

# ULASAN KRITIS TENTANG TEORI BIOGEOGRAFI PULAU

Elizabeth Novi Kusumaningrum<sup>1</sup>, Budi Prasetyo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Terbuka

email korespondensi : novi@ecampus.ut.ac.id

## ABSTRAK

*Indonesia merupakan negara dengan kekayaan biodiversitas yang sangat besar baik yang ada di daratan maupun di lautan. Kondisi tersebut didukung oleh posisi geografi Indonesia yang terdiri atas kepulauan dengan karakteristik pulau-pulau yang bervariasi dan unik. Berdasarkan proses terjadinya daratan yang berada di wilayah Indonesia dan hasil riset Wallace dan Weber, terbukti sebaran flora dan fauna Indonesia terbagi menjadi 3 wilayah, yaitu Sundaland (Indonesia bagian barat), Wallacea, dan Sahulland (Indonesia bagian timur). Sundaland dan Wallacea merupakan wilayah dengan kerapatan dan kekhasan biodiversitas yang relatif tinggi, dan seringkali dikategorikan dalam hotspot biodiversitas. Selanjutnya Sahulland yaitu wilayah Indonesia lain yang masih memiliki ekosistem alami dengan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi. Wallacea dan Sahulland memiliki perbedaan karakter biota antarkelompok yang menarik untuk dipelajari. Tulisan ini bertujuan untuk mengulas secara rinci mengenai teori biogeografi pulau termasuk dampak dan kaidahnya. Teori biogeografi pulau memiliki dampak terhadap keberadaan biota di dalam pulau yang dikaji, antara lain yaitu, ukuran pulau berdampak pada kekayaan jenis, tingkat endemisme, dan tingkat kepunahan spesies. Kaidah lain dari biogeografi kepulauan yang berlaku di Indonesia adalah perubahan ukuran tubuh pada spesies tertentu ternyata dipengaruhi oleh besar kecilnya ukuran pulau tempat spesies tersebut hidup.*

**Kata kunci:** biogeografi, biogeografi pulau, sundaland, wallacea, sahulland, endemisme.

## PENDAHULUAN

Biogeografi merupakan suatu peristilahan biologi yang berhubungan dengan pola distribusi flora dan fauna dalam skala waktu dan ruang. Indonesia berdasarkan distribusi flora dan faunanya memiliki kawasan biogeografi yang terdiri dari biogeografi Sunda, Sahul, dan Wallacea. Kawasan Sunda (Oriental) dan Sahul (Australia) merupakan dua kawasan biogeografi utama, dan campuran keduanya disebut Wallacea. Kawasan biogeografi Oriental memiliki biota yang berasal dari dan berafiliasi dengan kawasan Asia, yakni Jawa, Kalimantan, dan Sumatera, yang seringkali disebut juga dengan kawasan Sunda. Adapun kawasan Indonesia yang termasuk dalam biogeografi Australia adalah Kepulauan Aru dan Papua atau disebut kawasan Sahul. Di antara kedua biogeografi besar tersebut, terdapat kawasan yang memiliki biota merupakan campuran dari keduanya sehingga menjadi karakter tersendiri dan disebut biogeografi Wallacea, yang meliputi wilayah Sulawesi, Maluku, dan Nusa Tenggara (Supriatna, 2014).

John dan Kathy MacKinnon (1986) telah mengidentifikasi tujuh unit biogeografi utama di seluruh Indonesia yakni: Sumatera, Jawa-Bali, Kalimantan, Sulawesi, Sunda Kecil, Maluku, dan Irian. Masing-masing unit ini masih diidentifikasi lagi ke dalam subunit-subunit berikutnya. Di dalam setiap unit tersebut, prioritas utama yang disarankan adalah ditetapkannya kawasan perlindungan yang besar termasuk ekosistem utamanya. Sebagai contoh, pada unit biogeografi Sumatera terdapat 7 subbiogeografi dengan batasan-batasan dari penyebaran flora dan faunanya, dimana



dari pergeseran satu lempeng bumi yang pasti mempengaruhi lempeng bumi lain di suatu kawasan, yang akan ikut bergeser sampai tercapai suatu keseimbangan.

Berdasarkan bukti berupa fosil, diketahui bahwa permukaan bumi berawal dari satu daratan yang besar (superkontinen) yaitu Pangaea. Superkontinen tersebut terbelah menjadi 2 benua besar yaitu Laurasia dan Gondwanaland, pada sekitar 135 juta tahun yang lalu. Laurasia terpisah menjadi kelompok-kelompok daratan yang pada saat ini dikenal sebagai North America dan Eurasia (Eropa dan Asia). Gondwanaland terpisah menjadi Afrika, Amerika Selatan, Antartika, dan Australia. Para ilmuwan yakin bahwa Benua Afrika dan Amerika Selatan pernah menyatu berdasarkan bukti-bukti yang ditemukan antara lain, bentuk pantai timur Amerika Selatan dan pantai barat Afrika dan ditemukannya fosil reptil laut, Mesosaurus di Amerika Selatan dan Afrika Barat.

