siklus materi. Sistem tersebut dinamakan ekosistem.

Ekosistem merupakan tingkat organisasi yang lebih tinggi dari komunitas atau kesatuan dari suatu komunitas dengan lingkungannya dan di dalamnya terjadi interaksi. Di sini tidak hanya mencakup serangkaian spesies tumbuhan dan hewan saja, tetapi segala macam bentuk materi yang melakukan siklus dalam sistem itu serta energi yang menjadi sumber kekuatan. Untuk mendapatkan energi dan materi yang diperlukan untuk hidupnya semua komunitas bergantung pada lingkungan abiotik. Organisme produsen memerlukan energi, cahaya, oksigen, air dan mineral yang semuanya diambil dari lingkungan abiotik. Energi dan materi dari konsumen tingkat pertama diteruskan ke konsumen tingkat kedua dan seterusnya ke konsumen-konsumen lainnya melalui jaring-jaring makanan.

Materi dan energi berasal dari lingkungan abiotik akan kembali ke lingkungan abiotik. Dalam komunitas dalam lingkungan abiotiknya merupakan suatu sistem yang disebut ekosistem. Jadi konsep ekosistem menyangkut semua hubungan antara komunitas dan lingkungan abiotiknya. Di dalam ekosistem setiap spesies mempunyai suatu niche (relung ekologi) yang khas. Setiap spesies juga hidup di tempat dengan faktor-faktor lingkungan yang khas yaitu suatu habitat tertentu.

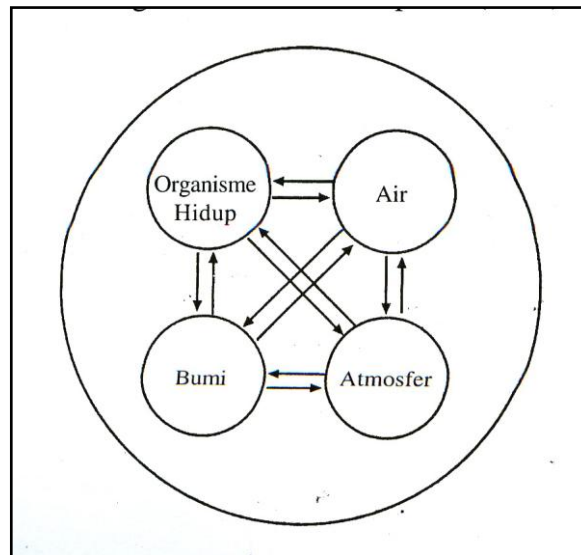
Kaidah-kaidah ekosistem dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Suatu ekosistem diatur dan dikendalikan secara alamiah.
- b. Suatu ekosistem mempunyai daya kemampuan yang optimal dalam keadaan berimbang. Di atas kemampuan tersebut ekosistem tidak lagi terkendali, dengan akibat menimbulkan perubahan-perubahan lingkungan atau krisis lingkungan yang tidak lagi berada dalam keadaan lestar bagi kehidupan organisme.
- c. Terdapat interaksi antara seluruh unsur-unsur lingkungan yang saling mempengaruhi dan bersifat timbal balik.
- d. Interaksi terjadi antara :
  1. komponen-komponen biotik dengan komponen-komponen abiotik.
  2. sesama komponen biotik
  3. sesama komponen abiotik
- e. Interaksi itu senantiasa terkendali menurut suatu dinamika yang stabil, untuk mencapai suatu kondisi optimum mengikuti setiap perubahan yang dapat ditimbulkan terhadapnya dalam batas-batas kesanggupannya.
- f. Setiap ekosistem memiliki sifat-sifat yang khas disamping yang umum dan secara bersama-sama dengan ekosistem lainnya mempunyai peranan terhadap ekosistem secara keseluruhannya (biosfer).
- g. Setiap ekosistem tergantung dan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor ruang waktu dan masing-masing membentuk basis-basis perbedaan di antara ekosistem itu sendiri sebagai pencerminan sifat-sifat khas.

h. Antara satu dengan lainnya, masing-masing ekosistem juga melibatkan diri untuk memilih interaksinya secara berurutan.

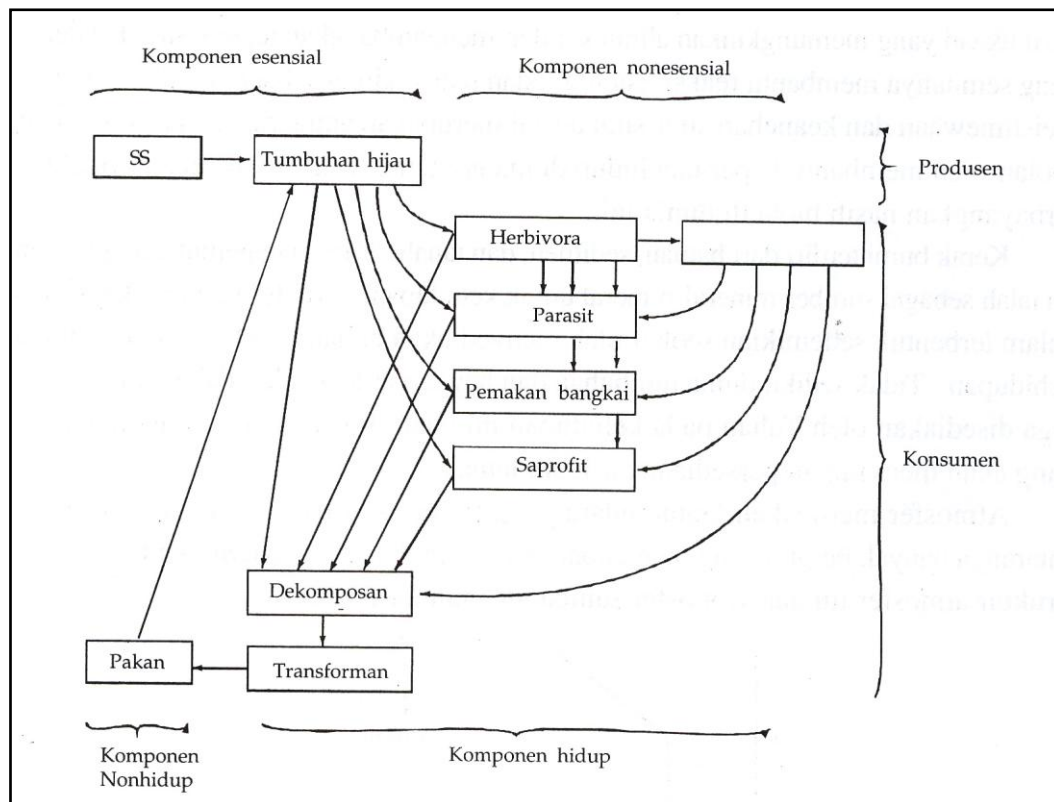
Dengan konsep ekosistem komponen-komponen lingkungan hidup dilihat secara terpadu sebagai komponen yang berkaitan dan tergantung satu sama lain dalam suatu sistem. Pendekatan tersebut dapat disebut sebagai pendekatan ekosistem atau pendekatan menyeluruh (*holistic*).

Konsep ekosistem (sistem ekologi) digambarkan oleh Clapham (1973) seperti bagan di bawah ini :



Gambar 8.1 Bagan Ekosistem Menurut Clapham

Bagan di atas mewujudkan rumusan pengetahuan ekologi sebagai interaksi biotik yaitu dunia kehidupan (biosfer) sesamanya serta dengan lingkungan fisik di sekitarnya yaitu abiotik yang terdiri dari air (hidrosfer), bumi (litosfer) dan atmosfer. Dalam interaksi yang dinamik, dunia kehidupan mendapatkan sumber pakannya (materi) dari aspek-aspek abiotik tersebut, tetapi untuk memperoleh pakan tersebut biotik masih memerlukan bantuan sumber lain yaitu energi yang didapatkan dari cahaya matahari. Untuk melihat komponen energi dalam ekosistem maka Clarke (1954) membuat bagan seperti di bawah ini :



Gambar 8.2 Bagan Ekosistem Menurut Clarke (1954)

## B. Sifat Adaptif Organisme

### 1. Kelenturan Organisme

Berbeda dengan dunia nonhayati (abiotik) organisme hidup berwatak responsif atas segala tantangan atas dirinya. Watak ini merupakan sifat adaptif pada proses interaksi dalam ekosistem yang tidak dimiliki oleh aspek-aspek abiotik. Kadang-kadang dikatakan bahwa melalui berbagai pengaruh interaksi memang tanah berubah, yang mungkin menuju kesuburan lebih baik bagi organisme, tetapi dalam proses itu tidak ada materi baru yang menggantinya. Begitupula dengan udara yang karena pengaruh interaksi memang terjadi bermacam perubahan. Tetapi hakikatnya materi tidak mudah diganti. Dalam proses eutrofikasi air terjadi juga perubahan, tetapi manusia mempunyai teknologi, maka diusahakan untuk memperbaiki kembali perubahan dan kemunduran air itu.

Di sisi lain organisme hidup lain yang dituntut memenuhi berbagai persyaratan tertentu untuk bertahan (*survival*) memiliki daya adaptasi bagi kelanjutan eksistensinya. Reaksi individu organisme terhadap tuntutan dari lingkungannya itu mengenal terjadinya evolusi menuju seleksi alami untuk memperbaiki individu yang lebih sesuai kepada tuntutan lingkungannya. Adaptasi di tingkat organisme individu meliputi organisme fisik dan biokimia yang dimilikinya untuk mendapatkan sumber daya yang diperlukan dari lingkungannya, mengubah sumber daya itu menjadi hasil yang berguna baginya, membuang materi limbah dan memenuhi keperluan hidup seperti untuk tumbuh, bergerak, dan reproduksi.

Adaptasi lainnya ialah memperbaiki kemampuannya untuk bertahan seperti meningkatkan daya tahan terhadap bermacam-macam tekanan lingkungan, melindungi diri dari predator, dan seterusnya. Daya adaptasi populasi sehari-hari, terutama dalam

kompetisi dengan organisme hidup lainnya dalam populasi yang sama terhadap sumber daya lingkungan yang diperlukannya, senantiasa berkembang juga. Karena berbagai populasi bervariasi kemampuannya melawan tekanan dinamik dari kompetisi interspesifik untuk mendapatkan sumber daya, seleksi alam terjadi untuk membersihkan individu-individu yang tidak bisa melawan digantikan dengan yang lebih kuat. Dengan demikian populasi merupakan dasar dari seleksi alam hingga posisinya sangat sentral dalam ekosistem. Faktor-faktor dalam kaitan ini ialah distribusi spasial dan temporer populasi itu, pertumbuhan dinamik dan penurunan jumlah populasi, serta struktur sosial dari populasi itu sendiri.

