

HGF 222/4 GEOGRAFI MANUSIA

SEMESTER 1

SIDANG AKADEMIK 2018/2019

TAJUK SOALAN:

**BINCANGKAN KENAPA BIODIVERSITI DIKATAKAN LEBIH TINGGI DI LATITUD
RENDAH BERBANDING LATITUD TINGGI.**

DISEDIAKAN OLEH : SITI ZULAIKHA BINTI HASAN

NO KAD PENGENALAN : 960529-08-5648

NO MATRIK : 136505

E-MEL PELAJAR : zulaikha.hasan96@gmail.com

NAMA PENSYARAH : PROF MADYA DR. ANISAH LEE

ABDULLAH

TARIKH HANTAR : 3 DISEMBER 2018

Pengenalan

Biodiversiti merupakan gabungan dua perkataan iaitu 'bio' dan 'diversiti' bersamaan dengan *biological diversity*, di mana istilah ini telah diperkenalkan oleh Thomas Loves Joy pada tahun 1998 manakala istilah biodiversity diperkenalkan oleh seorang ahli entomologi E.O Wilson pada tahun 1986. (Nor Azlena Nawawi, 2006).

Biodiversiti atau kepelbagaian hidupan biasanya ditakrifkan sebagai penjumlahan kesemua gen, spesies dan ekosistem dalam satu kawasan. Menurut Ibrahim Jaafar (2010) pada tahun 1992, *United Nations Earth Summit* di Rio de Janeiro telah mentakrifkan biodiversiti sebagai kepelbagaian antara organisma hidup daripada semua punca termasuk dataran, lautan dan sistem akuatik lain; dan kompleks-kompleks ekologi dengan organisma ini adalah sebahagian daripadanya; termasuklah kepelbagaian intraspesies antara spesies dan ekosistem. Takrifan ini telah diguna pakai oleh Konvensyen Biodiversiti Bangsa-Bangsa Bersatu.

Pada masa ini, ahli sains telah membahagikan biodiversiti kepada tiga tahap iaitu kepelbagaian genetik (kepelbagaian bahan genetik dalam semua organisma hidup), diversiti spesies (kepelbagaian organisma hidup) dan kepelbagaian ekosistem (kepelbagaian habitat dalam ekosistem termasuk komponen biotik dan abiotik) (Ibrahim Jaafar, 2010)

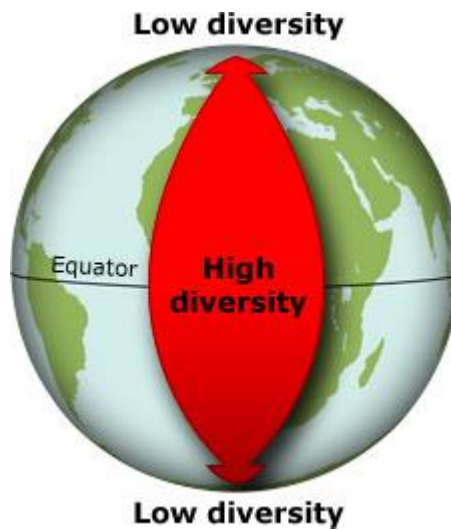
Pada pertengahan abad ke 18, Carl Linnaeus menganggarkan terdapat 9000 spesies tumbuhan dan haiwan. Namun, 250 tahun kemudian, lebih 1.7 juta spesies telah dikenal pasti dan sememangnya diketahui bahawa jumlah tersebut jauh daripada dikatakan telah lengkap berbanding bilangan spesies sebenar yang ada terutamanya di kawasan Tropika. Tiada siapa yang benar-benar mengetahui jumlah kepelbagaian spesies yang ada di dunia namun ia dianggarkan antara 7 sehingga 100 juta. Dengan kadar purata 10,000 spesies baru dikenal pasti setiap tahun, maka ia akan mengambil masa beberapa abad lagi, bagi melengkapkan inventori spesies. (Christian Leveque & Jean-Claude Mounolou, 2003)

Menurut Chan Ngai Wei & Anisah Lee Abdullah (2008) peringkat spesies lazimnya menjadi kayu pengukur tradisional untuk kepelbagaian hidupan. Kepelbagaian spesies ini dikelaskan mengikut kumpulan taksonomi yang berbeza, antaranya haiwan vertebrata (reptilia, burung, amfibia) haiwan Invertebrata (sepan, Echinodermata), tumbuhan, alga, protozoa dan lain-lain. (Jadual 1 pada bahagian Lampiran menunjukkan senarai spesies dalam kumpulan taksonomi berserta bilangannya)

Teori Cerun Diversiti Latitud (*LDG- Latitudinal Diversity Gradient*)

Ketika Charles Darwin pertama kali berlayar ke kawasan tropika dengan HMS Beagle pada tahun 1835, beliau terkejut. Ahli alam semula jadi berusia 26 tahun itu menjangkakan ia akan mendapati tahap kepelbagaian tumbuh-tumbuhan dan haiwan yang sama seperti yang ditinggalkannya di latitud yang lebih tinggi di Plymouth, England. Sebaliknya, di Kepulauan Galapagos yang mengasyikkan, dia mendapati banyak makhluk aneh dan pelbagai berkembang bersama-sama. Darwin menulis dalam catatannya bahawa jumlah "sayur-sayuran dan haiwan" yang berbeza di pulau-pulau tropika kecil adalah lebih tinggi daripada di kawasan lain sepanjang pelayarannya. Beliau tertanya-tanya: Bagaimana mungkin bahawa kawasan tropika nampaknya lebih banyak kepelbagaian daripada hutan-hutan Eropah yang lebih utara? (Kyle Frischkorn, 2017)

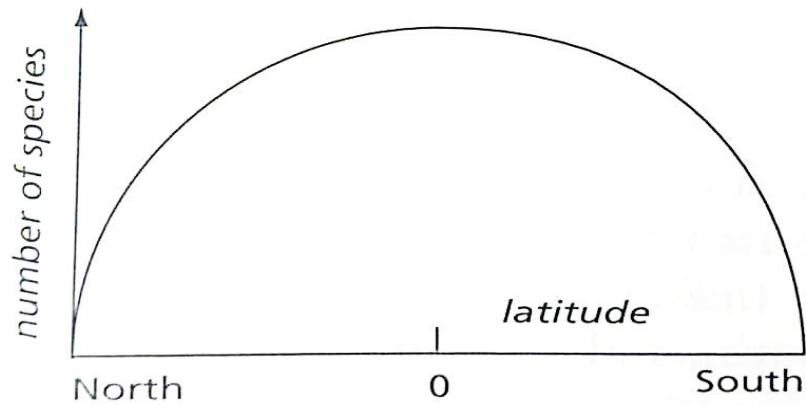
Berdasarkan kajian kepustakaan yang saya lakukan, saya dapati bahawa persoalan yang mula ditimbulkan oleh Charles Darwin iaitu mengapa biodiversiti dikatakan lebih tinggi di latitud rendah berbanding latitud tinggi, akhirnya pada masa kini, ia sebuah paten yang amat dikenali umum terutamanya oleh ahli geografi, pakar sains dalam bidang biologi, ekologi dan lain-lain sebagai teori LDG; *Latitudinal Diversity Gradient*. Teori ini melihat, bahawa semakin hampir sesebuah kawasan dengan garisan khatulistiwa, semakin tinggi kepelbagaian spesies, tumbuh-tumbuhan, haiwan dan lain-lain.



Rajah 1: Gambaran yang menunjukkan teori LDG.