Pada sekitar 65 juta tahun yang lalu yaitu zaman Cretaceous, kembali terjadi perubahan permukaan benua. Amerika Selatan dan Afrika sudah terpisah oleh Laut Atlantik, dan Madagaskar mulai terpisah dari Afrika. Lempengan semakin bergerak ke arah equator dan selama 65 juta tahun Madagaskar semakin terisolasi, membuat endemisitasnya tinggi. Kontinen Laurasia mengalami pergerakan dimana fragmen Eurasia bergerak turun dan fragmen Eropa Utara dan Amerika Utara terpisah perlahan. Fragmen Eurasia selanjutnya menjadi Asia Timur dan Asia Tenggara termasuk di dalamnya Indonesia bagian Barat. Anak benua India menabrak Asia dan terbentuklah Pegunungan Himalaya yang menjadi barrier bagi fauna Asia tersebar ke India dan sebaliknya.

Tahap berikutnya Australia terpisah dari Antartika dan bergerak menuju utara, sehingga hewan dan tumbuhan di daratan tersebut mengalami evolusi. Selanjutnya beberapa fragmen terpisah dari Australia bagian utara menjadi Papua dan beberapa kepulauan di Indonesia Timur, sehingga vegetasi dan jenis hewan yang terdapat di kedua tempat tersebut memiliki kemiripan yang signifikan.

Pangaea merupakan superkontinen yang terdiri atas semua massa benua saat ini yang muncul sekitar 350 juta tahun lalu (Wegener, 1967). Superkontinen secara progresif terus bergerak dan terpisah-pisah. Pergerakan lempeng bumi berdampak terhadap proses evolusi dan kehidupan di permukaan bumi, terutama pada letak suatu daratan atau benua, juga sangat mempengaruhi iklim, dan jenis flora dan fauna yang dapat hidup di dalamnya. Pergerakan benua juga menjadi sarana bagi makhluk hidup untuk berpindah dan beradaptasi dengan lingkungan yang baru, sehingga terbentuk spesies baru melalui proses seleksi alam.

Pada saat benua-benua tersebut bergabung, populasi menyebar ke area yang baru dan beradaptasi dengan kondisi setempat. Pada saat benua-benua tersebut terpisah, suatu populasi makhluk hidup harus beradaptasi dengan lingkungan baru yang

terbentuk atau menjadi punah. Indonesia memiliki sejarah biogeografi yang cukup rumit karena terdiri atas kepulauan yang tidak berasal dari satu benua, melainkan terdiri atas 2 benua yaitu benua atau Paparan Sunda dan Sahul. Di wilayah Indonesia Barat pulau-pulainya merupakan bagian dari Paparan Sunda (Laurasia), sedangkan wilayah Indonesia Timur menjadi bagian dari Paparan Sahul (Gondwana). Pulau Sulawesi yang berada di antara kedua paparan tersebut sama sekali tidak memiliki kemiripan jenis flora dan fauna dengan pulau-pulau di sebelah timur maupun baratnya. Demikian juga dengan Bali dan Lombok. Keanekaragaman hayati yang tinggi dan kekhasan di wilayah Indonesia antara lain disebabkan oleh latar belakang iklim, sejarah geologi, unit biogeografi, proses spesiasi, bentuk pulau, dan jumlah ekosistem. Pulau di Indonesia bervariasi dari yang sempit sampai luas, dari daratan rendah sampai berbukit hingga pegunungan sehingga mampu menunjang kehidupan flora, fauna, dan mikroorganisme yang beranekaragam. Sejarah geologi juga mengakibatkan terbentuknya lebih banyak unit biogeografi di Indonesia. Jumlah spesies yang terdapat pada suatu pulau ditentukan oleh luas pulau, dan ini disebut teori biogeografi pulau (MacArthur dan Wilson, 1967).

### **Peranan garis Wallace dan garis Webber**

Kondisi biogeografi Indonesia yang cukup rumit tersebut menarik perhatian seorang naturalis Inggris Alfred Russel Wallace (antara tahun 1854 dan 1862). Wallace membuat garis imajiner yang dikenal sebagai Garis Wallace (Gambar 1), vertikal memanjang melalui Selat Makasar (antara pulau Kalimantan dan Sulawesi) sampai antara Bali dan Lombok. Di sebelah barat Garis Wallace jenis-jenis fauna yang dominan adalah yang berasal dari Asia, seperti gajah dan badak. Selanjutnya di sebelah timur garis Wallace yang dominan adalah fauna yang berasal dari Australia, misalnya mamalia berkantung.