Struktur komunitas juga banyak ditentukan oleh perolehan dan penggunaan sumber daya lingkungan. Secara sederhana hal ini dapat dikaji dari beberapa mekanisme dalam pemanfaatan makanan dan siklus nutrisi dari sumber daya yang sama oleh seluruh anggota komunitas. Banyak fungsi komunitas dalam ekosistem bereaksi dalam hubungannya dengan sumber daya lingkungan itu, seperti iklim mikro dan topografi, maka evolusi komunitas secara keseluruhan dapat terjadi. Hakikat sifat adaptif organisme dalam menanggapi proses dinamika merupakan *putaran umpan balik (feedback loop)* organisme terhadap segala tekanan dari lingkungannya. Asas ini begitu pentingnya, merupakan mekanisme pengatur utama yang berpengaruh terhadap organisme hidup. dapat dirumuskan secara sederhana, putaran umpan balik itu *sebagai hubungan perubahan suatu kondisi untuk kembali ke kondisi semula yang mengubah kadar dan arah perubahan itu bagi proses perubahan selanjutnya*. Berdasarkan rumusan itu dapat terjadi dua bentuk mekanisme putaran umpan balik ini, bersifat positif apabila mekanisme bersifat mandiri; bersifat negatif apabila mekanisme menciptakan *homeostatis* yang dinamik (*steady state*).

Pada mekanisme pertama secara mandiri organisme bereaksi terhadap sumber daya lingkungannya sehingga populasi individu bertambah atau sebaliknya berkurang. Pada mekanisme kedua terjadi keseimbangan dinamik yang dikontrol oleh faktor lingkungannya yang mengakibatkan struktur stabil. Melalui kedua mekanisme itu akhirnya keseimbangan ukuran populasi (*population size*) terbentuk kembali.

Pada umumnya interaksi antar spesies organisme yang berbeda dan juga interaksi antar spesies tertentu dengan lingkungan fisiknya tergantung pada mekanisme putaran umpan balik, baik positif maupun negatif. Semua organisme dalam ekosistem pada suatu saat merupakan bagian dari mekanisme putaran umpan balik, baik bersifat positif atau negatif. Akhirnya disadari perlunya menggunakan *ukuran-ukuran kuantitatif* dalam memahami lebih jauh dinamika ekosistem itu dalam kenyataannya di lapangan.

Tolok ukur kelimpahan (*abundance*) suatu spesies atau keragaman spesies dapat digunakan. Pendekatan lain menggunakan masa hidup spesies (*standing crop*) atau berat hidupnya (*biomass*) yang penggunaannya harus penuh kecermatan karena berat hidup spesies tidak beragam karena tergantung kandungan air di dalamnya.

## **2. Dinamika Ekosistem**

Melalui pembahasan bagian-bagian yang lalu, sebenarnya telah sempat dibahas konsep-konsep komunitas utamanya dalam kaitannya dengan pembahasan rantai pakan dalam ekosistem. Di sini ingin dikukuhkan kaidah-kaidah ekologi lain ialah watak ekosistem yang dinamik. Watak itu berkembang pada hakikatnya dari sifat adaptif organisme itu sendiri. Seperti telah ditulis, komunitas itu sendiri dirumuskan sebagai "kumpulan (*assemblage*) dari populasi dalam ekosistem". Dengan demikian pembahasan konsep komunitas dapat dipahami dari konsep jenjang satuan biologik di

bawahnya, seperti populasi, individu organisme atau satuan organisme di bawahnya lagi (sel dan gen).

Suatu komunitas memang terdiri dari populasi-populasi yang membentuk komunitas itu, tetapi konsep komunitas sekali-kali tidak merupakan penjumlahan sifat populasi anggotanya. Dalam ekosistem, berbagai populasi memang dengan erat berinteraksi sesamanya, bersaing ketat memperoleh keperluan sumber daya lingkungannya. Hubungan populasi-populasi dalam komunitas merupakan keterkaitan halus sesamanya dalam hubungan fungsional yang saling mengisi dan membentuk keseimbangan komunitas yang dinamik.

Komunitas merupakan kesatuan dinamik dari hubungan-hubungan fungsional antara populasi-populasi anggotanya yang berperan pada posisinya masing-masing, menyebar dalam ruang dan tipe habitatnya. Keanekaragaman spesies komunitas dan spektrum interaksi sesamanya serta pola-pola aliran energi dan nutrisi dalam komunitas itu menuju suatu keseimbangan.

### 3. Kelimpahan Spesies dan Keanekaragaman Komunitas.

Jumlah spesies dalam komunitas sangat beragam. Komunitas hutan tropika humida dan terumbu karang mengandung ribuan jenis spesies. Di sisi lain tundra ataugurun kandungannya relatif lebih kecil. Jumlah spesies dalam komunitas disebut nilai kekayaan spesies (*species richenes*), merupakan ukuran tentang kelimpahan. Konsep ini tidak terlampaui menonjol kegunaannya kecuali dalam hal keberadaan spesies langka karena nilai kekayaan spesies menjadi besar apabila wilayah yang dikaji bertambah besar. Lain halnya dengan nilai kelimpahan relatif dengan membandingkan dua komunitas yang terdiri dari 30 spesies, pada komunitas pertama spesies-spesies terbagi rata masing-masing sekitar 3-5%, pada komunitas kedua 95% hanya dari dua atau tiga spesies saja. Situasi ini berpengaruh kepada struktur komunitas. *Tabel 7.1* memperlihatkan sifat nilai kekayaan spesies yang dimaksud dalam lingkungan yang berbeda-beda.

Tabel 8.1. Perkiraan Nilai Kekayaan Spesies Lingkungan yang Berbeda

Taxon Lintang Utara	Florida (27 <sup>0</sup> U)	Massachusetts (42 <sup>0</sup> U)	Labrador (54 <sup>0</sup> U)	Pulau Baffin (70 <sup>0</sup> U)
Kumbang	4.000	2.000	169	90
Siput Darat	250	100	25	0
Kerang-kerangan	425	175	60	*
Reptilia	107	21	5	0
Amphibia	50	21	17	0
Ikan Air Tawar	*	75	20	1
Ikan Laut	650	225	75	*
Lokan Berbunga	2.500	1.650	390	218
Paku dan Lumut	*	70	31	11

\* tidak ada data

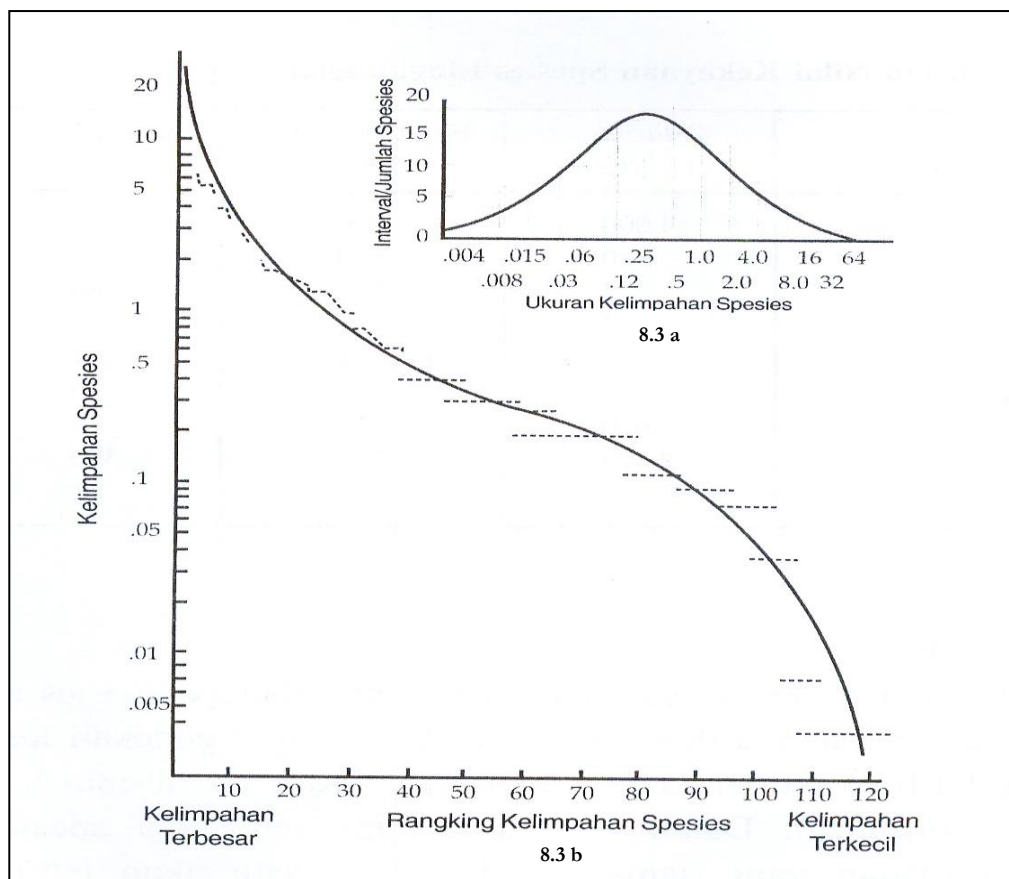
Dengan demikian angka kekayaan spesies ditentukan oleh luasnya dan lokasinya tempat komunitas berada. Dalam kaitannya dengan struktur komunitas beberapa spesies akan bermakna apabila membandingkannya dengan spesies lain yang mendekati kesamaan kelimpahan relatif dalam suatu komunitas. Faktor ini disebut kadar kesamaan komunitas (*equitibility*).

Dalam komunitas apapun juga spesies tidak akan memiliki kelimpahan yang sama; spesies yang satu akan lebih banyak dari rata-ratanya, spesies lainnya lebih

langka. Distribusi kelimpahan relatif spesies dengan demikian lebih bermakna dan merupakan aspek penting dari struktur komunitas.

