

PENDEKATAN PERMODELAN UNTUK PROGRAM REINTRODUKSI TUMBUHAN LANGKA TERANCAM KEPUNAHAN

Angga Yudaputra

Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya, Jl. Ir. H. Juanda No.13 Paledang, Bogor
Email: a.yudaputra29@gmail.com

Abstrak

Program penyelamatan dan pengembalian tumbuhan langka yang terancam punah telah banyak dilakukan saat ini. Upaya ini dilakukan guna mengembalikan populasi tumbuhan yang hampir atau telah punah ke habitat aslinya. Namun, pengembangan pendekatan kuantitatif maupun permodelan dalam upaya reintroduksi tumbuhan langka terancam kepunahan belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi mengenai metodologi kuantitatif dan permodelan yang dapat digunakan dalam mendukung program reintroduksi tumbuhan langka yang terancam punah. Metode yang digunakan adalah mengumpulkan berbagai informasi dari berbagai sumber literatur mengenai pendekatan permodelan yang dapat digunakan dalam program reintroduksi tumbuhan langka. Beberapa pendekatan permodelan yang dapat digunakan dalam mendukung program reintroduksi tumbuhan langka yaitu model kesesuaian habitat, model autekologi, model dinamika populasi, model dispersal dan model analisis keterancam habitat. Model tersebut telah tersedia dalam bentuk "library" atau "package" yang dikembangkan dalam bahasa pemrograman R dan Python. Kedua bahasa pemrograman tersebut telah banyak digunakan dalam penelitian ekologi dan konservasi. Pengembangan permodelan tersebut diharapkan mampu menjadi informasi penting dan acuan dalam program reintroduksi tumbuhan langka terancam kepunahan di Indonesia.

Kata Kunci: Permodelan, Reintroduksi, Tumbuhan langka terancam kepunahan, R dan Python

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara megabiodiversitas dengan keanekaragaman tumbuhan mencapai 38.000 jenis dan 55% diantaranya merupakan jenis tumbuhan endemik (Mittermeier et al. 1999). Selain itu, Indonesia memiliki 25% dari spesies tumbuhan berbunga yang ada di dunia (Kusmana dan Hikmat, 2015). Namun, Indonesia juga mengalami laju deforestasi hutan yang cukup tinggi yaitu pada tahun 2000 laju deforestasi mencapai 2 juta hektare per tahun, periode 2000-2009 menunjukkan 1,5 juta hektare per tahun, selanjutnya pada periode 2013-2017 laju deforestasi mencapai 1,47 juta per tahun (Forest Watch Indonesia, 2019). Hal ini tentunya menjadi perhatian yang sangat serius karena tingginya kerusakan hutan akan menimbulkan hilangnya keanekaragaman biodiversitas di Indonesia. Dengan tingginya laju kerusakan hutan menyebabkan Indonesia sebagai negara kedua setelah Malaysia yang memiliki daftar jenis tumbuhan yang terancam kepunahan paling tinggi di Asia (IUCN, 2007). Tumbuhan dapat dikatakan terancam kepunahan jika masuk dalam kategori yang telah ditetapkan oleh International Union for the Conservation of Nature and Nature Resources (IUCN). Kategori tersebut antara lain: kritis (Critically Endangered <CR>), genting (Endangered <EN>), dan rawan (Vulnerable <VU>) (Widyatmoko dan Irawati, 2007). Indonesia memiliki 1.293 jenis tumbuhan langka, 1 jenis dikategorikan sebagai EW (Extinct in the Wild), 116 jenis CR, 94 jenis EN, 227 jenis VU, 9 jenis LR/cd (Low Risk: conservation dependent), 99 jenis NT (Near Threatened), 89 jenis DD (Data Deficient), dan 658 LC (Least Concern) (IUCN, 2018).

Upaya konservasi telah banyak dilakukan guna menyelamatkan tumbuhan terancam kepunahan di habitat alaminya. Program reintroduksi menjadi salah satu cara penyelamatan dengan pengembalian dan pemulihan jenis tumbuhan terancam kepunahan di habitat alaminya (Widyatmoko dan Irawati, 2007). Saat ini program reintroduksi telah banyak dilakukan dalam program penyelamatan tumbuhan terancam kepunahan, namun pendekatan permodelan dalam program reintroduksi masih sangat jarang dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari pendekatan permodelan yang dapat digunakan dalam mendukung program reintroduksi tumbuhan langka terancam kepunahan. Penelitian ini diharapkan mampu untuk memberikan informasi mengenai jenis permodelan yang dapat diimplementasikan dalam

mendukung program reintroduksi tumbuhan terancam kepunahan agar lebih efektif dan terukur.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi setiap tahapan proses pada program reintroduksi tumbuhan yang telah umum dilakukan. Selanjutnya dilakukan proses pengumpulan dan penggalian informasi mengenai jenis permodelan yang dapat diaplikasikan dalam setiap tahapan proses reintroduksi tumbuhan. Informasi tersebut diperoleh dari berbagai macam sumber seperti jurnal ilmiah, buku maupun sumber lainnya. Permodelan tersebut akan dijelaskan secara singkat mengenai implementasinya dalam mendukung program reintroduksi tumbuhan langka terancam punah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Model kesesuaian habitat