Weber juga tertarik mengamati distribusi fauna dan flora asli Australia yang menyebar ke wilayah Eurasia. Dari hasil pengamatannya tersebut, Weber membuat garis imajiner yang disebut Garis Weber (Gambar 1), yaitu sebuah batas yang memisahkan Sulawesi dan Papua terus menurun hingga antara Timor dan Australia. Di sebelah barat Garis Weber, 50% jenis faunanya berasal dari oriental (Asia), sedangkan di sebelah timur garis tersebut 50% jenis faunanya asli Australia. Menurut para ahli biogeografi saat ini, daerah di antara garis Wallace dan garis Weber adalah zona transisi, termasuk di dalam zona transisi tersebut adalah Sulawesi, Maluku, dan Nusa Tenggara dan disebut sebagai wilayah Wallacea (Gambar 1). Wilayah Wallacea merupakan daerah yang sangat menarik disebabkan jenis flora fauna yang khas dan memiliki endemisitas yang tinggi.

Nusa Tenggara merupakan salah satu wilayah dalam area Wallacea yang terdiri atas sekitar 500 pulau-pulau dan terletak di sebelah timur Bali, mulai dari Lombok hingga Timor. Antara Bali dan Nusa Tenggara dibatasi oleh Selat Lombok. Antara tahun 1854-1862 Alfred R. Wallace berada di tempat tersebut untuk mengamati jenis-jenis burung. Wallace menyimpulkan bahwa jenis burung di Bali memiliki 97% kemiripan dengan jenis burung di Jawa, sedangkan jenis-jenis burung di Bali dan Lombok mempunyai kemiripan lebih sedikit, yaitu sekitar 50%. Jadi, mengapa Bali dan Lombok yang hanya terpisah 25 km (dibanding jarak Bali dan Jawa) memiliki perbedaan jenis burung yang cukup besar?

Selama zaman es, Bali terhubung dengan Jawa melalui koridor daratan dan terdapat selat kecil di antara Bali dan Lombok. Sebenarnya burung merupakan fauna yang mempunyai daya dispersal (penyebaran) yang baik dan tidak terpengaruh dengan adanya hambatan. Namun ada beberapa jenis burung memang menetap di Bali dan tidak pernah dapat mencapai Lombok. Burung yang dapat mencapai Lombok dan pulau-pulau lainnya di timur melakukan adaptasi dan menjadi semakin berbeda dari populasi asalnya di Jawa. Dari 562 jenis burung yang teridentifikasi di Nusa Tenggara dan Maluku, 144 jenis di antaranya merupakan spesies endemik. Pulau Timor yang merupakan pulau paling timur dari Nusa Tenggara mempunyai jenis-jenis flora fauna endemik tertinggi. Setiap wilayah antara pulau-pulau Nusa Tenggara merupakan rintangan yang harus dilalui bagi proses penyebaran hewan. Fauna yang dapat sukses melampaui semua rintangan tersebut biasanya mengalami penyusutan ukuran atau jumlah populasi; sehingga populasi yang tersisa akan beradaptasi dengan berbagai perubahan lingkungan atau habitat, untuk menyesuaikan diri dan menjadi endemik di pulau tersebut.

### **Dampak ukuran pulau terhadap kekayaan dan kepunahan spesies, serta endemisitas**

Hasil pengamatan dari para ahli biologi diketahui bahwa luas area pulau turut menentukan jumlah spesies yang mampu menghuninya. Berdasarkan pola hubungan tersebut maka dikembangkanlah model biogeografi pulau, yang mengarahkan logika berpikir, bahwa pulau-pulau berukuran besar sudah pasti memiliki lebih banyak spesies daripada yang berukuran kecil. Teori pulau biogeografi menjelaskan perbedaan dalam keragaman spesies berdasarkan ukuran pulau (misalnya, pulau besar cenderung memiliki lebih banyak spesies kategori tertentu daripada pulau-pulau kecil). Hal ini berarti bahwa jumlah spesies yang terdapat pada suatu pulau akan ditentukan oleh luas pulau. Pulau-pulau yang memiliki ukuran sepuluh kali lebih besar, cenderung akan memiliki kekayaan spesies dua kali lebih banyak.

Kekayaan flora dan fauna ini tidak dapat didistribusikan begitu saja, sehingga perlu perhatian khusus terhadap pelestariannya seperti spesies komunitas, habitat-habitat, dan geografi. Salah satu cara yang paling efisien untuk menampung jumlah spesies yang sangat besar pada kawasan yang luasnya relatif kecil, adalah dengan memberikan prioritas pada area dengan keanekaragaman yang tinggi untuk dijadikan kawasan lindung.

Berikut ini, disajikan ulasan teori pengaruh kekayaan jenis, tingkat endemisme, dan tingkat kepunahan spesies terhadap ukuran pulau. Demikian pula, untuk penentuan jumlah spesies yang bertahan dalam suatu pulau, dipengaruhi oleh laju imigrasi yang erat kaitannya dengan tingkat isolasi pulau. Artinya bahwa jumlah spesies yang terdapat di pulau-pulau yang berlokasi dekat dengan benua jauh lebih banyak daripada jumlah spesies di pulau-pulau yang jauh dari benua. Dengan demikian, berarti derajat keanekaragaman hayati dan laju kepunahan lokal ditentukan oleh ukuran pulau sedangkan kecepatan imigrasi ditentukan oleh jarak pulau ke sumber.