Pengertian distribusi kelimpahan relatif spesies diharapkan dapat diperjelas melalui kurva distribusi log-normal pada *Gambar 8.3a*. Sumbu horizontal ukuran kelimpahan diukur dengan jumlah numeriknya, kerapatan biomassa dan/atau lain-lain. Sumbu vertikal menggambarkan jumlah spesies yang nilai kelimpahannya ditentukan oleh masing-masing selang ukuran kelimpahan. Dengan kurva semilogaritma pada *Gambar 8.3b*, kondisi kelimpahan relatif digambarkan menurut ranking dari kelimpahannya terbesar sampai terkecil.

Penggunaan lain yang acapkali dipakai para ahli mengenai kurva di atas ialah mengaitkan hubungannya dengan berbagai konsep komunitas *keanekaragaman* dan *dominasi*. Keanekaragaman (*diversity*) merupakan ukuran integrasi komunitas biologik dengan menghitung dan mempertimbangkan jumlah populasi yang membentuknya dengan kelimpahan relatifnya. Apabila distribusi kelimpahan spesies itu sama pada beberapa komunitas, keanekaragamannya berbanding lurus dengan populasi-populasi di dalamnya. Tetapi karena kadar kesamaan merupakan ukuran mengenai keanekaragaman, keanekaragaman dua komunitas dapat tidak sama walaupun nilai kekayaan spesiesnya Sama, apabila kelimpahan relatif spesies pada komunitas yang satu lebih sama (*equitable*) daripada yang lainnya.



Gambar 8.3. Kurva Distribusi Log-Normal Spesies di Arizona (Whittaker, 1965)

Kelimpahan memang hanya merupakan salah satu faktor dari pertimbangan keanekaragaman, faktor lain disebut nilai penting (*importance value*) seringkali lebih bermakna karena merupakan ukuran banyak faktor seperti produktivitas atau siklus materi. Untuk memahami pengertian nilai penting ini dimanfaatkan kurva

semilogaritma *Gambar 8.3b* yang sama. Komponen kekayaan keanekaragaman ditunjukkan langsung oleh jumlah populasi, kesamaannya ditunjukkan oleh sudut dan bentuk kurva. Semakin hampir horizontal dan cekung ke atas kurva nilai kesamaan meningkat, semakin cembung ke atas nilai kesamaan semakin kecil.

Beberapa spesies dapat memberi arti yang lebih penting dari spesies lainnya dalam suatu komunitas. Pengaruh ini dapat mengubah ekosistem karena bersifat *dominan* dari spesies lainnya. Dengan demikian dominasi diberi batasan *sebagai pengaruh lebih kuat suatu populasi dari populasi lainnya dalam komunitas*. Dominasi disini jelas tidak berarti sama dengan kelimpahan karena walaupun kelimpahan serta spesies tinggi namun tidak berpengaruh pada komunitas karena peranannya tidak berarti. Spesies dominan kendati mungkin tidak melimpah, mampu memanfaatkan faktor-faktor lingkungan dengan sebaik-baiknya hingga sangat berpengaruh dalam komunitas. Keadaan ini merupakan gejala yang telah diketahui secara luas dalam hutan tropika humida tempat jenis-jenis pohon meranti yang kebetulan merupakan jenis yang komersial lebih berpengaruh dari pada jenis populasi lainnya.

## C. Struktur Komunitas

### 1. Relung Ekologi

Setiap populasi dalam komunitas mempunyai fungsi yang berbeda. Istilah relung ekologi (*ecological niche*) pada umumnya digunakan untuk menjelaskan peran suatu spesies dalam suatu komunitas. Relung mengandung semua ikatan (*bounds*) diantara populasi dengan komunitas dan ekosistem tempat populasi berada. Termasuk ikatan-ikatan itu ialah faktor-faktor seperti toleransi ruang dan optimalisasi segala perubahan lingkungan abiotik, organisme pakan dan pemakan, sebaran (selang) ruang hidup spesies dan struktur populasi spesies. Setiap spesies mempunyai relung ekologi dalam relung ini merupakan determinan pokok dan adaptasi struktural, fisik dan perilaku populasi. Tetapi untuk mengetahui relung suatu spesies dalam komunitas tidak mudah karena ada peran faktor itu yang menonjol dan sebaliknya bahkan ada yang dapat menutupi peran faktor lain.

Relung adalah watak komunitas walaupun acapkali dikatakan suatu relung dengan nama jenis populasi yang menghuninya. Relung sebenarnya adalah ruang tempat populasi dalam struktur komunitas yang tidak bermakna sama sekali kalau komunitas itu tidak ada. Komunitas dalam ekosistem yang memiliki faktor-faktor lingkungan kurang serupa dapat mempunyai satu atau lebih relung yang serupa. Adaptasi populasi yang menghuni relung itu seringkali juga sangat identik walaupun sama sekali tidak terkait. Teladan situasi ini dibuktikan mengenai jenis-jenis kaktus yang hidup di gurun Amerika Serikat sebelah barat yang identik dengan spesies famili lain yang hidup di gurun Afrika sebelah Selatan. Keduanya tidak ada kaitannya sama sekali.

Begitu banyak teladan lain dari jenis-jenis burung yang hidup pada dua ekosistem berjauhan sama sekali. Seperti telah sempat disinggung di muka situasi ini disebut *ekuivalen ekologi*.

Sifat lain dari watak relung ialah bahwa tidak ada dua spesies yang hidup dalam komunitas yang sama dapat menghuni relung yang sama. Keadaan ini telah lama dibuktikan oleh percobaan klasik oleh Gause (1934), seorang ilmuwan Rusia yang memelihara spesies-spesies *Paramecium* dalam sebuah ruang yang sama. Ketika Gause memelihara *P. Aurelia* bersama *P. Caudatum* dalam ruangan itu, setelah enam belas hari hanya *P. Aurelia* yang tinggal (semua *P. Caudatum* mati). Tetapi ketika *P. Bursaria* dipelihara bersama *P. caudatum*, keduanya tetap dapat hidup bersama.

Percobaan Gause membuktikan bahwa kedua organisme hidup dalam ekosistem yang sama, tetapi menempati relung yang berbeda.

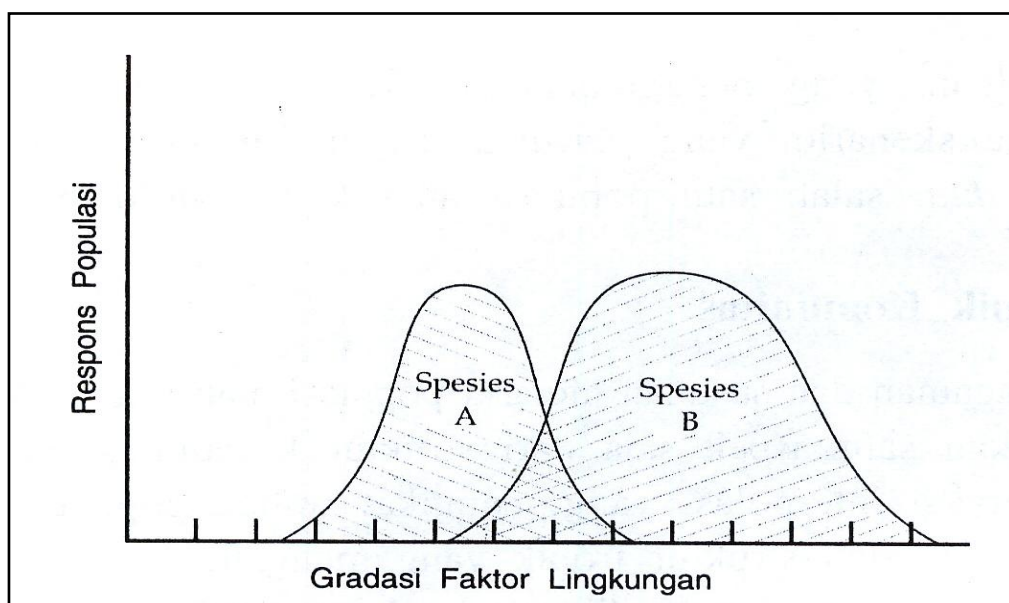
## 2. Habitat

Aspek penting dari relung populasi ialah *orbit* (menyatakan *range* yang merupakan ruang kehidupan spesies lingkungan geografi yang luas) dan *habitat* (menyatakan ruang kehidupan lingkungan lokasinya) yang menunjukkan yang menunjukkan tempat populasi hidup dan berfungsi dalam ekosistem. Habitat ialah toleransi dalam orbit tempat suatu spesies hidup termasuk faktor lingkungan yang cocok dengan syarat hidupnya. Perbedaan habitat itu dapat ditunjukkan pada daun-daunan *Eucalyptus blakelyi* di dataran tinggi Australia Tenggara yang merupakan habitat bagi *Cardiaspina albitextura*. Begitu juga dalam percobaan yang dilakukan oleh Gause menunjukkan habitat *P. Bursaria* berbeda dengan habitat *P. Caudatum*.

Semacam spesies organisme penghancur (pembusuk) daun hanya hidup pada lingkungan sel-sel daun lapisan atas fotosintesis, sedangkan spesies organisme penghancur lainnya hidup pada sel-sel daun bawah pada lembar daun yang sama hingga mereka hidup bebas dan tidak saling mengganggu. Lingkungan sel-sel dalam lembar daun di atas disebut *mikrohabitat* sedangkan keseluruhan daun dalam lingkungan makro disebut *makrohabitat*. Lingkungan iklim kedua habitat tersebut itu tentunya juga tidak sama, yang disebut *iklim mikro (microclimate)* pada lingkungan pertama dan yang terakhir disebut *iklim makro (macroclimate)*.