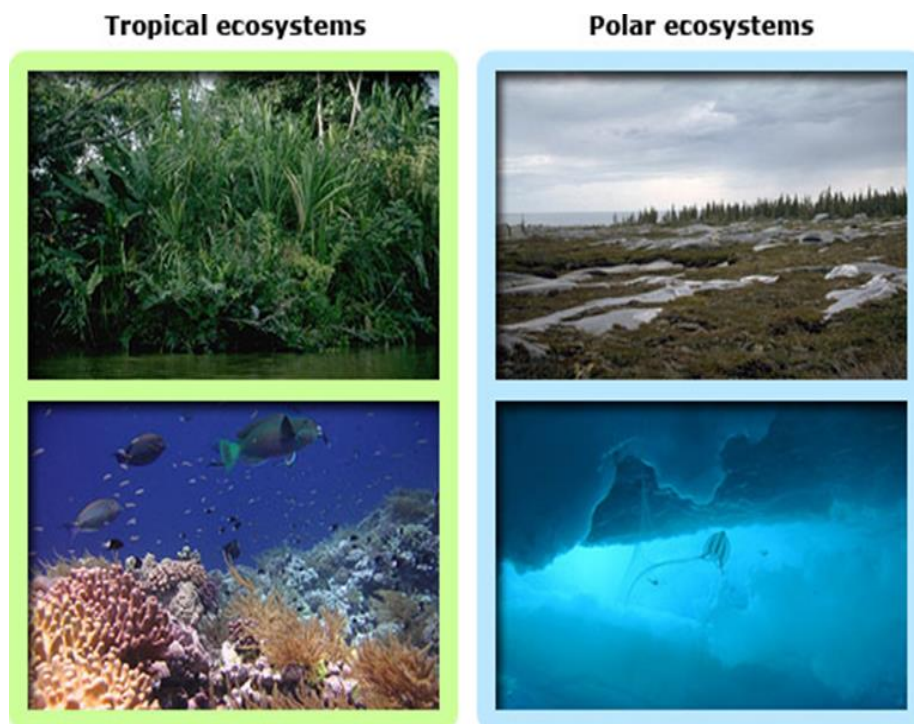
Sumber: Laman Sesawang Understanding Evolution (2018)

Tidak dapat dinafikan bahawa kebanyakan kumpulan taksonomi (seperti dalam Jadual 1 di bahagian lampiran) menunjukkan bahawa kekayaan spesies adalah lebih banyak di kawasan latitud rendah yang menghampiri khatulistiwa berbanding latitud tinggi yang semakin jauh daripada garisan khatulistiwa. Menurut Chan Ngai Wei & Anisah Lee Abdullah (2008) kekayaan spesies ini merujuk kepada bilangan total spesies yang wujud pada sesuatu kawasan atau sesuatu masa. Dalam erti kata lain, kepelbagaian biologi adalah lebih besar di kawasan tropika berbanding kawasan iklim sederhana (*temperate region*). (Christian Leveque & Jean-Claude Mounolou, 2003). Pembuktian ini dapat dilihat dengan lebih jelas melalui rajah 2,3,4 dan 5 di bawah.



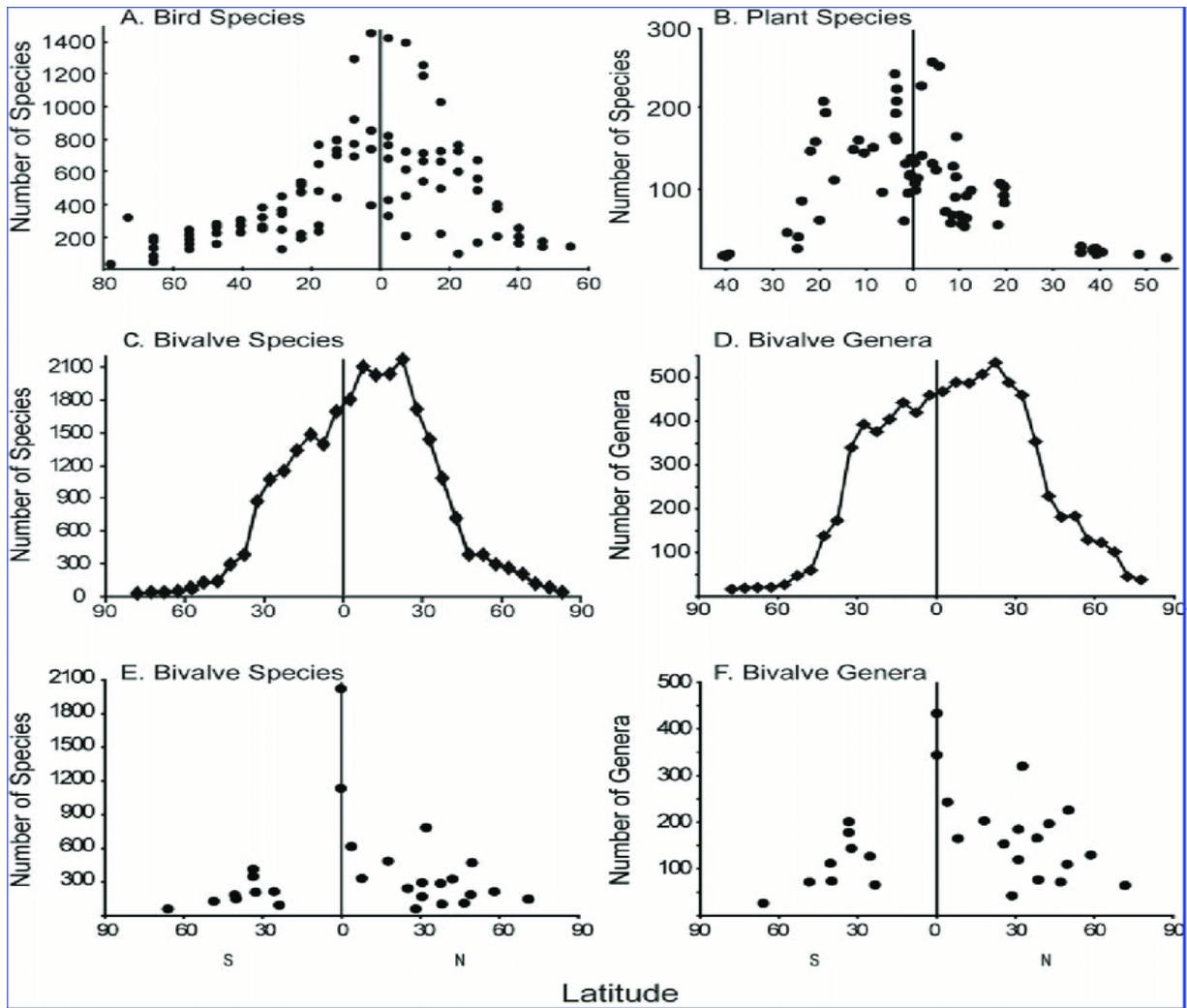
Rajah 2: Lengkung yang menunjukkan perbezaan agihan kekayaan spesies pada latitud berbeza.

Sumber: *Biodiversity*, Christian Leveque & Jean-Claude Mounolou (2003)



Rajah 3: Gambar yang menunjukkan bagaimana perbezaan ekosistem di kawasan yang hampir dengan garisan khatulistiwa iaitu kawasan tropika berbanding ekosistem di kawasan kutub yang jauh daripada garisan khatulistiwa.