Pada umumnya hubungan antara luas area pulau dengan jumlah spesies penghuninya diistilahkan dengan *species area relationship*, dan menurut Quammen (1996) pada kenyataannya digunakan untuk memprediksi jumlah dan persentase spesies yang akan mengalami kepunahan ketika habitat alaminya rusak. Asumsinya, suatu luasan hanya dapat mendukung sejumlah tertentu spesies yang dapat hidup di habitat tersebut. Ketika luas habitat alami suatu pulau berkurang, maka pulau itu hanya mampu mendukung spesies sebanyak yang hidup pada pulau yang lebih kecil ukurannya.

Model biogeografi pulau ini sangat bermanfaat karena dapat diterapkan pada taman nasional dan cagar alam yang dikelilingi oleh habitat yang telah rusak. Keberadaan suatu cagar alam dapat dipandang sebagai "pulau" yang dikelilingi oleh "lautan" habitat yang rusak. Berdasarkan model ini, ketika 50% dari "pulau" tersebut mengalami kerusakan maka diprediksi sekitar 10% spesies yang hidup di "pulau" tersebut akan musnah. Bahkan apabila spesies-spesies ini endemik di wilayah tersebut maka dapat dipastikan mereka akan punah. Apabila 90% dari habitat mengalami kerusakan maka suatu "pulau" akan kehilangan sekitar 50% spesiesnya; dan apabila 99% habitatnya rusak maka diprediksi sekitar 75% spesies alami akan punah.

Sebagai contoh Pulau Singapura, lebih kurang 180 tahun ke belakang, 95% tutupan hutan aslinya telah hilang. Berdasarkan model biogeografi tersebut, dengan hilangnya habitat ini maka 30% spesies di hutan juga akan mengalami kepunahan. Realitanya, antara tahun 1923 dan 1998 sebanyak 32% burung asli asal Singapura telah hilang, terutama pada spesies-spesies burung tanah dan burung-burung pemakan

serangga di kanopi hutan mengalami tingkat kehilangan yang paling tinggi (Castelletta *et al.* 2000).

Keadaan yang sama juga terjadi di Indonesia pada Kebun Raya Bogor, yang memiliki spesies terdiri atas 54% tumbuhan asli, 46% tumbuhan ditanam, dan rerata pengunjung 84-85 orang/bulan. Kebun hutan di tengah kota ini telah terisolir sejak tahun 1936, dan pada tahun 2004 kekayaan spesies burung pada fragmen hutan telah mengalami penurunan sebesar 59% (dari 97 spesies menjadi 40 spesies). Sub-komunitas burung hutannya pun menurun hingga 60% (dari 30 spesies menjadi 12 spesies). Penurunan keanekaragaman spesies burung ini disebabkan oleh isolasi, yang mengakibatkan pengurangan habitat, kunjungan wisatawan secara intensif, dan ketidaktelitian manajemen dalam menghilangkan seluruh tumbuhan bawah (Sodhi *et al.* 2006).

Setiap hubungan area spesies bersifat unik, artinya perkiraan tingkat kepunahan berdasarkan hilangnya habitat cenderung bervariasi. Merujuk pada estimasi kerusakan hutan hujan dunia sebanyak 1% per tahun, menurut prediksi Wilson (1989), bahwa 0,2%-0,3% dari seluruh spesies, yakni sekitar 10.000-15.000 spesies dari total 5 juta spesies di seluruh dunia akan punah per tahun. Hal ini memberikan arti bahwa, sekitar 34 spesies per hari sedang mengalami kepunahan.

Kerusakan habitat mendorong spesies dan bahkan seluruh komunitas menuju ambang kepunahan. Ancaman utama pada keanekaragaman hayati akibat kegiatan manusia adalah kerusakan habitat baik fragmentasi maupun degradasi (termasuk polusi), perubahan iklim global, pemanfaatan spesies yang berlebihan untuk kepentingan manusia, invasi spesies-spesies asing, meningkatnya penyebaran penyakit, dan sinergi dari faktor-faktor tersebut. Kebanyakan spesies dan komunitas yang terancam punah menghadapi sedikitnya dua atau lebih dari masalah-masalah yang telah diuraikan sebelumnya, sehingga mendorong kepunahan dan menyulitkan usaha perlindungan (Wilcove *et al.*, 1998 dan Terborgh, 1999). Berbagai ancaman terhadap keanekaragaman hayati harus menjadi kepedulian berbagai pihak yang terkait.

Besar kecilnya ukuran pulau juga akan berpengaruh terhadap tingkat endemisme spesies setempat. Ini berarti bahwa pulau-pulau besar memiliki jumlah spesies dengan tingkat endemisme yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang kecil, walaupun korelasinya tidak begitu signifikan seperti halnya kaitan antara ukuran pulau dengan kekayaan spesies. Namun apabila korelasi dibuat untuk ukuran pulau, maka kita akan menemukan bahwa jumlah spesies endemik akan berkorelasi negatif dengan kekayaan spesies, tetapi berkorelasi positif dengan tingkat isolasi.