## 3. Penyebaran Relung

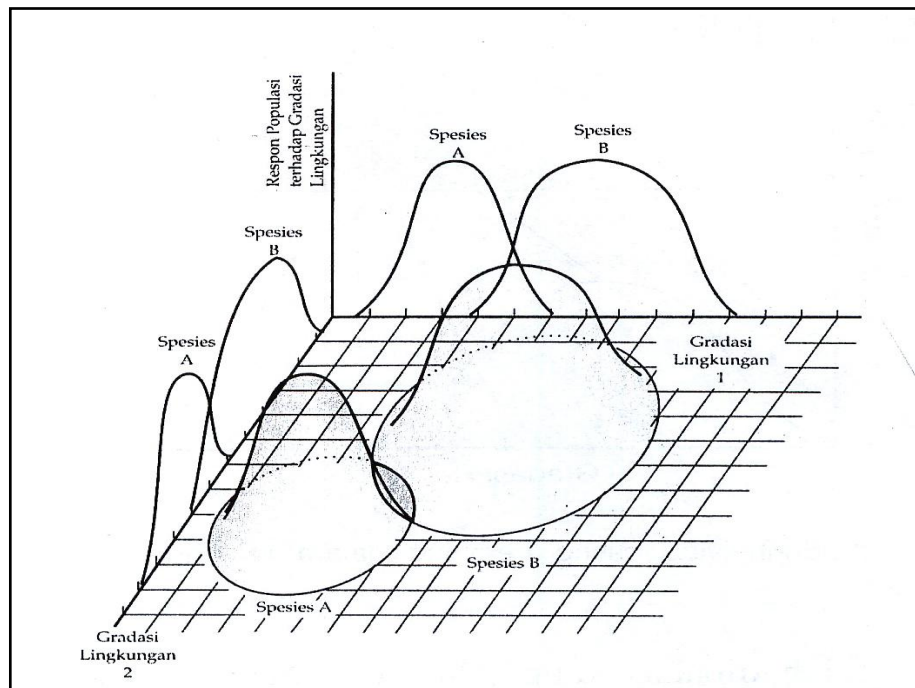
Pengaruh relung yang menunjukkan posisi populasi dalam komunitas kepada komunitas merupakan fungsi spektrum keseluruhan faktor yang mempengaruhi komunitas itu. Dapat terjadi dua spesies yang menggantungkan makanannya pada organisme yang sama seperti *Psyllaephagus genistus* dan *P. Enus*, keduanya menyerang *Cardiaspina albitextura*, tetapi ternyata kedua *Psyllaephagus* menyerang *Cardiaspina* pada dua tingkat pertumbuhan larva serangga itu yang berbeda. Dengan demikian pada hakekatnya kedua *Psyllaephagus* masing-masing memiliki relung sendiri yang bersinggungan dalam ekosistem yang berwujud karena gradasi pemanfaatan faktor-faktor lingkungan yang berbeda, seperti *Gambar 8.4*.



Gambar 8.4. Diagram Satu Segi Relung Dua Populasi



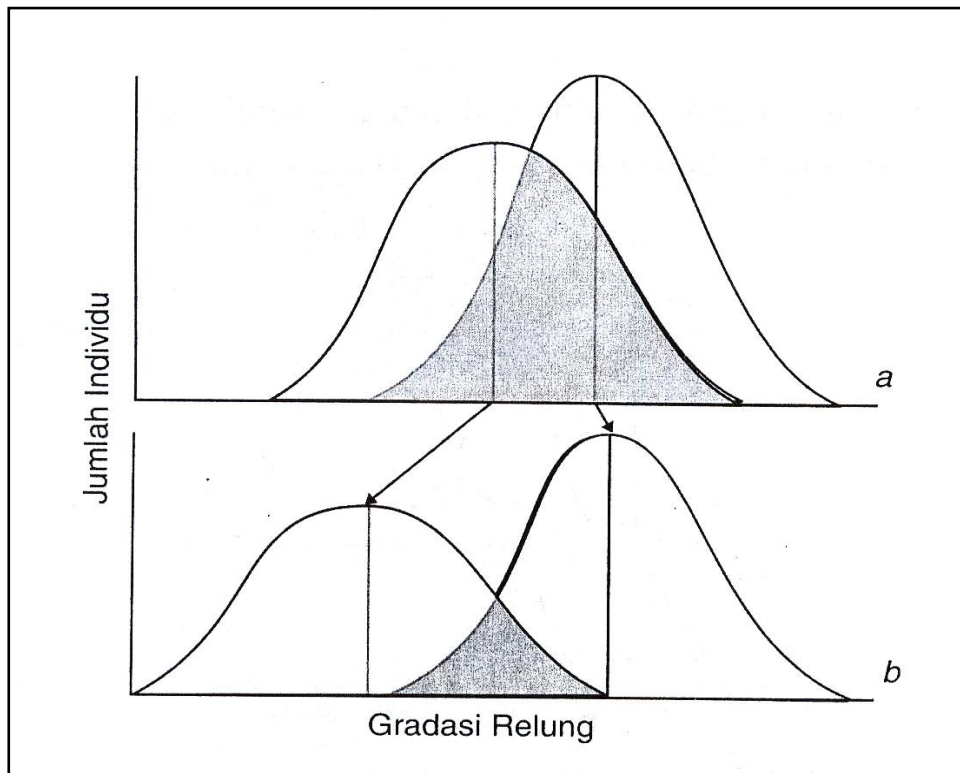
Faktor-faktor yang dimaksud itu misalnya faktor fisik dan kimia lingkungan abiotik, spesies dan ukuran organisme sebagai sumber makanan atau interaksi interspesifik lain yang lebih rumit. Kurva tersebut menggambarkan respons terhadap keanekaragaman faktor yang berpengaruh luas, kurva merupakan jumlah makanan segala ukuran yang merupakan pakan populasi. Jika faktor lingkungan adalah temperatur, maka luas kurva adalah populasi. Kurva tersebut dapat dikembangkan dengan mengubah faktor lingkungan, misalnya dengan perbedaan kelembapan udara akan diperoleh *Gambar 8.5*.



Gambar 8.5. Diagram Relung-Relung Dan Populasi Dalam Proses Terhadap Dua Faktor Lingkungan

Yang penting dari diagram tersebut ialah ilustrasi pola-pola interaksi di antara populasi dihubungkan dengan ruangan relung multidimensional (*niche-space*). Tumpang-tindih relung berkurang dan relung-relung itu cenderung memisah pada lingkungan yang stabil, tetapi pada lingkungan yang gersang relung-relung cenderung agak berpisah.

Aturan umum yang berlaku dalam tumpang tindih relung-relung itu ialah bahwa individu-individu dalam area tumpang-tindih saling bersaing. Seleksi alam akan menampilkan yang kuat tergambar pada ilustrasi dua relung yang tumpang-tindih berikut ini, yang menggambarkan perubahan pola tumpang-tindih dua skenario; Pertama, kedua relung mengecil dan terjadi spesialisasi. Skenario kedua, salah satu populasi atau keduanya mengecil jumlahnya.

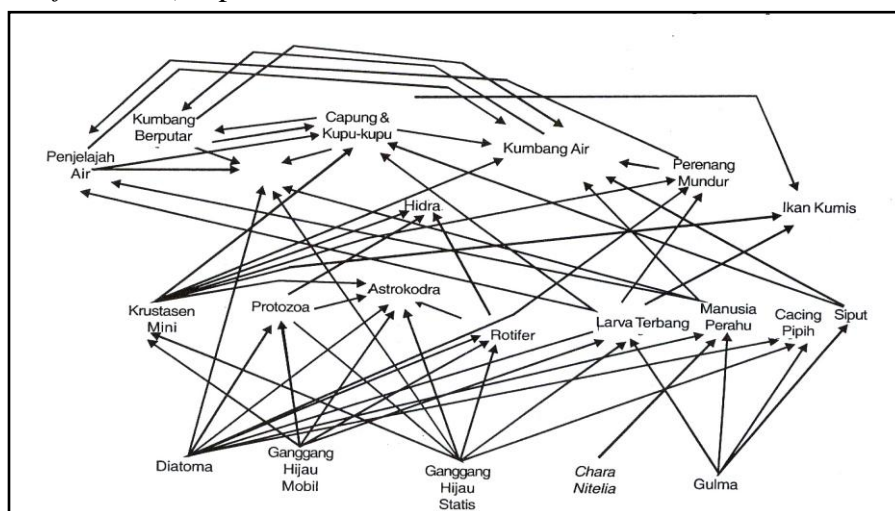


Gambar 8.6. Individu-Individu Saling Bersaing Dalam Relung-Relung Tumpang-Tindih

#### 4. Struktur Tropik Komunitas

Keanekaragaman dan susunan hirerarki populasi atau relung dalam komunitas hanya merupakan satu aspek saja dari struktur komunitas.

Sama pentingnya ialah pola interaksi interpolasi yang mengikat semua populasi, dan yang lebih penting lagi ialah struktur tropik yang mengatur pola aliran energi dan nutrisi melalui komunitas. Konsep aliran-aliran rantai pakan ini telah dibahas yang juga menunjukkan arah aliran bahan makanan. Dalam kenyataannya ujud aliran ini lebih rumit karena populasi dalam komunitas begitu beragam. Konsep itu dinamakan jaringan pakan (*food web*) seperti Gambar 8.7.



Gambar 8.7. Diagram Sederhana Jaringan Pakan Kolam padang Rumput

Salah satu yang penting dalam konsep komunitas adalah keteguhan (*stabilitas*), yang dalam perjalanan waktu komunitas relatif tidak bervariasi. Pada dasarnya ada dua pengertian tentang keteguhan itu. Pertama, keteguhan komunitas (*community stability*) yaitu kadar fluktuasi populasi dalam komunitas; kedua keteguhan lingkungan (*environment stability*) yaitu fluktuasi faktor-faktor abiotik ekosistem.