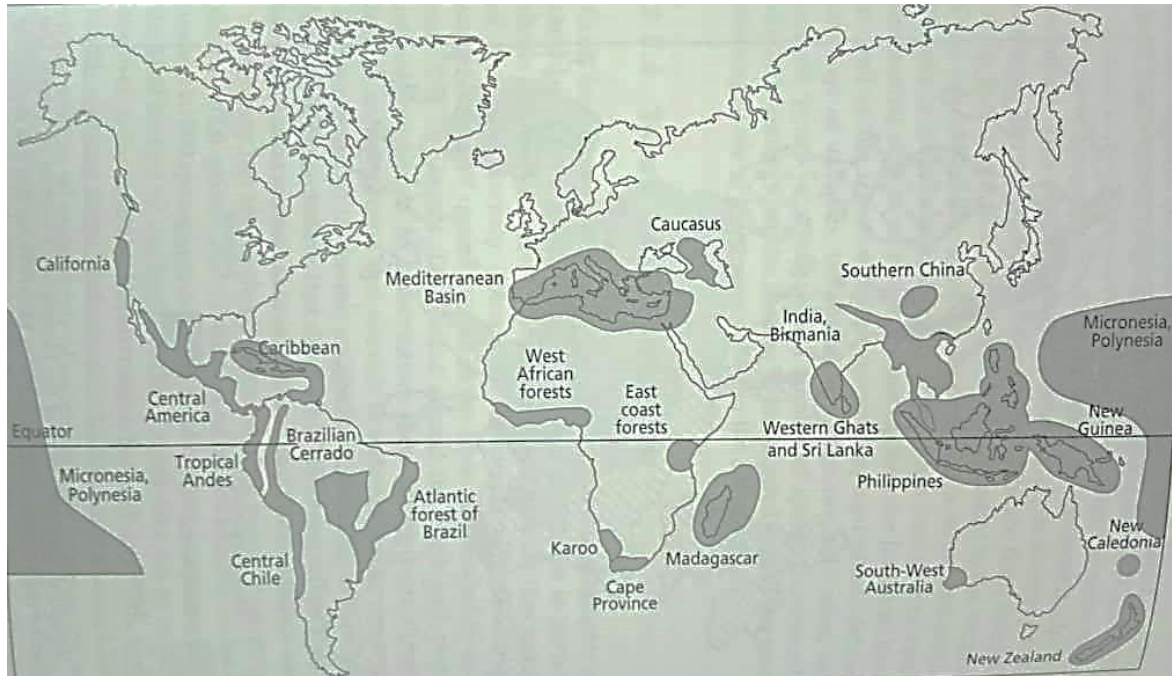
Sumber: Laman Sesawang Understanding Evolution (2018)



Rajah 4: Menunjukkan 6 graf bagi pelbagai kumpulan taksonomi mengikut latitud.

Sumber: James W Valentine et, al. (2009)

Berdasarkan rajah 4, untuk graf A, ia menunjukkan jumlah kepelbagaian spesies burung mengikut latitud. Graf B menunjukkan kepelbagaian tumbuhan mengikut latitud. Graf C, menunjukkan kekayaan spesies global bagi bivalves marin. Graf D, kepelbagaian genus global untuk bivalve marin. Graf E, kekayaan spesies bivalve dalam wilayah biogeografi laut dan Graf F menunjukkan kekayaan genus bivalve dalam wilayah biogeografi. Garis vertikal dalam setiap graf menunjukkan garisan khatulistiwa, 0' (James W Valentine et, al, 2009) Jika diperhatikan, setiap graf menunjukkan peningkatan jumlah kepelbagaian apabila ia menghampiri garisan khatulistiwa. Manakala semakin sedikit jumlah kepelbagaian apabila semakin menjauhi daripada garisan khatulistiwa.



Rajah 5: 25 Titik Panas Yang Memperlihatkan Kepelbagaian Biologi Yang Luar Biasa

Sumber: *Biodiversity*, Christian Leveque & Jean-Claude Mounolou (2003)

Rajah 5 menunjukkan kawasan yang telah dianggap sebagai titik panas oleh para pengkaji. Kajian telah menunjukkan bahawa 44% daripada semua tumbuhan vaskular (lebih daripada 130 000 tumbuhan) dan 35% daripada semua haiwan vertebrata kecuali ikan, adalah terhad berada di 25 kawasan titik panas, yang hanya meliputi 1.4% daripada permukaan tanah Bumi. 25 titik panas tersebut merupakan kawasan yang kaya dengan spesies endemik, iaitu kawasan di mana banyak kumpulan taksonomi dapat bertahan dalam jangka panjang. (Christian Leveque & Jean-Claude Mounolou, 2003) Kebanyakan kawasan titik panas tersebut jika diperhatikan merupakan kawasan latitud rendah seperti kawasan tropika yang berada hampir dengan garisan khatulistiwa, berbanding kawasan lain contohnya seperti kawasan kutub utara dan selatan yang mempunyai latitud tinggi dan berada jauh daripada garisan khatulistiwa.

Hipotesis Penjelasan Teori LDG

Berkurun lamanya, Saintis Barat mengetahui bahawa biodiversiti paling padat di kawasan tropika. Tokoh sains semula jadi pada kurun ke 19 seperti Alexander von Humboldt, Joseph Dalton Hooker, Charles Darwin, Henry Walter Bates dan Alfred Russel Wallace, berdasarkan kajian lapangan yang mereka lakukan, mereka bersetuju bahawa biodiversiti sangat padat di kawasan tropika tetapi tiada persetujuan bagaimana ia terjadi. (James H. Brown, 2014)

Beberapa dekad ini, ahli biogeografi moden telah menggunakan inventori biologi, teknologi komputer, pangkalan data dan maklumat geografi untuk mengkuantifikasi dan menjelaskan corak empirikal mengenai paten peningkatan biodiversiti apabila menghampiri garisan khatulistiwa. Berdasarkan kajian ahli biogeografi moden, kini terbukti bahawa kawasan tropika bukan sahaja memiliki kekayaan spesies haiwan dan tumbuh-tumbuhan, namun mempunyai diversiti genom, clades dan taxa tertinggi. (Willig et al., 2003)

Menurut James H. Brown (2014) walaupun coraknya sudah terbukti jutaan tahun, tetapi penjelasan kepada fenomena ini tetap kurang jelas dan kontroversi sehingga ke hari ini. Menurut beliau lagi, Pianka (1966) menyenaraikan 6, Brown (1988) 8, Rohde (1992) 23, Willig et al. (2003) 27, and Lomolino et al. (2010) 32 hipotesis telah digunakan bagi menjelaskan teori LDG (Cerun Diversiti Latitud) Kesemua hipotesis ini bersifat pelbagai, terdiri daripada idea tertentu hinggalah kepada taksonomi terkawal, kumpulan fungsi hingga fenomena umum. Mereka telah mengemukakan pelbagai jenis dan tahap penjelasan dari proksim kepada muktamad, rawak kepada deterministik, bersejarah kepada ekologi, abiotik kepada biotik.

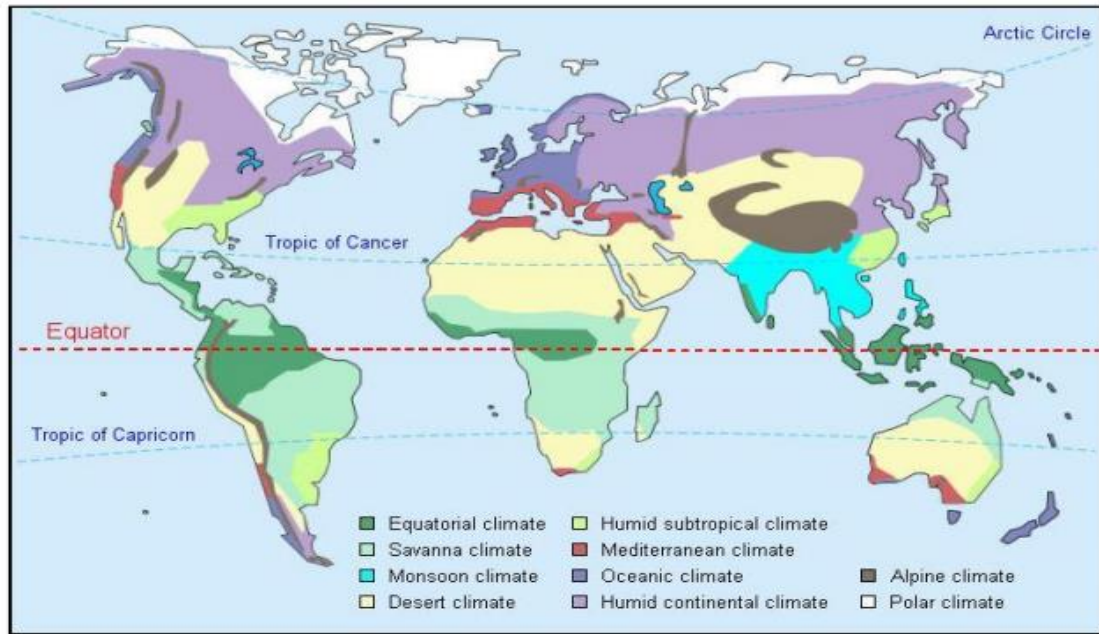
Memandangkan terdapat banyak hipotesis malah ahli geografi sendiri masih berusaha mencari bukti empirikal yang kukuh, saya akan menerangkan faktor-faktor yang saya rasa bersesuaian bagi menerangkan kenapa berlaku biodiversiti yang tinggi di latitud rendah berbanding latitud tinggi.