Namun demikian terdapat perbedaan-perbedaan antara kelompok tumbuhan dengan kelompok satwa dalam tingkat endemisme. Tingginya jumlah satwa endemik

tidak selalu diikuti oleh tingginya tumbuhan endemik. Di sisi lain, seringkali tingginya tumbuhan endemik diikuti oleh tingginya satwa endemik. Tumbuhan endemik lebih terpengaruh oleh ukuran pulau daripada isolasi geografik. Sebaliknya endemisme satwa burung sangatlah tergantung pada isolasi geografik. Pulau-pulau yang jauh dan kecil dapat memiliki tingkat endemisme burung yang tinggi, tetapi tingkat endemisme tumbuhannya mungkin rendah.

### **Kaidah biogeografi kepulauan di Indonesia**

Berdasarkan catatan sejarah geologinya, pulau-pulau di Indonesia dapat terbagi atas dua kelompok, yakni Pulau Laut dan Pulau Benua. Pulau Laut adalah pulau yang belum pernah berhubungan dengan daratan lainnya, misalnya Enggano, Simuelue, Buru, Kai, dan Tanimbar. Pulau Benua adalah pulau yang pada masa lampau mempunyai hubungan dengan daratan atau benua lainnya dikarenakan permukaan laut mengalami penurunan, misalnya Natuna, Nias, Bawean, Belitung, Sumba, dan Aru (Supriatna, 2008).

Kekayaan dan keanekaragaman hayati pulau-pulau benua diperoleh pada saat pulau-pulau tersebut berhubungan dengan benua, dan tambahan dari hasil migrasi tumbuhan dan satwa. Namun pulau-pulau lautan hanya dapat memperoleh keanekaragaman hayati dari migrasi satwa dan tumbuhan yang berasal dari tempat-tempat yang lain. Perbedaan sejarah geografi terjadi pada Pulau Sulawesi yang tidak termasuk dalam pembagian dua kelompok pulau tersebut, karena luas dan bentuknya yang selalu berubah sebagai akibat perpindahan lempeng kerak bumi. Diprediksi pulau Sulawesi terdiri dari dua atau tiga bagian yang dahulunya terpisah, sehingga biota Sulawesi masa kini merupakan campuran biota dari tiga pulau yang berlainan, dan tumbuhan eboni (*Diospyros celebica*) kemungkinan merupakan salah satu contohnya.

Pada pulau-pulau yang terdapat di wilayah negara Indonesia, ukuran tubuh fauna yang menghuninya seringkali mengalami perubahan. Perubahan ukuran tubuh pada spesies tertentu merupakan salah satu kaidah biogeografi kepulauan (Case, 1978), yang tampaknya juga berlaku di Indonesia. Sebagai contoh, di Pulau Komodo biawak mencapai ukuran tubuh sangat besar, dan pertumbuhan ini dimungkinkan sebagai akibat ketiadaan fauna besar lainnya. Contoh lainnya adalah di pulau-pulau kecil di Samudera Hindia dan Galapagos, kura-kura darat *Geochelone* mampu mencapai ukuran tubuh 1,3 meter (Arnold, 1979).

Di sisi yang lain, di pulau-pulau tertentu juga dijumpai spesies kerdil. Sebagai contoh, tiga spesies fauna yang termasuk anggota suku gajah, memiliki ukuran tubuh mulai dari yang besar hingga kecil, ditemukan dalam fosil Pleistosen di Sompoh, Sulawesi Selatan. Ketiga spesies tersebut adalah gajah kerdil (*Stegodon sompoensis*),

gajah Jawa (*Stegodon cf. trigonocephalus*), dan gajah Sulawesi (*Elephas celebensis*) (Cranbrook, 1981). Hal ini dapat terjadi diperkirakan karena, untuk menambah jumlah individu dalam populasi, strategi memperkecil ukuran tubuh merupakan solusi yang lebih menguntungkan. Sementara sumber makanan yang terbatas jumlahnya, pasti mampu mendukung lebih banyak hewan-hewan kecil daripada hewan besar.