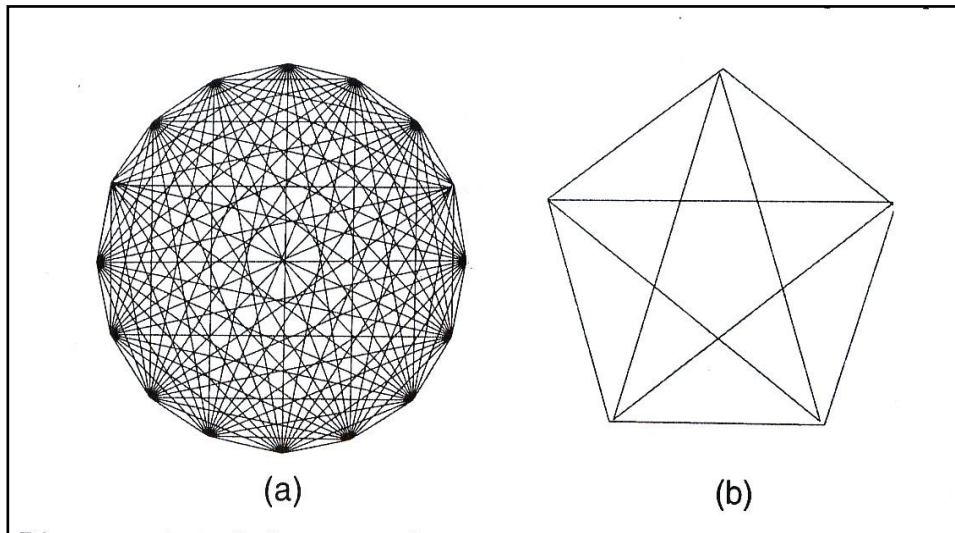
Kedua keteguhan berhubungan erat; komunitas yang stabil biasanya terdapat pada lingkungan yang stabil dan juga sebaliknya. Akan tetapi mekanisme keteguhan suatu komunitas tidak sekedar ditentukan oleh fluktuasi lingkungan abiotiknya. Secara global stabilitas komunitas sangat melebar berbagai komunitas hutan tropika humida atau terumbu karang terbukti sangat stabil, kepadatan populasinya terbukti konstan untuk waktu yang lama. Di sisi lain tundra sangat variabel. Ekosistem itu dibentuk oleh populasi yang selalu berfluktuasi dalam kelimpahannya. Faktor lingkungan merupakan faktor utama variasi itu yang sukar dihindari oleh komunitas. Tetapi seperti apa yang akan dijelaskan nanti fluktuasi itu pun banyak disebabkan oleh hal-hal lain, terutama adaptasi genetik.

Satu hal yang juga sangat penting, struktur komunitas ternyata juga berperan dalam kadar keanekaragaman lingkungannya. Penyebab yang logik ialah terbentuknya lingkungan mikro yang melindungi struktur komunitas. Di bawah lindungan hutan daun jarum misalnya, anggota komunitas dilindungi dari berbagai iklim makro seperti angin, evaporasi, perubahan temperatur dan lain-lain yang membantu komunitas menjadi stabil, yang lebih menarik ialah kaitan kontroversial struktur komunitas dengan stabilitasnya dalam hal hubungan keanekaragaman komunitas dengan stabilitas komunitas. Kenyataan itu sulit dibuktikan walaupun banyak contoh yang membenarkan keadaan itu dan demikian sebaliknya banyak juga contoh yang tidak membenarkannya. Hal ini misalnya dapat dilihat dari kenyataan pertanian buatan dibandingkan dengan ekosistem alam.

Salah satu penyebab struktur komunitas mempengaruhi keanekaragaman lingkungan populasi ialah proses aliran bahan nutrisi. Dalam komunitas yang sangat sederhana, sedangkan jalur aliran energi dan nutrisi terbatas, sterbuka sedikit bagi organismenya untuk memberikan reaksi apabila terjadi perubahan aliran itu. Fleksibilitas jaringan pakan sangat terbatas, populasi yang bereaksi sangat kuat terhadap fluktuasi lingkungan abiotik akan menyebabkan fluktuasi yang paralel pada populasi lain pada komunitas. Pengaturan stabilitas komunitas dalam hal ini lebih banyak ditentukan oleh perubahan eksternal lingkungan abiotik, dan sangat sedikit oleh kemampuan mengatur diri faktor-faktor biologik.

Dalam komunitas yang lebih beragam dengan lebih banyak populasi pada setiap jenjang tropik, serta lebih besar peluang populasi memperoleh pakan pada lebih dari satu jenjang terbuka, fleksibilitas lebih besar dari pola arus energi. Apabila tidak ada spesies yang dominan, maka semua populasi secara relatif independen, maka mekanisme kendali interspesifik dalam komunitas dapat menahan berbagai pengaruh perubahan abiotik. Spesies dominan berpengaruh lebih besar terjadi pada komunitas hingga interaksi sesamanya lebih besar dan tentunya dengan peran spesies dominan yang lebih besar.

Keterkaitan struktur komunitas dengan keteguhannya jauh melampaui faktor kerumitan jaringan pakan. Interaksi antarspesies yang mempengaruhi pengaturan populasi dan stabilitasnya tergantung pada faktor perubahan habitat dan tidak ada hubungannya dengan aliran energi. Hal ini dapat dilihat pada diagram *Gambar 8.8*.

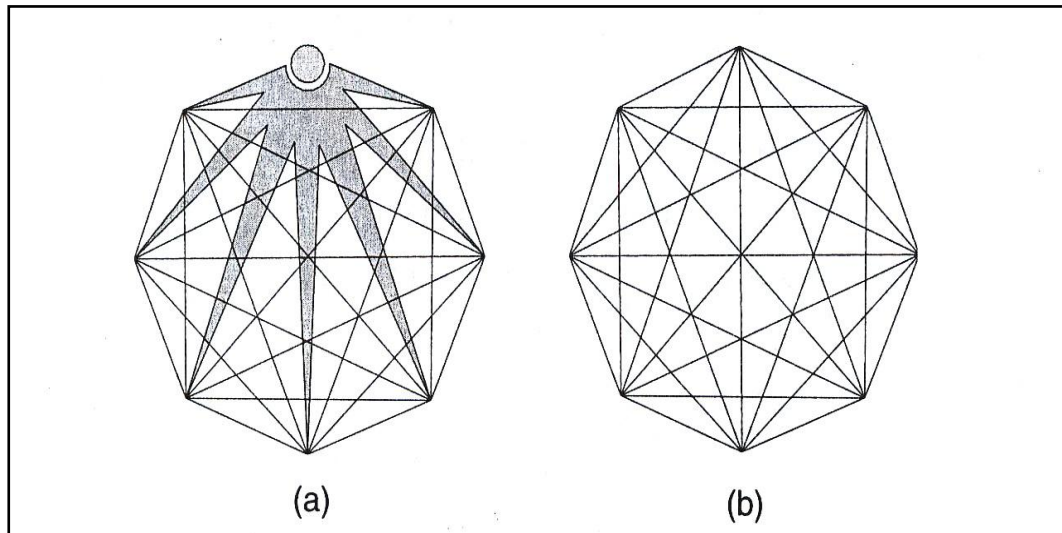


Gambar 8.8. Diagram keterkaitan spesies-spesies dalam komunitas. (a) komunitas rumit dengan interaksi stabilitas yang besar, (b) komunitas sederhana dengan interaksi stabilitas normal.

Diagram di atas menggambarkan betapa besar kelenturan jalur-jalur aliran energi yang dapat terwujud pada komunitas yang sederhana itu. Bukan saja bagi organisme-organisme itu terbuka pilihan memperoleh pakannya, tetapi juga terbuka peluang mendapatkan sumber pakannya dari lebih satu jenjang tropik. Pilihan itu membuka peluang yang sangat banyak, terjadinya aliran energi yang berperan penting bagi terciptanya stabilitas komunitas. Apabila misalnya terdapat  $N$  populasi, maka secara potensial dapat terwujud interaksi sesamanya  $N(N-1)$ . Interaksi itu bisa merupakan aliran bahan pakan atau faktor biotik interspesifik seperti mutualisme dan kompetisi. Tidak semua interaksi ini nyata karena harus ada sejumlah relung yang memadai bagi terjadinya interaksi itu, dan setiap interaksi secara potensial dapat menyebabkan mekanisme putaran umpan balik yang mengakibatkan seluruh komunitas akan lebih stabil.

Prinsip yang dinamakan keteguhan maksimal ini dicirikan oleh mekanisme putaran umpan balik yang sepadan jumlahnya sebagai jawaban terhadap tantangan perubahan yang dihadapinya. Jadi komunitas yang becirikan jumlah interaksi relung yang tinggi, seperti *gambar 8.8 a*, peluang terjadinya mekanisme putaran umpan balik sangat besar, dan sebaliknya apabila interaksi relung itu sedikit akan menyebabkan stabilitas komunitas sangat rapuh seperti *gambar 8.8 b*.

Stabilitas komunitas langsung juga terkait dengan kekayaan spesies komunitas. Makin banyak relung dalam komunitas, interaksi dapat terjadi lebih banyak, dan kemampuan komunitas untuk mengompensasikan tekanan lingkungan lebih besar. Maka stabilitas komunitas dengan demikian lebih besar. Tetapi gejala ini tidak akan terjadi apabila ekosistem belum menggambarkan kepentingan relatif populasi dalam relung. Suatu komunitas misalnya, yang memiliki dua spesies yang dominan seperti *Gambar 8.9*, interaksi antara keduanya akan lebih penting dari pada interaksi Populasi lainnya; lain halnya dengan komunitas yang ukurannya sama tetapi tidak ada spesies dominan, interaksi akan lebih seragam, walaupun mekanisme putaran umpan balik kurang berfungsi. Dengan kata lain komunitas yang memiliki spesies dominan, misalnya (manusia) secara inheren kurang stabil dari pada komunitas yang tidak memiliki spesies dominan seperti itu sehingga kadar kesamaan dan kekayaan spesies komunitas memegang peranan penting di dalam stabilitas komunitas.



Gambar 8.9. Pengaruh dominasi pada komunitas sederhana (a) pengaruh dominasi jelas; (b) interaksi seragam.

Stabilitas komunitas terkait langsung dengan keanekaragaman komunitas. Dalam praktek konsep ini sangat penting, karena manusia sebagai salah satu organisme dalam ekosistem memegang peranan yang menonjol sehingga tidak semua komunitas di daerah kutub atau gurun itu tidak stabil disebabkan di tempat itu pengaruh dominan dari manusia relatif tidak ada. Danau dan sungai yang terpolusikan, kota, ladang pertanian yang semula merupakan ekosistem yang kaya disederhanakan oleh manusia sehingga menjadi komunitas yang kurang beragam, dan pada gilirannya keteguhannya menjadi sangat rapuh. Manusia telah mengubah komunitas yang diversitasnya tinggi menjadi lebih sederhana sehingga komunitas itu menjadi tidak stabil.

#### D. Pola-Pola Komunitas

##### 1. Keteguhan Lingkungan dan Keanekaragaman Komunitas

Segala aspek komunitas berubah pada ruangan yang berlainan, termasuk struktur komunitas dengan fenomenanya yang terkait, seperti stabilitas komunitas atau penyebaran geografik populasi dan komunitas tertentu. Pada umumnya pola distribusi penyebaran komunitas dikendalikan oleh faktor abiotik seperti suhu, curah hujan, atau salinitas yang terjadi luas dan dikendalikan faktor-faktor yang bersifat regional dalam wilayah sempit, yang dipengaruhi oleh heterogenitas ekosistem.