Faktor Abiotik: Iklim

Berdasarkan kajian kepustakaan yang saya lakukan, saya dapati ramai ahli sains dan geografi, bersetuju bahawa faktor abiotik dapat memberikan penjelasan sedikit sebanyak tentang teori LDG. Faktor abiotik yang terdapat dalam kajian biogeografi iaitu kajian taburan kepelbagaian biologi berdasarkan ruangan dan masa, merupakan faktor bukan hidup seperti atmosfera yang terdiri daripada iklim, suhu, cahaya matahari, hujan, keadaan tanah serta bentuk muka bumi. Sebagai contoh, Christian Leveque & Jean-Claude Mounolou (2003) bersetuju bahawa faktor perubahan iklim menyebabkan biodiversiti lebih tinggi di kawasan latitud rendah berbanding latitud tinggi.

Menurut World Meteorological Organization (2017), iklim boleh ditakrifkan sebagai “cuaca secara purata”, atau lebih tepat lagi, iklim boleh diertikan sebagai keterangan statistikal mengenai purata dan perubahan kuantiti-kuantiti relevan dalam suatu jangka masa beberapa bulan hinggalah ke ribuan ataupun jutaan tahun. Tempoh klasik adalah 30 tahun, yang ditetapkan oleh Badan Kaji Cuaca Sedunia. Iklim merupakan keadaan lazim atmosfera berhampiran dengan permukaan bumi di sesuatu tempat atau kawasan. Kuantiti-kuantiti ini terdiri daripada suhu, hujan dan angin. Iklim dunia terbahagi kepada tiga zon utama iaitu zon panas, zon sederhana, dan zon sejuk.

Menurut Arthur Getis, Judith Getis & Jerome D.Fellman (2008) klasifikasi iklim Köppen adalah salah satu sistem klasifikasi iklim yang paling banyak digunakan secara luas. Dikembangkan oleh Wladimir Köppen, seorang ahli iklim Jerman, pada tahun 1918. Sistem ini merupakan suatu sistem empirik yang mengandungi jenis iklim berlainan yang disusun menurut nilai suhu dan purata hujan tahunan atau bulanan kritikal.



Rajah 6: Jenis-jenis Iklim Dunia

Sumber: World Climate Maps (2017)

Bagi melihat dengan lebih jelas klasifikasi iklim dunia mengikut Koppen, lihat peta dunia yang terdapat dalam Lampiran 2. Pada pendapat saya, tidak dapat dinafikan bahawa perbezaan pada setiap iklim, memberikan kesan terhadap biodiversiti yang terdapat pada satu-satu kawasan. Hujan dan suhu merupakan unsur paling penting dalam mempengaruhi taburan dan jenis tumbuh-tumbuhan kerana pengaruh hujan dapat menyeimbangkan bekalan air untuk pertumbuhan pokok, proses fotosintesis dan osmosis. Pengaruh hujan dalam menentukan corak taburan tumbuh-tumbuhan bergantung juga kepada jumlah hujan yang diterima di kawasan itu dan jangka masa hujan tersebut sama ada secara bermusim atau sepanjang tahun.

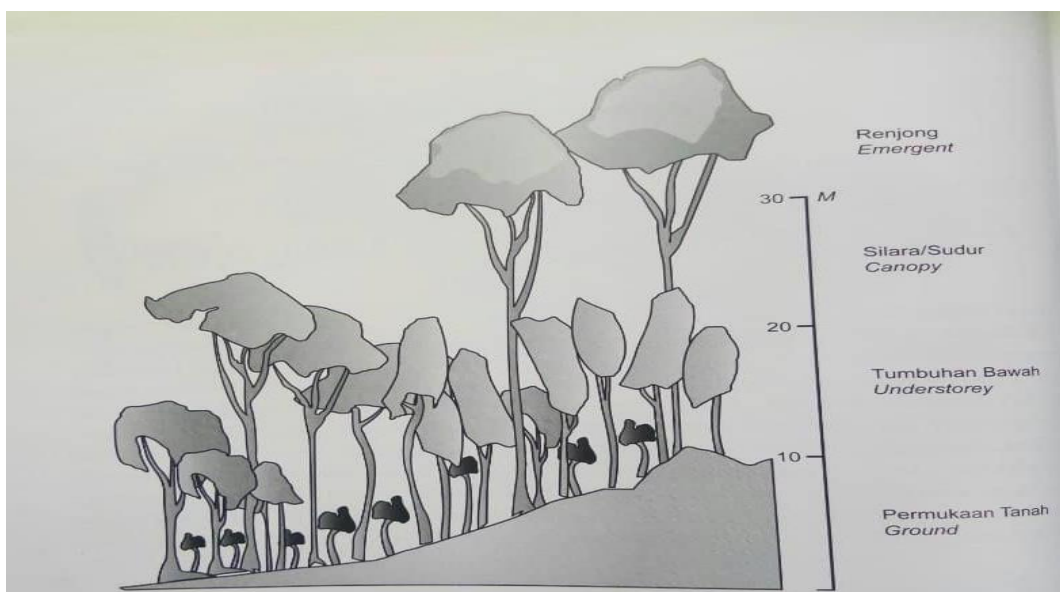
Untuk melihat bagaimanakah kesannya, saya akan menjadikan iklim khatulistiwa yang merupakan kawasan yang memiliki latitud paling rendah sebagai asas perbandingan dengan beberapa iklim lain iaitu Iklim Gurun Panas dan Iklim Tundra. Sebelum perbandingan dilakukan, pemahaman jelas mengenai iklim khatulistiwa ini perlu ada agar perbezaan biodiversiti mengikut iklim kelak dapat dilihat.

Iklm Khatulistiwa atau Tropika (Af)

. Jika dilihat pada iklim khatulistiwa, dalam rajah 6 yang diwarnakan dengan hijau pekat, iklim Khatulistiwa terletak di antara 10°U hingga 10°S. Antara kawasan yang mengalami iklim ini termasuklah Malaysia, Singapura, Brunei dan Indonesia, Afrika Barat dan Lembangan Zaire, serta Lembangan Amazon dan dataran pinggir laut Columbia di Amerika Selatan. (Universiti Malaysia Sabah, 2018)

Menurut Khairuddin Hj. Kamaruddin (2013) garisan lintang yang rendah menyebabkan kawasan dalam iklim Khatulistiwa mengalami panas dan lembap sepanjang tahun. Suhu tahunan sekata, iaitu lebih tinggi daripada 27°C dan hujan tahunan yang tinggi iaitu lebih daripada 2000mm. Hujan perolakan dan hujan bukit maksimum semasa ekuinoks iaitu pada peralihan monsun yang berlaku antara bulan April sehingga bulan Oktober yang mana hujan turun lewat petang diiringi oleh kilat dan petir. Disebabkan oleh hujan yang banyak dan suhu yang sentiasa panas, maka kawasan khatulistiwa ditumbuhi oleh hutan-hujan tropika.

Hutan hujan tropika strukturnya digambarkan sebagai satu profil berlapis seperti yang ditunjukkan melalui Rajah 7 di bawah.