Pada situasi tertentu, hewan-hewan yang berukuran kecil setelah sampai di pulau biasanya ukuran tubuhnya akan membesar, sebaliknya hewan-hewan yang berukuran besar setelah sampai di pulau biasanya ukuran tubuhnya menjadi kecil. Namun begitu pola ini tidak selalu demikian karena ada faktor ekologis lainnya yang turut berpengaruh. Sebagai contoh, individu-individu dewasa yang paling kecil dari bajing bergaris putih (*Callosciurus prevosti*) (yang selama ini terdapat di Sumatera, Semenanjung Malaya, dan Kalimantan) dijumpai juga di pulau-pulau yang terkecil. Makin besar pulau, makin besar ukuran bajing tersebut sehingga individu terbesar dijumpai pada Pulau Penyilir (280 km<sup>2</sup>) dan Pulau Rupa (1360 km<sup>2</sup>) di Kepulauan Riau. Namun pada pulau yang lebih besar lagi ukurannya, ukuran tubuh bajing menjadi berkurang. Perbedaan ukuran tubuh bajing tersebut disebabkan oleh perbedaan tekanan pemangsa, pembatasan makanan, luas relung yang tersedia, persaingan antarspesies, dan seleksi alam yang berdaya guna secara fisiologi (Heaney *dalam* Whitten *et al.*, 2000).

Kondisi di Kepulauan Indonesia sesuai dengan teori biogeografi pulau dari MacArthur dan Wilson (1967) disebut model MW. Pulau-pulau besar seperti Papua dan Kalimantan mempunyai spesies lebih banyak dibandingkan dengan pulau-pulau yang lebih kecil. Pulau yang jauh dari benua seperti Pulau Timor mempunyai spesies lebih sedikit dari pulau yang dekat benua seperti Pulau Jawa (Supriatna, 2008).

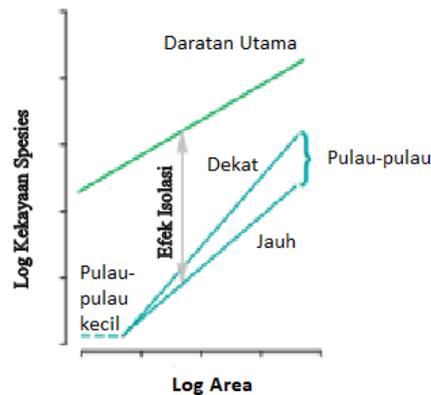
Keseluruhan daratan, laut-laut, dan wilayah angkasa yang berada di kawasan bumi Indonesia membentuk kekayaan flora dan fauna yang paling beragam di antara negara-negara di dunia. Kondisi topografi Indonesia yang berada di kawasan tropik dengan iklim yang relatif stabil dan posisi geografi yang melingkar di antara Asia dan Australia telah menghasilkan kawasan flora dan fauna yang tidak dapat dibandingkan oleh negara manapun.

Bersama dengan negara Brazil, Zaire, Peru, dan Colombia, Indonesia tergolong dalam 10 negara megadiversitas dunia yang memiliki keanekaragaman paling tinggi di dunia (MacKinnon *et al.*, 1986). Meskipun luas daratan Indonesia hanya 1,32% dari seluruh luas daratan yang berada di dunia, Indonesia memiliki 10% tumbuhan berbunga, 12% binatang menyusui, 16% reptil dan amfibi, 17% burung, 25% ikan, dan 15% serangga, dibandingkan dengan yang ada di dunia (Supriatna, 2008). Dalam hal tingkat endemisme, Indonesia memiliki kedudukan yang istimewa di dunia. Diketahui bahwa

dari 500-600 spesies mamalia besar, 36% di antaranya endemik, 25% dari 35 spesies primata dunia endemik di Indonesia; dari 78% spesies burung paruh bengkok, 40%-nya endemik, dan dari 121 spesies kupu-kupu, 44%-nya endemik (McNeely *et al.*, 1990; Supriatna, 1996). Di dunia tumbuhan dari 157 jenis bambu, 56% di antaranya adalah tumbuh endemik di Indonesia (Wijaya, 2005).

## PEMBAHASAN

MacArthur dan Wilson (1967) mengemukakan teori biogeografi pulau sebagai berikut, jumlah spesies yang berada di suatu pulau akan ditentukan oleh luas pulau. Pulau dengan ukuran sepuluh kali lebih besar cenderung akan memiliki spesies dua kali lebih banyak. Jumlah spesies yang bertahan dalam suatu pulau ditentukan pula oleh angka imbang antara rata-rata laju kepunahan setempat dengan laju imigrasi ke dalam pulau tersebut. Laju imigrasi umumnya akan berhubungan dengan tingkat isolasi pulau. Pulau-pulau yang memiliki jarak jauh dari benua akan mempunyai spesies yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan pulau-pulau yang memiliki jarak dekat dengan benua. sehingga derajat keanekaragaman hayati dan laju kepunahan lokal akan ditentukan oleh luas pulau tersebut serta kecepatan migrasi yang ditentukan oleh jarak pulau ke sumber. Perkembangan unik yang dibuat dalam teori biogeografi pulau oleh MacArthur dan Wilson (1967) tidak saja membahas hubungan spesies-isolasi namun juga hubungan spesies-area, oleh karena itu kedua ilmuwan ini bersama-sama mempertimbangkan dua fitur 'pulau' utama yaitu area dan isolasi (Gambar 2).