Hal yang menarik dan penting pada pola distribusi komunitas ialah bahwa aspek struktur komunitas, yaitu *keanekaragaman* dan *stabilitas komunitas*, tergantung pada keteguhan lingkungan ekosistem. Ekosistem dengan lingkungan stabil seperti hutan tropik, humida dan terumbu karang misalnya, disebabkan sangat teguhnya stabilitas faktor abiotik penting terutama iklim yang kadar perubahannya rendah serta dapat diantisipasi. Karena watak lingkungan seperti itu, organisme banyak yang kemudian mengembangkan spesialisasi pada lingkungan yang dapat meningkatkan efisiensi memenuhi tuntutan lingkungannya, sehingga memiliki kemampuan efektif dalam persaingan interspesifik. Kecenderungan spesialisasi ini tentunya sebagai akibat kecenderungan proses diversifikasi relung. Sifat yang demikian memang merupakan watak lingkungan yang stabil.

Watak logik komunitas seperti itu mengandung banyak jumlah populasinya, tetapi anggotanya (individu) terbatas dan dominasipun tidak ada. Dengan demikian terlihat langsung kaitan keteguhan ekosistem itu dengan keteguhan komunitas dan

keanekaragaman komunitas yang tinggi. Dengan kata lain dalam ekosistem yang stabilitasnya rendah keanekaragaman komunitas pun rendah dan keteguhan komunitas juga rendah.

Karena faktor lingkungan yang mendukung, komunitas meningkat *produktivitasnya* dan dapat memicu berkembangnya banyak populasi, pada gilirannya keanekaragaman komunitas meningkat. Akibatnya stabilitas ekosistem juga meningkat. Dengan kata lain komunitas juga dapat menunjang keteguhan ekosistem; jadi *spesialisasi* dan *produktivitas* komunitas dapat menunjang stabilitas ekosistem.

## 2. Keanekaragaman dan Heterogenitas Ekosistem

Pada dasarnya tidak ada ekosistem yang homogen, pada sebaran relung yang sempit pun, karena pengaruh mikro habitat ekosistem beragam (heterogen), lebih-lebih pada hamparan lingkungan lebih luas misalnya disebabkan perbedaan secara alamiah.

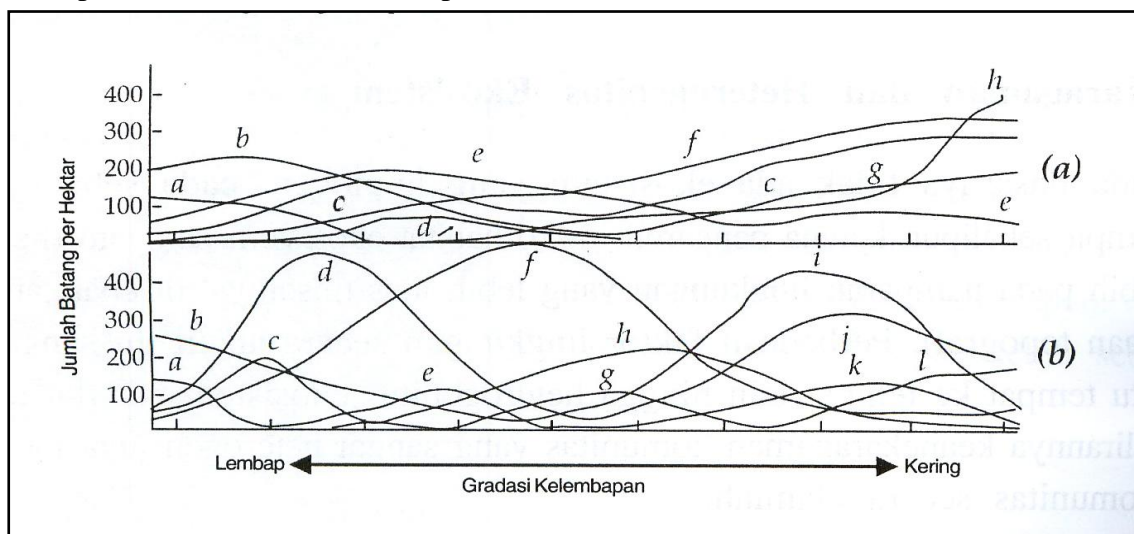
Perbedaan faktor lingkungan secara alami itu sangat besar dari satu tempat ke tempat lain sehingga heterogenitas ekosistem bersifat alamiah. Pada gilirannya keanekaragaman komunitas yang sangat heterogen juga merupakan sifat komunitas secara alamiah.

## 3. Batas dan Gradasi Komunitas

Dalam mempelajari suatu komunitas seringkali diperlukan data mengenai batas-batas komunitas itu atau sampai mana komunitas itu berakhir. Teladan yang ditampilkan dalam halaman ini ialah kenyataan hutan kayu keras di sudut timur laut Amerika Serikat yang terhampar ke Wilayah Canada.

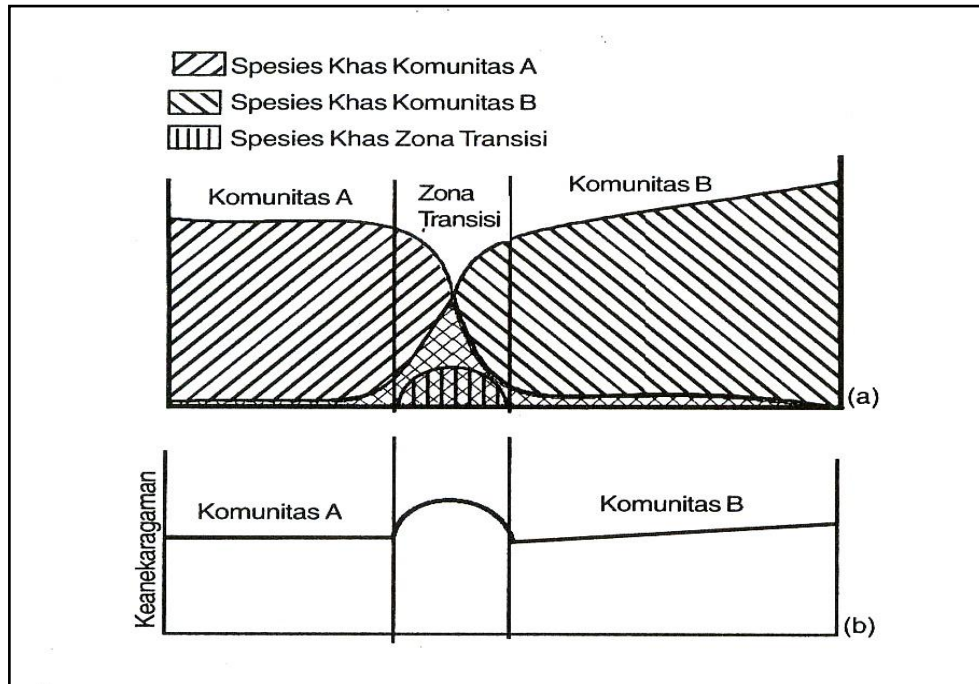
Hamparan hutan itu merupakan hutan-hutan cemara kayu keras (*Spruce*) bersinambungan namun ternyata memang secara berangsur-angsur berubah strukturnya. Di Amerika Serikat hutan itu lebih beraneka ragam bahkan spesies-spesies yang terkandung jauh berbeda, begitu juga dengan proses interaksi umpan balik lebih aktif di selatan, walaupun keduanya tetap merupakan hutan *Spruce* yang sama, tidak mudah dinyatakan di mana batasan keduanya.

Batas komunitas pada umumnya memang secara alamiah tidak selalu jelas, bermacam komunitas itu berangsur-angsur berubah menjadi komunitas lain dengan batas bersifat gradual. Kenyataan batas dan gradasi komunitas dapat diilustrasikan dari hasil penelitian Whittaker (1953) pada *Gambar 8.10*.



Gambar 8.10 Batas-Batas Dan Gradasi Komunitas

Penelitian di atas dilaksanakan pada dua komunitas, masing-masing di Oregon dan Arkansas. Pada kurva A ada dua spesies tampak terus ada sepanjang gradasi komunitas. Sedangkan pada kurva B spesies pada kedua ujung gradasi sama sekali berbeda. Satu sifat komunitas lain dalam kaitannya dengan fakta batas dan gradasi komunitas itu ialah zona diantara dua komunitas yang membentuk transisi. Sifat itu dibuat diagramnya oleh W.B. Clapham (1973) seperti Gambar 8.11.



Gambar 8.11. Diagram Distribusi Spesies Dua Komunitas

Zona transisi di antara dua komunitas yang berbeda dapat merupakan ruang sempit yang hanya beberapa meter saja, namun sering juga cukup luas hingga membentuknya. Komunitas baru seperti diagram di atas, zona yang terbentuk memiliki keanekaragaman lebih tinggi dari keanekaragaman masing-masing yang tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor fundamental lingkungan, kecuali terjadi perubahan pada salah satu komunitas yang membentuknya.

#### 4. Komunikasi Diantara Komunitas-Komunitas

Ada baiknya ditambahkan konsep komunitas yakni terjadinya komunikasi komunitas yang ditemukan secara alamiah karena tidak mudah menetapkan batas komunitas itu. Banyak spesies seperti kodok, ular, anjing air, tikus air dan lain-lain hidup di lebih dari satu komunitas. Jeis rusa dan banyak burung pun dapat hidup pada komunitas berbeda dalam musim panas dan musim dingin.

Tipe kedua dari fenomena komunikasi terjadi diantara dua komunitas berbeda yang tidak berhubungan satu sama lain. Terutama bagi satwa yang hidup di lingkungan yang biasanya ditimpa bencana alam seperti banjir atau kebakaran. Satwa itu dapat ditemui dari komunitasnya yang baru walaupun sebelumnya tidak pernah hidup di komunitas yang di datangnya itu. Contoh tipe ketiga malah menimpa organisme yang berpindah atau dipindahkan oleh manusia dari komunitas lama ke komunitas yang juga tidak berhubungan, malahan terpisah oleh pegunungan atau lautan. Teladan yang terkenal ialah kelinci di Australia, karet dan *Acacia mangium* dari Amerika Selatan yang hidup berkembang subur di Indonesia.