Langkah pertama yang perlu diperhatikan dalam program reintroduksi adalah kesesuaian dan kualitas dari habitat yang meliputi ukuran dan lokasi dari habitat tersebut (Stone & Guy, 2017). Ada beberapa kriteria yang menjadi dasar kualitas dari habitat antara lain tidak adanya gangguan dari aktivitas manusia dan tekanan dari tumbuhan invasif sehingga tumbuhan dapat mempertahankan populasinya. Studi kesesuaian habitat penting untuk dilakukan sebelum melakukan aktivitas reintroduksi tumbuhan langka. Studi kesesuaian habitat dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan permodelan kesesuaian habitat. Tujuan utama dari permodelan habitat adalah untuk mengidentifikasi habitat yang sesuai untuk tumbuhan yang akan direintroduksi meliputi aspek biotik dan abiotik. Hal ini dilakukan dengan menggunakan data titik koordinat dimana species tumbuhan tersebut ditemukan, selanjutnya titik koordinat tersebut dijadikan dasar dalam memprediksi daerah yang memiliki kemiripan kondisi lingkungan dimana species tumbuhan tersebut ditemukan di kawasan reintroduksi. Ada beberapa variabel lingkungan penting yang perlu dicatat dalam studi ini: karakteristik tanah (pH, jenis tanah, kandungan organik, dan CEC), topografi (ketinggian lokasi, kemiringan lahan, arah lereng), iklim (curah hujan, temperature), dan tutupan vegetasi. Semua data tersedia dalam grid / cell. Data tersebut merupakan data global yang tersedia dengan berbagai macam resolusi. Preparasi data spasial dapat dilakukan dengan GIS, QGIS maupun Diva GIS. Data berupa titik koordinat dimana tumbuhan langka tersebut ditemukan (presence record) dan tidak ditemukan (absence record) pada saat pengambilan data dilapangan, digunakan untuk mencari hubungan antara keberadaan tumbuhan dengan kondisi lingkungannya (Austin, 2007). Data spasial tersebut kemudian akan diolah dengan menggunakan algoritma statistik maupun machine learning seperti GAM, GLM, Random Forest (RF), Domain, Bioclim, Support Vector Machine (SVM), GARP, dan Maxent. Beberapa jenis algoritma tersebut telah digunakan untuk memprediksi distribusi dari spesies tumbuhan *Guettarda speciosa*, masing-masing algoritma memiliki tingkat akurasi yang berbeda (Yudaputra et al., 2019). Semua analisis dilakukan dengan bahasa pemrograman R. Output data berupa daerah yang memiliki karakteristik yang sama dengan lokasi ditemukannya tumbuhan yang akan direintroduksi tersebut. Map akan memberikan informasi berupa gradasi warna, threshold yang biasa digunakan adalah 0,5. Jika hasil menunjukkan nilai $0,5 >$ maka lokasi tersebut memiliki kondisi habitat yang sesuai, sedangkan jika memiliki nilai $0,5 <$ menunjukkan habitat tersebut kurang sesuai untuk spesies tumbuhan yang akan direintroduksi. Permodelan kesesuaian habitat dengan menggunakan variable lingkungan untuk memprediksi keberadaan spesies sering disebut dengan model korelatif. Selain itu ada yang disebut dengan model mekanistik yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh respon fisiologi tumbuhan terhadap perubahan lingkungan. Namun, data mekanistik sangat sedikit tersedia (Peterson, Papeş, & Soberón, 2015). Kombinasi model

korelatif dengan model mekanistik sangat bagus jika diterapkan dalam studi kesesuaian habitat. Model kesesuaian habitat dapat digunakan untuk mengidentifikasi habitat pada program reintroduksi. Selain untuk mendukung program reintroduksi, model kesesuaian habitat banyak digunakan untuk mengetahui kawasan yang rentan terhadap ancaman spesies asing (Yudaputra, 2020), mengetahui pengaruh iklim terhadap distribusi spesies (Yudaputra et al., 2020), dan penentuan prioritas kawasan konservasi yang memiliki keragaman jenis yang tinggi.