Rajah 7: Profil Hutan Hujan Tropika

Sumber: Khairuddin Hj. Kamaruddin (2013)

Empat lapisan tumbuhan utama, memperlihatkan pokok-pokok di lapisan renjong mampu mencapai ketinggian 60 hingga 70m. Kebanyakannya terdiri daripada famili Dipterocarpaceae dan Leguminosae. Dipterocarpaceae sering dikaitkan dengan pokok-pokok “kaum meranti” seperti balau, cengal, kapur, keladan, keruing, meranti, mersawa, merayan, seraya, merbau, kempas, keranji dan sepetir. Pokok yang paling tinggi ini dapat membesar tanpa halangan. Lapisan utama silara pula terdiri daripada tumbuh-tumbuhan pelbagai famili yang tingginya antara 20 hingga 40m. Contohnya seperti kedondong, kandis, penarahan dan kelat. Di tingkat bawah pula, terdapat pokok-pokok kecil dan palma yang hidup subur di bawah silara tersebut. Kumpulan tumbuhan sementara bagi lapisan hutan tingkat bawah terdiri daripada anak-anak pokok dan pokok muda. Di lantai hutan pula, terdapat anak-anak pokok, palma kecil, tumbuhan renek dan herba. (Khairuddin Hj. Kamaruddin, 2013)

Menurut Rahmad Zakaria (2008) pula, hutan hujan tropika merupakan hutan yang mengandungi bilangan spesies dan dirian biojisim yang tertinggi di dunia. Tiada hutan lain di dunia yang mempunyai spesies tumbuhan setinggi hutan hujan tropika. Peratusan spesies endemik juga tinggi. Menurut beliau berdasarkan Seopadmo (1995), daripada 218 genera yang endemik yang melibatkan 386 spesies, 61 genera 3 terdapat di Borneo, 82 di Papua New Guinea, 24 di Semenanjung Malaysia, 23 di Filipina, 13 di Sumatera, 5 di Sulawesi dan Java, 4 di Maluku dan hanya satu di Kepulauan Sunda.

Malaysia yang terletak dalam iklim khatulistiwa merupakan salah sebuah daripada dua belas negara "megakepelbagaian" di dunia. Flora Malaysia sangat kaya dan konservatifnya dianggarkan mengandungi lebih kurang 12,500 spesies tumbuh-tumbuhan berbunga, dan lebih daripada 1,100 spesies paku pakis. Kebanyakan daripadanya unik dan tidak ditemui di mana-mana tempat lain di dunia. Tumbuh-tumbuhan di kawasan iklim ini adalah malar hijau dan padat. (Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Malaysia, 1998)

Suhu yang tinggi serta cahaya matahari dan hujan yang banyak sangat sesuai untuk pertumbuhan pelbagai jenis tumbuhan semula jadi. Antaranya selain hutan hujan tropika, terdapat hutan paya, dan hutan pantai di kawasan tanah pamah. Di Malaysia hutan dipterokarpa tanah rendah sangat kaya dengan kepelbagaian spesies. Misalnya 814 spesies tumbuh-tumbuhan berkayu yang mempunyai diameter 1 cm dan lebih besar daripada itu didapati di kawasan seluas 50 hektar di dalam hutan jenis ini. (Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Malaysia, 1998)

Iklm Gurun Panas (BWh)

Menurut Arthur Getis, Judith Getis & Jerome D.Fellman (2008) iklim Gurun Panas terletak di antara 15°U hingga 30°S. Antara kawasannya ialah Gurun sahara, Kalahari dan Namib di Afrika Selatan, Gurun Thar di India, Gurun Mohave di Amerika Utara serta Gurun Atacama di Amerika Selatan. Iklim Gurun mempunyai julat suhu harian yang sangat besar iaitu 35°C, di mana suhu tinggi pada waktu siang adalah 40°C dan suhu sejuk pada waktu malam adalah 5°C. Julat suhu tahunan di gurun adalah kira-kira 12°C. Hujan pula turun sedikit sahaja iaitu kurang 250mm setahun di mana hujan turun dalam bentuk ribut yang menyebabkan banjir kilat. Pokok kurma ditanam di kawasan oasis. Kaktus akasia dan pokok renek yang berdurian boleh tumbuh dalam keadaan kontang di gurun. (National Geographic, 2018)

Iklm Tundra (Et)

Di kawasan zon sejuk terdapat iklim Tundra yang menganjur dari garis lintang antara 65°U dan 90°U, 65°S dan 90°S. Kawasan iklim ini dialami di Kanada Utara, Rusia Utara, Siberia Utara, dan Greenland. Kawasan ini diliputi salji sepanjang tahun di mana musim panasnya pendek manakala musim dinginnya panjang. Suhu pada musim panas ialah 10°C sahaja, manakala suhu pada musim dingin kurang daripada -21°C. Julat suhu tahunannya besar. Hujan yang turun di kawasan ini kurang 250mm yang mana turun dalam bentuk salji.

Angin Timuran kering bertiup pada musim dingin. Tumbuhan yang biasanya tumbuh di kawasan ini ialah lumut dan kulampair. (Arthur Getis, Judith Getis & Jerome D.Fellman, 2008)

Aspek Perbandingan Iklim Khatulistiwa dengan Iklim lain di dunia

James H.Brown (2014) mengemukakan beberapa pandangan mengapa biodiversiti dikatakan lebih tinggi di kawasan Iklim Khatulistiwa atau tropika, berbanding di kawasan lain yang lebih tinggi latitudnya. Pertama, ketinggian kadar spesies melebihi kadar kepupusan menghasilkan diversiti spesies dan clades yang tinggi di kawasan tropika berbanding kawasan lain. Kedua, kebanyakan spesies dan clades yang berasal daripada kawasan tropika kekal di kawasan latitud rendah, kerana pengekangan persekitaran abiotik menghalang kolonisasi dan pengembangan keluar daripada kawasan tropika. Walaupun ada sebahagian kecil spesies tropika ini berjaya atasi halangan dan keluar ke latitud lebih tinggi namun, di latitud ini, kadar kepupusan tinggi berlaku dan menyebabkan jumlah spesies dan clade menjadi sedikit kembali.

Persekitaran abiotik yang dimaksudkan boleh dilihat daripada aspek suhu, hujan, dan cahaya.

1. Suhu

Seperti yang telah diterangkan mengenai iklim di atas, setiap jenis iklim di dunia mempunyai julat suhu yang berbeza. Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi taburan jenis-jenis tumbuhan dan haiwan. Keadaan suhu atmosfera mempunyai kesan yang ketara ke atas tumbuh-tumbuhan terutamanya sekiranya suhu terlalu rendah maka air mungkin akan membeku dan sekiranya suhu terlalu panas maka protein-protein mustahak akan musnah. Kebolehan tumbuhan-tumbuhan menghadapi suhu yang terlalu rendah ini adalah berbeza mengikut spesies. (Edward Aguado & James E.Burt, 2013)

Menurut James H. Brown (2014) apabila ada kepelbagaian suhu yang realistik secara biologinya, kadar biologi meningkat pesat dengan suhu:

$$R / eE = kT,$$

R: kadar beberapa proses seperti metabolisme, pertumbuhan populasi atau spesiasi.

e: akar logaritma semulajadi

E: 'pengaktifan tenaga' yang memberi ketergantungan suhu

k: Boltzmann tetap ($8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$)

T; suhu dalam kelvin

Teori ini menyediakan rangka untuk menganalisis ketergantungan suhu fenomena yang berkaitan dengan kepelbagaian biologi. Diversiti spesies meningkat lebih cepat apabila dalam keadaan mempunyai suhu yang tinggi. Suhu lebih tinggi di kawasan tropika menyebabkan kadar metabolisme yang tinggi dan ekologi dinamik iaitu proses *coevolution*, yang menjana dan mengekalkan biodiversiti yang lebih tinggi.

Suhu memainkan peranan yang penting dalam pertumbuhan tumbuhan ini kerana tumbuhan tidak boleh hidup dalam keadaan suhu yang terlalu panas dan terlalu sejuk. Keadaan ini dapat menjelaskan mengapa Iklim Gurun Panas dan Iklim Tundra (Artik) terhad pertumbuhan pokoknya dan menjadikan pokok-pokok yang tumbuh adalah jarang dan tidak padat.