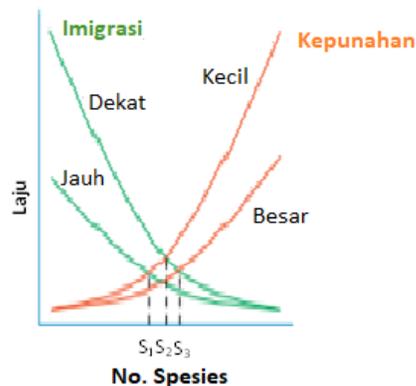
Gambar 2

Representasi dari teori biogeografi pulau yang mengambil kedua fitur area dan isolasi

Dapat dilihat pada Gambar 2, bahwa garis pendek, putus-putus yang tidak terdapat dalam model MW asli menunjukkan efek pulau kecil karena kurangnya habitat yang cocok. Pulau-pulau menunjukkan lereng-lereng area curam daripada daratan. Berdasarkan teori ini hasilnya adalah yang tidak termasuk titik ekuilibrium (yaitu imigrasi

= kepunahan atau  $I = E$ ) sebagai persyaratan telah banyak diamati dalam penelitian lapangan.

MacArthur dan Wilson juga memprediksi bahwa kekayaan spesies (jumlah spesies) meningkat seiring dengan luasnya pulau tetapi jumlah spesies akan menurun yang disebabkan oleh isolasi (jarak dari daratan atau pulau lainnya). Selain itu, teori biogeografi pulau ekuilibrium beranggapan bahwa baik imigrasi ( $I$ ) maupun tingkat kepunahan ( $E$ ) pada akhirnya akan mencapai titik tertentu yang menunjukkan titik seimbang (Gambar 3).



Gambar 3  
Teori ekuilibrium biogeografi pulau

Dapat dilihat pada Gambar 3, bahwa  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  mewakili keseimbangan pulau-pulau dengan ukuran dan jarak yang berbeda ke daratan. Kenyataannya,  $I$  dan  $E$  kemungkinan besar asimetris dalam arah yang berlawanan, dan posisi maupun bentuk mereka dapat bervariasi secara drastis di antara pulau-pulau dan kelompok taksonomi yang berbeda; kurva juga memengaruhi satu sama lain (misalnya efek penyelamatan).

Dengan demikian, adalah hal yang mungkin dan masuk akal untuk mempertimbangkan teori biogeografi pulau umum sebagai dua komponen terkait yaitu: (1) gabungan efek dari area dan isolasi dan (2) 'kesetimbangan' dinamis antara pasangan imigrasi dan kepunahan. Berdasarkan premis umum pola dalam biogeografi pulau terkait dengan area, isolasi, dan perputaran spesies. Asumsi dari 'keseimbangan' menurut teori biogeografi pulau bahwa pada waktu tertentu, kekayaan spesies di pulau jenuh (statis); artinya terdapat spesies baru yang berkoloni sebagai imigran, sehingga berdampak pada spesies yang ada menjadi punah secara lokal karena persaingan dalam memperebutkan ceruk dan sumber daya alam hayati (Gambar 3).

Dalam MacArthur dan Wilson dan dalam sebagian besar uraian berikut, imigrasi dan kepunahan sering digambarkan simetris di seberang ekuilibrium untuk pulau yang sama (seperti dalam kesetaraan spesies yang dijelaskan dalam teori netral; Hubbell

2001). Komponen pertama umumnya dihargai dengan baik tetapi yang terakhir tidak. Bahkan, dapat dimengerti untuk kenyamanan, sebagian besar tes sebelumnya dari model MW didasarkan pada area dan/atau isolasi saja (komponen pertama) karena tingkat imigrasi dan kepunahan membutuhkan lebih banyak waktu dan upaya yang lebih besar untuk mengukur. Kemungkinan poin 'equilibrium' (yaitu, S1, S2, dan S3 pada Gambar 3), jika mereka pernah muncul, akan sangat menjadi transisi terbaik (Guo 2015). Namun, ini adalah aspek inti dari teori MW terkait dengan 'keseimbangan' yang masih diperdebatkan, khususnya terkait dengan aplikasi konservasi.

Salah satu dari dua proses penting yang ditekankan oleh teori ekuilibrium dapat merupakan penyebab atau hasil dari yang lain. Misalnya, kolonisasi atau imigrasi dapat disebabkan oleh peristiwa kepunahan sebagai akibat dari pengosongan ceruk, yang cenderung mengarah pada penggantian spesies. Sebaliknya, kepunahan lokal suatu spesies bisa terjadi karena adanya invasi spesies baru. Khususnya, untuk beberapa alasan yang menyebabkan spesies lokal mengalami kepunahan, karena terbukanya ceruk sehingga investor dapat masuk melalui penyebaran alami atau campur tangan manusia.

Pada saat ini, sebagian besar pulau-pulau mengalami konsekuensi dari perubahan global yakni (1) pemanasan iklim dan kenaikan permukaan laut, keduanya dapat mendorong kekayaan spesies terutama spesies unik/khas semakin berkurang jumlahnya di pulau-pulau bahkan dapat semakin mempertajam 'efek pulau kecil,' dan (2) meningkatnya invasi spesies baru karena alami maupun campur tangan manusia mampu menempatkan spesies asli di bawah tekanan besar.