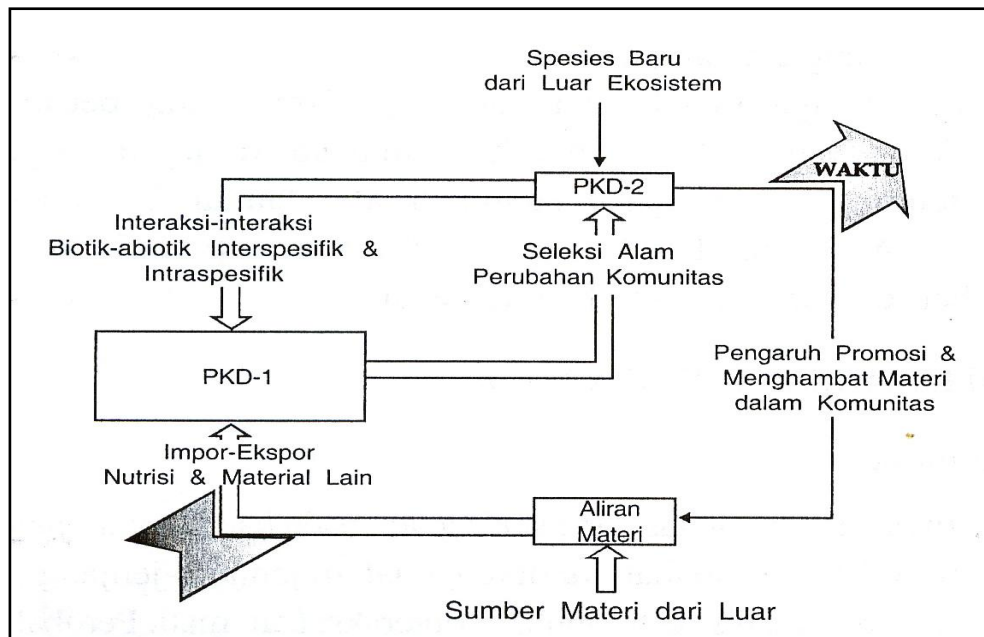
## E. Puncak Keseimbangan Dinamika (PKD)

### 1. Suksesi Ekologik

Pada dasarnya ada komunitas yang statis tetapi pada hakekatnya senantiasa berubah dalam peredaran waktu. Perubahan itu dikenal dalam jenjang-jenjang; yang pertama tentunya terjadi karena organisme tumbuh, berinteraksi atau mati. Perubahan ini dalam jangka waktu yang lebih lama mengakibatkan perubahan besar pada komposisi dan struktur suksesi ekologi, sebagai reaksi komunitas perubahan faktor biotik fundamental dan evolusi komunitas.

Dalam contoh tulisan ini suksesi ekologi digambarkan dari awal suatu ekosistem hutan yang mengalami kebakaran besar sehingga mengakibatkan lahan menjadi gundul. Kendati demikian pada lahan gundul itu dapat tersisa vegetasi akar-akaran dan biji-biji dorman yang mulai hidup kembali membentuk ekosistem baru. Jenis-jenis pertama yang mulai membentuk komunitas baru itu disebut jenis pionir, yang memelopori kehidupan di lingkungan gersang yang kemudian mati, ditambah semak-semaknya sewaktu masih tumbuh dan meningkatkan mutu kondisi lingkungan biotik, yang memungkinkan organisme lain hidup, baik yang dominan di tempat maupun kedatangan spesies baru dari luar, meningkatkan komunitas semakin dewasa. Pertumbuhan komunitas semakin dewasa ini disebut proses suksesi. Proses ini berlanjut terus menuju keseimbangan puncak yang dalam tulisan ini disebut puncak keseimbangan dinamik (PKD/klimaks).

Walaupun suatu saat PKD tampaknya tercapai, secara alami komunitas itu sesungguhnya berlanjut terus dalam suksesi menuju PKD baru yang lebih stabil. Proses itu digambarkan pada diagram *Gambar 8.12*.



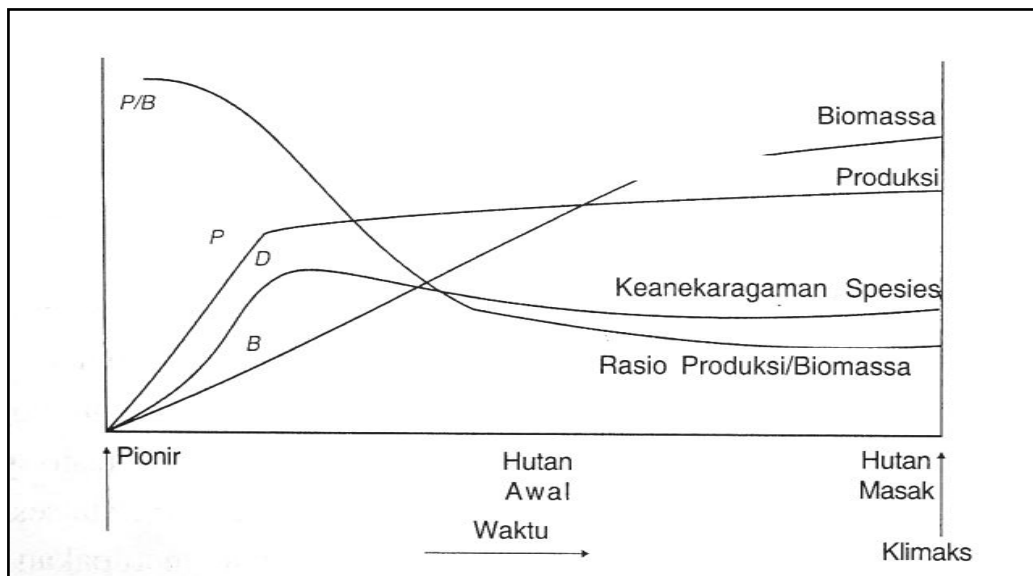
Gambar 8.12. Diagram Suksesi Ekologi Menuju Puncak-Puncak Keseimbangan Dinamik.

Menarik untuk dilihat lebih dekat ialah kedudukan dan peran bermacam jenis pionir yang ternyata begitu penting dalam suksesi primer. Pada dasarnya jenis-jenis itu hisap pada lingkungan habitat yang sangat gersang. Jenis pionir harus merupakan jenis generalis dengan relung yang lebar, mampu bertahan terhadap fluktuasi faktor abiotik yang tidak melemah karena pengaruh kekuatan intrakomunitas.



Produksi primer dan biomassa komunitas pionir ternyata rendah, jadi rasio produksi primer terhadap biomassa terjadi maksimum pada stadium awal suksesi seperti kurva *Gambar 8.13*.

Rasio tersebut merupakan ukuran jumlah energi fotosintesis yang diikat dan diperlukan membangun tingkat biomassa tertentu. Jadi merupakan ukuran transformasi energi. Tingginya rasio awal pada suksesi menunjukkan keperluan energi untuk membuat tingkat biomassa itu, atau dapat dikatakan jenis pionir sebagai spesies generalis tidak cukup efisien mengikat energi. Keanekaragaman komunitas pionir memang rendah, jadi jaringan pakan kurang berkembang, dan interaksi interspesifik terjadi minimal. Ekosistem tingkat awal suksesi relatif terbuka terhadap nutrisi; dengan kata lain fase organik siklus nutrisi kurang berkembang, aliran nutrisi ke dalam dan keluar sistem berlangsung mudah. Jadi komunitas pionir organismenya kurang berkembang dan tidak stabil. Akan tetapi kehadiran komunitas pionir yang terdiri dari populasi-populasi yang tahan akan kondisi gersang dari tahap-tahap suksesi awal.

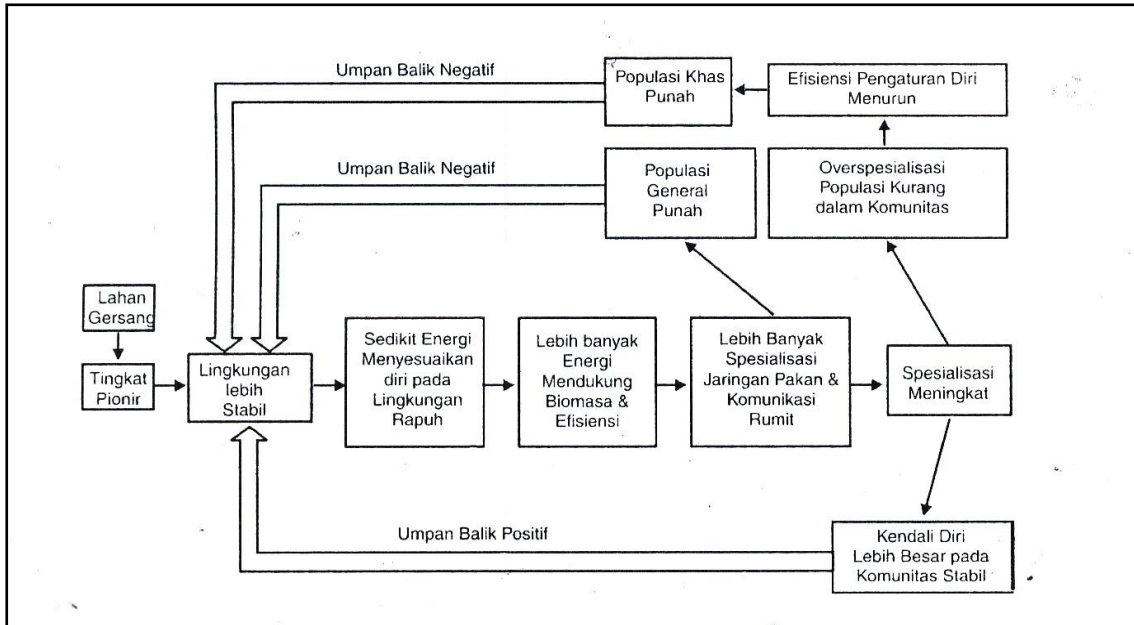


Gambar 8.13. Keanekaragaman Spesies Produksi Dan Biomassa Pada Proses Suksesi

Apabila dalam peredaran waktu tidak terjadi perubahan ekosistem, komunitas pionir akan tetap ada selamanya. Namun dengan berkembangnya suksesi kegersangan ekosistem berkurang hasil kinerja jenis-jenis pionir itu sendiri atau karena adanya pasokan nutrisi dari luar yang memperbaiki kondisi kegersangan. Proses suksesi dengan demikian merupakan dinamika komunitas yang berlanjut memperbaiki ekosistem dalam perjalanan menemukan wujud puncak komunitas, yaitu klimaks.