Jika diperhatikan, keadaan iklim di gurun sangat kering dan panas kerana suhunya yang tinggi. Langit di kawasan gurun adalah biru dan sebatannya tinggi. Kelembapan relatif di gurun sangat rendah iaitu hanya 30 peratus. Ini menyebabkan tumbuh-tumbuhan kurang kerana pokok-pokok tidak ada dan rumput jarang disebabkan oleh lapisan tanah yang terlalu nipis. (National Geographic. 2018)

Keadaan sama seperti di kawasan Iklim Tundra yang suhunya terlalu sejuk. Sebagai contoh, pokok daun tirus berbentuk kon untuk mengelakkan salji bertimbun di atasnya. Kulitnya tebal dan batang pokok liat untuk bertahan daripada keadaan sejuk serta angin kencang. Daun-daunnya pula kecil, tebal, liat dan berbentuk seperti jarum. Ciri ini dapat mengurangkan kehilangan air melalui proses perpeluhan.

Keadaan suhu atmosfera yang mempunyai kesan terhadap kelembapan relatif ke atas daya penyejatan udara mempengaruhi keberkesanan dan kerapasan dan juga kadar transpirasi. (National Geographic. 2018)

Jika dibandingkan kedua-dua suhu iklim berkenaan dengan iklim khatulistiwa, kita dapat melihat bagaimana banyak tumbuhan boleh hidup di Iklim Khatulistiwa yang mempunyai suhu tidak terlalu panas dan tidak terlalu sejuk.

2. Hujan

Air merupakan medium penting yang membolehkan nutrient mineral diserap dan ditranslokasi melalui tumbuhan. Seterusnya, air juga bertujuan untuk melarutkan dan membawa nutrient atau makanan yang diperlukan bagi tumbuh-tumbuhan ke dalam tanah. Selain itu air juga berperanan dalam memelihara kesegaran daun, tanpa kesegaran daun, sesuatu tumbuhan tidak berupaya menjalankan proses fotosintesis.

Tumbuhan semula jadi di kawasan Gurun Sahara mempunyai ciri-ciri khusus untuk menyesuaikan dengan keadaan iklim di gurun. Kebanyakan tumbuhan di gurun ini mempunyai akar yang panjang dan merebak. Contohnya akar samun Creosoe. Akarnya ada yang menjalar jauh ke dalam tanah dan ada yang merebak di permukaan bumi untuk menyerap air.. Terdapat juga tumbuhan yang tidak berdaun tetapi berduri, misalnya pokok kaktus prickly pear. Ciri ini akan membantu tumbuhan mengurangkan kehilangan air yang keluar melalui perpeluhan (transpirasi).

Selain itu, pokok kaktus mempunyai batang yang berlendair atau berongga untuk menyimpan air bagi kegunaan pada musim kemarau. Di selatan Siberia yang agak panas terdapat pokok-pokok daun tirus dan bantut, misalnya pokok *larch*, *pain*, *fir*, dan *sprus*. Liken, misalnya hanya memerlukan air dan makanan yang sedikit untuk hidup. Tumbuhan ini dapat juga hidup setahun tanpa air. Lumut dan rumput pula mempunyai batang dan akar yang dapat menyimpan air. Pokok daun tirus adalah malar hijau dan terbantut pertumbuhannya kerana kekurangan air. (Universiti Malaysia Sabah, 2018).

Menurut Christian Leveque & Jean-Claude Mounolou (2003) kawasan hujan yang kurang dari 1,000 mm setahun boleh ditumbuhi oleh rumput dan pokok-pokok kecil dan jarang, tidak seperti kawasan tropika yang mempunyai hujan tahunan yang tinggi sehingga hutannya padat. Manakala, kawasan yang menerima hujan kurang daripada 250 mm setahun dan tidak menentu pula ditumbuhi oleh tumbuhan gurun iaitu pokok yang tahan kemarau seperti pokok berduri (kaktus) dan palma. Kawasan yang berfros dan bersalji pula kebanyakannya ditumbuhi oleh tumbuhan tundra.

3. Cahaya

Menurut Siti Hajar Ahmad (2016) cahaya diperlukan dalam proses fotosintesis. Fotosintesis penting untuk membekalkan tenaga dalam pengangkutan aktif, membekalkan rangka karbon yang penting untuk pembentukan molekul besar (asid amino dan protein) dan meningkatkan kadar pertumbuhan. Kekurangan cahaya matahari dan hujan tahunan menyebabkan kurang tumbuhan semula jadi. Cahaya ialah bahagian spektrum tenaga bahangan yang ternampak. Ia terdiri daripada bahang panjang gelombang berukuran di antara 390 hingga 760 milimikron dan merupakan kira-kira 48 peratus daripada jumlah tenaga yang sampai ke muka bumi. Cahaya adalah mustahak bagi semua jenis hidupan dan tumbuh-tumbuhan.

Dalam komuniti tumbuh-tumbuhan yang kompleks, kedudukan sesuatu pohon berhubungan dengan jirannya boleh menentukan banyaknya cahaya yang diterimanya. Contohnya, di dalam hutan tropika, tumbuh-tumbuhan matang daripada spesies tertinggi sahaja yang menerima cahaya sepenuhnya. Pokok-pokok renek atau pokok yang rendah banyak menerima cahaya bauran, dan sesetengahnya pula terus hidup di kawasan teduh. (Khairuddin Hj. Kamaruddin, 2013)

Sekiranya syarat-syarat lain sudah pun dipenuhi bagi proses fotosintesis, maka banyaknya tenaga matahari yang boleh digunakan oleh tumbuh-tumbuhan hijau akan menentukan had pertumbuhannya.. Selain mempengaruhi kesemua proses pertumbuhan tumbuhan melalui kesan langsungnya terhadap kadar fotosintesis, keamatan cahaya boleh juga mempengaruhi percambahan dan pembiakan tumbuhan. Cahaya yang kurang atau tidak mencukupi akan merencatkan pendebungaan pada kebanyakan spesies, sedangkan sesetengah biji benih perlu didedahkan kepada cahaya sebelum bercambah.

Penerangan di atas menjelaskan mengapa kawasan seperti di Iklim Tundra, biodiversitinya rendah, malah tandus dan hampir beku. Hanya lumut, liken, rusiga dan rumput yang dapat tumbuh di kawasan ini. Ia amat berbeza jika dibandingkan dengan Iklim Khatulistiwa yang menerima jumlah cahaya yang mencukupi untuk proses fotosentesis.

Rumusan Kecil Mengenai Faktor Abiotik

Menurut James H. Brown (2014) kebanyakan spesies tropika dan asal usul mereka tidak boleh hidup dengan tekanan abiotik di kawasan latitud tinggi (bersuhu sejuk, air yang sedikit dan perubahan musim yang ekstrem) maka, mereka hanya hidup di kawasan tropika. Ciri adaptasi yang baru diperlukan untuk menahan tekanan keadaan abiotik dan mengembang ke kawasan latitud tinggi.

Ini kerana penambahan tekanan seperti keadaan suhu yang tidak stabil untuk pertumbuhan dan jumlah hujan yang tidak mencukupi, bertindak sebagai penapis, mengurangkan jumlah spesies dan asal usulnya apabila latitud bertambah menyebabkan biodiversiti menjadi semakin berkurangan. Kawasan gurun dan kutub terlalu sejuk/kering untuk organisma terus hidup dan menghasilkan semula organisma (reproduce). Berbeza dengan kawasan tropika, persekitaran lembap hangat menawarkan keadaan abiotik yang agak jinak dan sumber yang banyak. Maka, lebih banyak spesies dapat memperoleh sumber yang mencukupi untuk menjaga populasi diversiti yang berdaya maju.

Faktor Lain Yang Menjelaskan Teori LDG.

Walaupun iklim dunia memberikan kesan kepada kepelbagaian biodiversiti di sesuatu kawasan kerana faktor suhu, hujan dan cahaya, namun sebenarnya berdasarkan kajian kepustakaan yang saya lakukan, saya dapati faktor iklim tidak menjadi satu-satunya faktor dominan yang menyebabkan perbezaan biodiversiti ini. Masih banyak hipotesis faktor lain yang dikaji oleh ahli biogeografi sehingga ke harini. Terdapat beberapa jurnal dan artikel yang mengemukakan hipotesis faktor baru yang pada saya amat menarik untuk saya garapkan sedikit dalam penulisan ini.