Pada akhirnya, meskipun ada beberapa ketidakpastian dan kontroversi, nilai dan kontribusi teori (ekuilibrium) biogeografi pulau untuk ekologi modern dan biogeografi tidak dapat disangkal. Teori ini terus memainkan peran kunci baik dalam penelitian dasar dan dalam merancang cagar alam untuk konservasi, terutama ketika teori tersebut diterapkan pada 'pulau' yang didefinisikan secara luas. Untuk kajian jangka panjang disarankan lebih baik berkonsentrasi pada stabilitas atau pergeseran titik ekuilibrium yang muncul (Gambar 3) dan bagaimana bentuk-bentuk variasi dari kurva I dan E di berbagai pulau dan kelompok spesies.

## **SIMPULAN**

Teori biogeografi pulau memiliki dampak terhadap keberadaan biota di dalam pulau yang dikaji, di antara dampak tersebut yaitu, ukuran pulau berdampak pada kekayaan jenis, tingkat endemisitas, dan tingkat kepunahan spesies. Selain itu, salah satu kaidah biogeografi kepulauan yang berlaku di Indonesia adalah perubahan ukuran

tubuh pada spesies tertentu dipengaruhi oleh besar kecilnya ukuran pulau tempat spesies tersebut hidup.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arnold EN. 1979. Indian Ocean giant tortoises: their systematics and island adaptations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 286:127-145.
- Case TJ. 1978. A general explanation for insular body size trends in terrestrial vertebrates. *Ecology* 59(1).
- Castelletta M, Sodhi NS, Subaraj R. 2000. Heavy extinctions of forest avifauna in Singapura: Lessons for biodiversity conservation in Southeast Asia. *Conservation Biology* 14:1870-1880.
- Cranbrook E. 1981. The vertebrates faunas. Wiley. New York.
- Guo Q. 2015. Island biogeography theory: emerging patterns and human effects. *Elsevier*, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09419-7>.
- Hall R, Morley CK. 2004. Sundaland Basins. *In* Continent-Ocean Interactions within the East Asian Marginal Seas, ed. P. Clift, P. Wang, W. Kuhnt and D. E. Hayes. Geophysical Monograph. 149:55-85.
- Hall R, Clements B, Smyth HR. 2009. Sundaland: basement character, structure and plate tectonic development. *In* Proceedings of the Indonesian Petroleum Association. 33<sup>rd</sup> Annual Convention. Jakarta: Indonesian Petroleum Association. IPA 09-G134.
- Hubbell SP. 2001 The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- MacKinnon J., MacKinnon K. 1986. *Review of the Protected Areas System in the Indo-Malayan Realm*. Gland: IUCN.
- MacArthur RH and Wilson EO (1967) The theory of island biogeography. Princeton, NJ: Princeton University Press. *In* Preston FW (1962) The canonical distribution of commonness and rarity: part I. *Ecology* 43:185-215.
- McNeely JA, Miller KR, Reid W, Mittermeier R, Werner TB. 1990. *Conserving the World's Biological Diversity*. Swizerland and Washington DC. IUCN. World Resource Institute, CI, WWF-US, the World Bank, Gland.
- Peta persebaran flora dan fauna di Indonesia beserta jenis dan gambarnya. <https://perpustakaan.id/peta-persebaran-flora-dan-fauna-di-Indonesia-beserta-jenis-dan-gambarnya/> [diunduh: 13 Oktober 2018].
- Quammen D. 1996. *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*. New York. Scribner.
- Sodhi NS, Lee TM, Koh LM, Prawiradilaga DM. 2006. Long-term avifaunal impoverishment in an isolated tropical woodlot. *Conservation Biology* 20:772-779.

- Supriatna J. 1996. Community based Ecotourism: A Lesson learned from Togean Island, Central Sulawesi. Paper presented at the Earthwatch Annual Meeting. Massachusetts: Watertown.
- Supriatna J. 2008. *Melestarikan Alam Indonesia*. Jakarta. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Supriatna J. 2014. *Berwisata Alam di Taman Nasional*. Jakarta. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Terborgh J. 1999. *Requiem for Nature*. Washington DC. Island Press.
- Whitten T, Damanik SJ, Anwar J, Hisyam N. 2000. *The ecology of Sumatera*. Singapura. Periplus.
- Wijaya EA. 2005. Pelajaran terpetik dari mendalami bambu Indonesia untuk pengembangannya di masa depan. Orasi Pengukuhan Ahli Peneliti Utama Bidang Botani. Bogor. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phullips A, Losos E. 1998. Quantifying threat to imperiled species in the United States. *BioScience* 48:607-615.
- Wilson EO. 1989. Threats to biodiversity. *Scientific American* 261(3):108-116.