Kondisi klimaks sungguh berbeda dari tingkat pionir. Produksi primer relatif tinggi yang mungkin maksimal walaupun puncaknya telah dicapai lebih awal yang diikuti penurunan berangsur-angsur dan proses homiostosis. Biomassa adalah maksimal, rasio produksi primer terhadap biomassa rendah menunjukkan jumlah besar biomassa mampu dipertahankan pada tingkat kadar masukan energi. Keanekaragaman jauh lebih tinggi dari pionir dan populasi lebih khas dengan relungnya yang sempit, jaringan paka berkembang lebih baik, kondisi keanekaragaman membuka peluang hubungan interspesifik yang menjadikan seluruh komunitas lebih stabil. Fase organik berlangsung dengan baik yang menyebabkan ekspor dan impor nutrisi menjadi tidak penting.

Gambar 8.14 sesungguhnya merupakan rincian Gambar 8.13 yang dapat memperjelas pengertian proses suksesi ekologi itu.



Gambar 8.14 Bagan Suksesi Ekologik Dengan Putaran Umpan Balik

## 2. Polemik Tentang Klimaks

Teori klimaks yang dikembangkan oleh F.E Clemets (1916) banyak disanggah oleh banyak pakar. Menurut teori itu proses suksesi menuju klimaks sepenuhnya dikendalikan oleh iklim hingga arah dan akhirnya dapat diperhitungkan. Klimaks yang demikian itu disebut iklim klimaks (*climatic climax*).

Pelopor teori baru (Whittaker, 1953) mengatakan bahwa bukan hanya iklim yang mengendalikan suksesi, juga faktor lain yang mempengaruhi variasi alami lingkungan abiotik seperti heterogenitas lingkungan setempat, variasi topografi yang lebih luas, dan variasi tanah. Dengan demikian puncak dinamika suksesi sesungguhnya tidak dapat diduga, tidak jelas arah dan hasilnya, karena banyak contoh klimaks yang terbentuk sama sekali bukan iklim klimaks.

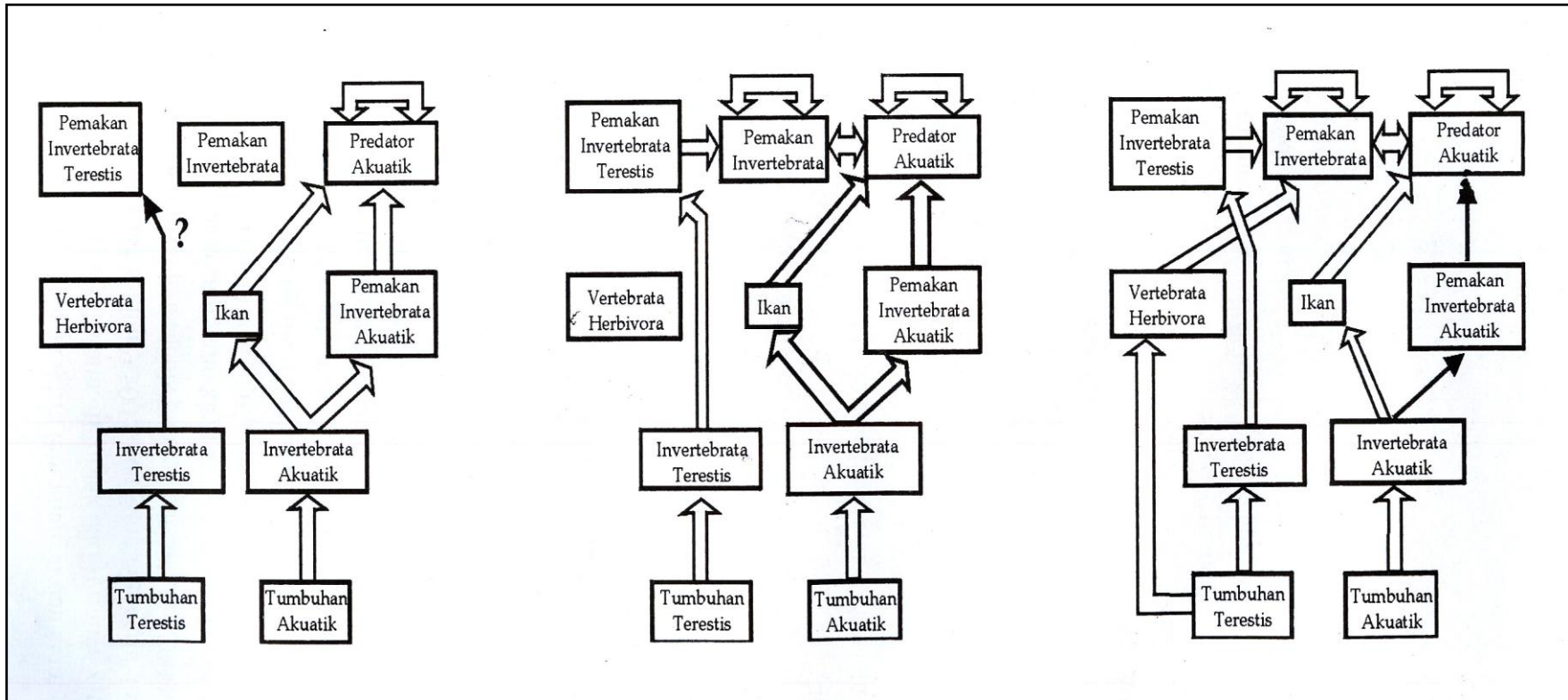
Contoh yang seringkali diajukan oleh pakar baru misalnya komunitas yang diterjang erosi atau kebakaran. Hanya populasi yang tahan erosi dan kebakaran yang bertahan dan membangun klimaks sendiri yang stabil walaupun terjadi dilingkungan iklim yang sama. Contoh lain dikemukakan dari California pada komunikasi spesies Douglas-fir yang didesak oleh spesies kayu keras dan membantuk komunitas baru yang stabil juga dalam lingkungan iklim sama. Dalam kehidupan sehari-hari manusia selalu menciptakan komunitasnya untuk pertanian, pemancingan atau perburuan, yang akhirnya dapat mengembangkan, secara alami komunitas baru yang spesiesnya tidak diinginkan manusia.

## 3. Komunitas Klimaks dan Iklim Regional

Iklim regional tidak konstan. Data fosil cukup cermat dari perubahan ekosiste timur laut Amerika Serikat dan Canada menguraikan situasi itu. Selama 14.000 tahun di tempat itu jelas kelihatan perubahannya pada waktu terjadi surutnya gunung-gunung es di kutub, yang menyebabkan iklim lebih hangat dan kemudian berangsur-angsur mendingin kembali sampai sekarang. Bertolak dari surutnya zaman es, wilayah itu

ditumbuhi hutan tundra yang sekitar 9.500 tahun yang lalu berubah menjadi hutan-hutan campuran dan didominasi jenis-jenis pinus, yang sekitar 7.000 tahun yang lalu, berangsur-angsur menjadi hutan campuran kayu keras yang belangsung sampai 6.700 tahun yang lalu. Selama 300 tahun yang lalu sampai sekarang hutan kayu keras itu didesak oleh kegiatan manusia yang membakar hutan untuk pertanian.

Data tersebut memang menunjukkan pengaruh iklim regional terhadap berbagai klimaks komunitas yang berlangsung sangat lambat, tetapi dapat terlihat bahwa klimaks itu terwujud lebih banyak karena proses sukses dan kekuatan seleksi alam dari organisme itu sendiri. Bahwa proses seleksi sangat membuka turut menentukan klimaks suatu komunitas diperkuat oleh analisis evolusi komunitas organisme terestis yang telah diterima luas oleh para pakar. Tipe jaringan pakan modern dapat dikatakan terwujud 250 juta tahun yang lalu pada waktu reptil awal tampil mengisi relung-relungnya. Selama 100 juta tahun sebelumnya sejak 350 tahun yang lalu jenis-jenis amfibi yang merupakan organisme akuatik yang hidup dari ikan dan invertebrata (*Gambar 8.15a*) memasuki daratan mencari serangga karena amfibi adalah karnivora dan kembali ke perairan. Dengan demikian amfibi bukan organisme terestis pertama, tetapi jenis reptilia yang pertama mulai muncul selama 100 juta tahun sejak 250 juta tahun yang lalu, yang kemudian menjadi kenyataan pada 250 juta tahun yang lalu. Tepatnya pada 300 juta tahun yang lalu reptilia pertama tampil sebagai invertebrata terestis, tetapi belum juga dapat mengisi seluruh relung karnivora terestis hingga arus energi masih diteruskan melalui jalur akuatik (*Gambar 8.15b*). Jalur rantai pakan dalam kurun waktu ini adalah tumbuhan akuatik → invertebrata akuatik → vertebrata akuatik pemakan invertebrata → predator semiakuatik → predator terestis. Vertebrata herbivora terestis dapat dikatakan makin dewasa pada 250 juta tahun yang lalu sejak itu jaringan pakan modern dikatakan terwujud dimana relung-relung terisi vertebrata dan invertebrata (*gambar 7.14c*). tentu saja banyak faktor yang memadukan evolusi komunitas yang terjadi itu. Iklim regional memang berperan, misalnya terjadi secara menonjol dan mendorong interaksi dinamik antar populasi yang merupakan kekuatan nyata. Disisi lain dinamika interaktif populasi terbukti menjadi pendorong utama proses sukseksi yang membuktikan pula bahwa komunitas-komunitas merupakan satuan-satuan yang selalu dalam dinamika.



Gambar 8.15 Bagan Rekonstruksi jaringan pakan komunitas vertebrata modern. (a) Awal amfibi memasuki darat 350 juta tahun; (b) Jaringan pakan vertebrata yang masih didasarkan rantai pakan akuatik 300 juta tahun yang lalu; (c) Komunitas vertebrata modern dengan tampilnya vertebrata herbivora terestis 250 juta tahun lalu.