1. Faktor Pemangsa, Kedudukan Pokok Dewasa dan Anak Pokok

Kyle Frischkorn. (2017) dalam artikelnya berjudul *Why Do We See More Species in Tropical Forests? The Mystery May Finally, Be Solved*, memberikan satu hipotesis menarik mengapa kawasan tropika mempunyai kepelbagaian tumbuhan berbanding kawasan suhu sederhana.

Menurut beliau, pada awal 1970-an, dua ahli ekologi iaitu Daniel Janzen dan Joseph Connell mengemukakan hipotesis untuk menjelaskan fenomena LDG yang melibatkan pokok. Daniel Janzen dan Joseph Connell mengemukakan, kepelbagaian tumbuhan yang menakjubkan yang didapati di hutan tropika didayakan oleh dua faktor: kehadiran "musuh semulajadi" yang

mensasarkan spesies spesifik dan mengekalkan saiz populasi dalam pemeriksaan, dan kecenderungan anak pokok muda dari satu spesies untuk menetap jauh dari ibu bapa mereka, melebihi jangkauan pemangsa. Namun masalahnya, pada ketika itu, mereka tidak mempunyai akses kepada jenis dataset global yang diperlukan untuk menjelaskan corak planet yang lebih luas untuk membuktikan secara empirikal.

Namun dalam kajian terbaru, penyelidik menunjukkan bahawa mekanisme hipotesis yang dikemukakan Daniel Janzen dan Joseph Connell ini memang bertanggungjawab terhadap trend global dalam kepelbagaian biologi hutan.

Kajian terbaru itu dilakukan oleh ahli ekologi hutan iaitu Jonathan Myers dan Joe LaManna, di mana mereka telah menjalankan kerjasama kajian dengan Smithsonian's Forest Global Earth Observatory (ForestGEO), yang merupakan sebuah rangkaian pemerhatian 60 buah hutan di seluruh dunia. Kajian mereka telah mengumpulkan dataset sebanyak 2.4 juta pokok dari 3000 spesies dengan cara yang tepat untuk memastikan kesesuaian di setiap hutan. Lebih daripada 50 pengarang bersama daripada 41 institusi termasuk Smithsonian kemudian menganalisis data, yang merangkumi 24 plot ForestGEO di seluruh planet ini. Tiap batang hingga satu sentimeter diameter dipetakan, diukur, ditandakan dan dikenalpasti.

Hasil kajian mereka berdasarkan 2.4 juta pokok tersebut menunjukkan bahawa pemangsa boleh membantu mengekalkan pokok-pokok pada tahap yang mampan. Kemudian, kajian menunjukkan di kawasan tropika, ia mempunyai jumlah pokok dewasa yang tinggi, namun jumlah anak pokok muda adalah amat sedikit. Keadaan ini tidak berlaku di kawasan suhu sederhana.

Ini bermakna, tidak seperti dalam ekosistem latitud yang lebih tinggi, pokok khatulistiwa cenderung tidak wujud bersama dengan jiran-jiran dalam keluarga yang sama. Menurut Myers, ini adalah kesan tidak langsung apabila musuh-musuh semulajadi menyerang pokok dewasa.

Musuh ini boleh menjadi patogen, pemangsa benih atau herbivor yang menasaskan satu spesies. Sama seperti populasi manusia yang padat di bandar-bandar membolehkan penyebaran penyakit berjangkit pesat, musuh-musuh ini dapat menghancurkan hutan yang padat dengan spesies yang sama dengan cepat. Maka, apabila anak pokok muda tidak berada dalam kawasan yang sama, ia berjaya mengekalkan kepelbagaian spesies dan mengelakkan daripada berlakunya kepupusan.

Trend global yang ditemui penyelidik ini menunjukkan betapa banyaknya kepelbagaian kehidupan biologi di Bumi boleh bergantung pada interaksi kecil-kecilan. Interaksi berskala lokal sangat menyumbang kepada pola biodiversiti di seluruh dunia.

2.Faktor Gangguan di Kawasan Sederhana

Dalam artikel yang sama, Kyle Frischkorn. (2017) mengulas kajian Jonathan Myers dan Joe LaManna dengan mengatakan walau para penyelidik berjaya menunjukkan bahawa trend yang dikemukakan oleh Janzen dan Connell adalah benar, persoalan mengenai apa yang sebenarnya menyebabkan tropika menjadi begitu tinggi kepelbagaian biodiversitinya masih ada.

Pada beliau, kestabilan iklim tropika mungkin menyumbang kepada kepelbagaian biodiversiti yang kaya, berbanding dengan perubahan drastik yang berlaku sepanjang masa geologi di lintang yang lebih tinggi. Terdapat banyak gangguan di zon sederhana sejak ribuan tahun lalu. Dengan "gangguan," beliau memaksudkan kepingan ais yang berulang kali merosakkan seluruh Amerika Utara di masa lalu Bumi. Tropika tidak mengalami gangguan sedemikian. Penyelidik menilai melalui pembiakan tinggi dan kadar kepupusan rendah dalam spesies tropika seperti tumbuhan dan haiwan menjadikan ia sebuah iklim yang agak selesa akibat tiada gangguan. Tetapi hutan di seluruh dunia berubah akibat pola cuaca yang lebih tidak menentu. Sebagai contoh, apabila latitud yang lebih tinggi menjadi lebih panas, pokok-pokok sederhana berpindah perlahan ke utara. (Kyle Frischkorn, 2017)

Pada pendapat saya, faktor gangguan yang dikemukakan Kyle Frischkorn ini mempunyai persamaan dengan hipotesis sejarah yang dikemukakan oleh sesetengah ahli geografi yang lain. Menurut James H. Brown (2014) Hipotesis sejarah mencadangkan LDG adalah kesinambungan daripada kejadian evolusi, iklim dan geologi jutaan tahun dahulu. Mereka juga mencadangkan bahawa diversiti masih mengalami perubahan sebagai tindak balas terhadap gangguan dalam proses yang pernah berlaku.

Sebagai contoh, LDG di sesetengah kumpulan di Amerika Utara dan Eurasia adalah kesinambungan daripada glasiasi terdahulu. Tempat berlatitud tinggi tidak boleh didiami semasa zaman glasier, malah ia tidak memberikan masa yang cukup kepada haiwan dan tumbuhan untuk menyebarkan diri dan menyesuaikan diri terhadap habitat yang ada semasa tempoh interlastik sehingga kini.

Kesimpulan

Berdasarkan kajian kepustakaan yang telah saya lakukan, saya dapati bahawa ahli geografi sejak abad ke 19 lagi, sememangnya bersetuju bahawa biodiversiti lebih tinggi di kawasan latitud rendah berbanding di kawasan latitud tinggi. Paten tersebut dikenali sebagai teori Cerun Diversiti Latitud atau lebih dikenali dengan singkatan teori LDG (*Latitudinal Diversity Gradient*). Teori ini memperlihatkan bagaimana kawasan yang hampir dengan *equator* atau garisan lintang khatulistiwa iaitu kawasan tropika bukan sahaja memiliki kekayaan spesies haiwan dan tumbuh-tumbuhan, namun mempunyai diversiti genom, clades dan taxa tertinggi berbanding kawasan lain yang lebih jauh daripada garisan khatulistiwa seperti kawasan Kutub dan Gurun Panas.

Walau bagaimanapun, saya melihat bahawa ahli geografi sehingga ke hari ini walaupun telah mengemukakan pelbagai hipotesis bagi menjelaskan faktor yang menyebabkan biodiversiti tinggi di kawasan tropika, namun mereka masing-masing merasakan bahawa

kajian mereka tidak cukup lengkap dan masih belum cukup berjaya menerangkan dengan kukuh faktor-faktor yang mempengaruhi teori LDG ini. Selain daripada pandangan ahli-ahli geografi yang telah saya nyatakan di atas, Christian Korner dan Eva M. Spehn (2002) menerusi buku *Mountain Biodiversity A Global Assessment* juga beranggapan bahawa sebab kekayaan spesies yang semakin menurun apabila latitudnya menjadi semakin tinggi, masih belum selesai sepenuhnya.

Namun, ia tidak bermaksud ke semua hipotesis dan faktor yang telah dikemukakan oleh ahli geografi selama ini adalah tidak tepat atau salah. Ini kerana, semua hipotesis dan faktor yang dikemukakan, adalah berdasarkan kajian yang terperinci. Cuma dek kerana, biodiversiti ini terlalu luas, kerana ia amat berkait rapat antara semua peringkat ekologi yang meliputi biosfera, biom, ekosistem, komuniti, populasi dan organisma malah saling berkaitan sehingga ke sekecil-kecil atom seperti molekul dan tisu, ditambahkan lagi apabila setiap tahun ahli geografi masih menemui spesies-spesies yang baru, maka faktor-faktor sedia ada yang menerangkan teori LDG dianggap belum lengkap.

Faktor yang telah saya kemukakan dalam penulisan ini, iaitu faktor abiotik meliputi iklim seperti suhu, hujan dan cahaya sedikit sebanyak berjaya untuk menerangkan mengapa biodiversiti lebih tinggi di latitud rendah berbanding latitud tinggi. Malah, faktor tambahan yang saya berikan mengenai hasil kajian mengenai kaitan pemangsa, kedudukan pokok dewasa dan anak pokok adalah bertujuan untuk menunjukkan bahawa saban hari akan ada kajian baru oleh ahli geografi moden dalam usaha untuk menjelaskan teori LDG. Faktor tentang faktor gangguan pula cuba untuk menunjukkan bahawa selain daripada faktor ekologi seperti abiotik, ada juga ahli geografi yang mengaitkan faktor berlakunya LDG melalui persepsi hipotesis sejarah yang juga berupaya untuk meningkatkan pemahaman tentang teori LDG ini.

Lampiran 1

Kumpulan Taksonomi		Anggaran Bilangan Spesies Yang Telah Direkodkan	Anggaran Sebenar Bilangan Spesies
Virus		4000	500 000
Bakteria		4000	1 000 000
Kulat		72 000	1 - 2 juta
Protozoa		40 000	200 000
Alga		40 000	400 000
Tumbuhan		270 000	320 000
Haiwan Invertebrata			
1	Sepan	10 000	
2	Cnidaria	10 000	
3	Cacing pipih	20 000	
4	Nematodes	25 000	400 000
5	Araknid	75 000	750 000
6	Krustasea	40 000	150 000
7	Serangga	950 000	8 000 000
8	Moluska	70 000	200 000
9	Annelid	12 000	
10	Echinodermata	6000	
Haiwan Vertebrata			
1	Ikan	22 000	250 000
2	Amfibia	42 000	45 000
3	Reptilia	6 500	6 500
4	Burung	9672	
5	Mamalia	4327	

Jadual 1: Anggaran bilangan spesies yang telah direkodkan dan anggaran bilangan spesies yang sebenarnya wujud.

(Anggaran bilangan spesies yang dijangkakan wujud hanyalah merupakan sebuah hipotetikal ekstrapolasi, namun ia memberikan idea tentang dari urutan magnitud kekayaan hidupan di dunia)

Sumber: *Biodiversity*, Christian Leveque & Jean-Claude Mounolou (2003)

Bibliografi

- Christian Leveque & Jean-Claude Mounolou. 2003. *Biodiversity*. USA: John Wiley & Sons Inc.
- Chan Ngai Wei & Anisah Lee Abdullah. 2008. *Geografi Fizikal*. Pulau Pinang: NP Business Solutions Sdn Bhd
- Christian Korner & Eva M. Spehn. 2002. *Mountain Biodiversity A Global Assessment*. USA: The Parthenon Publishing Group.
- Edward Aguado & James E. Burt. 2013. *Understanding Weather and Climate. Sixth Edition*. New York: Pearson.
- Getis, Arthur, Getis, Judith & Fellmann, Jerome D. 2008. *Introduction to Geography A Eleventh Edition*. New York: Mc Graw Hill Higher Education.
- Ibrahim Jaafar. 2010. *Biodiversiti Amfibia di Semenanjung Malaysia: Warisan Alamiah yang Amat Berharga*. Siri Syarahan Umum Pelantikan Profesor, Pelantikan 2008 Bilangan 5. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia.
- James H. Brown. 2014. Why Are There So Many Species in the Tropics? *Journal of Biogeography* 41, 8-22. Diakses atas talian pada 22 November 2018, dari <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jbi.12228>
- James W Valentine et, al. 2009. *Generation of Earth's First-Order Biodiversity Pattern*. Diakses pada 20 November 2018, dari https://www.researchgate.net/publication/24006220_Generation_of_Earth%27s_First-Order_Biodiversity_Pattern
- Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Malaysia. 1998. *Dasar Kepelbagaian Biologi Kebangsaan*. Kuala Lumpur: Institut Terjemahan Negara Malaysia Berhad
- Khairuddin Hj. Kamaruddin. 2013. *Hutan Hujan Tropika Semenanjung Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

- Kyle Frischkorn. 2017. *Why Do We See More Species in Tropical Forests? The Mystery May Finally, Be Solved*. Laman Sesawang Smithsonian.com. Diakses pada 20 November 2018, dari <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/why-do-we-see-more-species-tropical-forests-mystery-may-finally-be-solved-180963974/>
- Laman Sesawang Understanding Evolution. 2018. *Introducing the LDG*. University of California Museum of Paleontology. Diakses pada 20 November 2018, dari https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/ldg_02
- National Geographic. 2018. *Climate*. National Geographic Society. Diakses pada 25 November 2018, dari <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/climate/>
- National Geographic. 2018. *Desert*. National Geographic Society. Diakses pada 25 November 2018, dari <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/desert/>
- Nor Azlena Nawawi. 2006. *Biodiversiti Tumbuhan Dalam Hutan Hujan Tropika, Ancaman Kepupusan*. Latihan Ilmiah. Pusat Pengajian Pendidikan Jarak Jauh. Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia. Willig, M.R., Kaufman, D.M. & Stevens, R.D. 2003 Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 34, 273–309. Diakses atas talian pada 22 November 2018, dari <https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.ecolsys.34.012103.144032>
- Rahmad Zakaria. 2008. *Ekologi Tumbuhan Di Hutan Pulau Pinang Dengan Penekanan Kepada Hutan Simpan Teluk Bahang*. Tesis Ijazah Doktor Falsafah Universiti Sains Malaysia. Diakses pada 23 November 2018, dari http://eprints.usm.my/9702/1/EKOLOGI_TUMBUHAN_DI_HUTAN_PULAU_PINPIN_DENGAN_PENEKANAN KEPADA_HUTAN_SIMPAN_TELUK_BAHANB.pdf

- Siti Hajar Ahmad. 2016. *Pengaruh Nutrien, Cahaya Dan Tekanan Persekitaran Terhadap Pertumbuhan Dan Fotosintesis Pada Ulva Reticulata*. Tesis Ijazah Sains Universiti Sains Malaysia. Diakses pada 25 November 2018, dari [http://eprints.usm.my/32272/1/SITI_HAJAR_AHMAD_24\(NN\).pdf](http://eprints.usm.my/32272/1/SITI_HAJAR_AHMAD_24(NN).pdf)
- Universiti Malaysia Sabah. 2018. *Bab 8: Zon Iklim Dunia dan Tumbuhan Semula jadi*. Nota Kuliah Smart2U. Diakses pada 22 November 2018, dari http://smart2.ums.edu.my/pluginfile.php/100971/mod_resource/content/1/BAB%pdf
- World Climate Maps. 2017. *Based on Koppen Climatic Classification*. Diakses pada 23 November 2018, dari <https://www.mapsofindia.com/worldmap/climate.html#>
- World Meteorological Organization. 2017. *What is Climate*. Official Website of World Meteorological Organization. Diakses pada 23 November 2018, dari http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faq/faq_doc_en.html