3.2. Model autekologi

Studi autekologi merupakan hal penting dalam mendukung program reintroduksi tumbuhan. Studi autekologi meliputi beberapa aspek penting seperti faktor abiotik dan biotik di habitat dimana ditemukan spesies tumbuhan tersebut. Permodelan autekologi dilakukan dengan cara pengambilan data sebagai berikut data kedalaman serasah (litter depth), pH tanah, kelembaban tanah, kelembaban dibawah kanopi, suhu, intensitas cahaya, ketinggian tempat, arah lereng, kemiringan lereng, serta tutupan vegetasi (persentase). Faktor biotik seperti interaksi, asosiasi, dan kompetisi merupakan aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam studi autekologi. Beberapa permodelan seperti analisis regresi sederhana maupun beberapa jenis machine learning seperti GAM, GLM, Random Forest (RF), Neural Network (NN) dapat digunakan dalam mempelajari autekologi. Studi autekologi sangat membantu dalam program reintroduksi tumbuhan.

3.3. Model dinamika populasi

Studi mengenai dinamika populasi penting dilakukan dalam mendukung program reintroduksi tumbuhan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mempelajari dinamika populasi antara lain: jumlah individu tumbuhan yang akan direintroduksi, perbandingan jumlah individu jantan dan betina untuk tumbuhan berumah dua, laju kecepatan pertumbuhan (pertambahan tinggi atau ukuran diameter untuk jenis pohon), dan jumlah individu yang mati selama proses monitoring reintroduksi. Pertumbuhan individu dapat digolongkan kedalam beberapa kelompok berdasarkan ketinggian atau diameter, penggolongan dapat dilakukan berdasarkan fase pertumbuhan sebagai berikut (GS) 1: seedling (0-1 meter), GS2: Sapling (1-5 meter), GS3: Sapling (6-8 meter), individu mature: telah memasuki masa pembungaan atau menghasilkan buah. Data tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan model dinamika populasi. Beberapa “library” atau “package” yang digunakan dalam pembuatan model dinamika populasi antara lain “popbio” (Stubben et al. 2020) dan “popdemo” (Stott et al., 2018). Selain itu bisa juga menggunakan model “matrix population” yang dapat diolah menggunakan bahasa pemrograman “python”.

3.4. Model dispersal

Model dispersal mempelajari mengenai perpindahan suatu individu melalui biji dan spora dari suatu habitat ke habitat lainnya. Aspek dispersal merupakan kunci keberhasilan dari program reintroduksi tumbuhan langka. Ketika melakukan permodelan habitat menunjukkan bahwa suatu lokasi memiliki kesesuaian untuk spesies tertentu, namun jika terdapat penghalang (barrier) maka lokasi tersebut tidak dipilih untuk reintroduksi dikarenakan spesies akan kesulitan dalam menjangkau daerah tersebut dan melakukan proses kolonisasi di lokasi baru (Corlett, 2016; Moraes et al., 2018). Selain itu dengan adanya proses dispersal, diharapkan terjadi aliran materi genetik (gen flow) antar populasi sehingga tumbuhan yang akan direintroduksi dapat mempertahankan populasinya dari kepunahan (Hanski, 1999). Beberapa model yang dapat diaplikasikan untuk mempelajari dinamika populasi antara lain: “rangeShifter” (Bocedi et al., 2014), “dispeRsal”, “dispersim”, “MIGCLIM”, “kernel density”.

3.5. Model keterancaman habitat

Identifikasi mengenai faktor ancaman dapat dilakukan dengan menggunakan analisis faktor resiko (risk index) dan pembobotan faktor resiko (Weighted risk) terhadap habitat dan populasi tumbuhan yang akan direintroduksi. Analisis tersebut untuk mengetahui faktor ancaman yang sangat berpengaruh terhadap habitat tumbuhan. Faktor resiko dapat dipetakan dengan menggunakan data remote sensing seperti tata guna lahan serta faktor resiko lainnya di sekitar lokasi dimana tumbuhan akan direintroduksi. Analisis dapat dilakukan dengan menggunakan model “CA-Markov”, “cellular automata”, dan “vegan package” (Oksanen et al., 2019). Model tersebut tersedia di GIS dan pemrograman R.

4. SIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI

Informasi mengenai pendekatan kuantitatif melalui permodelan diharapkan dapat menjadi acuan atau pertimbangan dalam melakukan program reintroduksi tumbuhan agar lebih efektif dan terukur. Dengan semakin majunya teknologi komputasi di era revolusi industri 4.0 saat ini, diharapkan akan muncul banyak pengembangan permodelan atau simulasi yang diciptakan sebagai pendekatan dalam mempelajari aspek ekologi dan konservasi yang sangat kompleks.

5. REFERENSI

- Bocedi, G., Palmer, S.C.F., Pe'er, G., Heikkinen, R.K., Matsinos, Y.G., Watts, K., Travis, J.M.J. 2014. RangeShifter: a platform for modelling spatial eco-evolutionary dynamics and species' responses to environmental changes. *Methods in Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12162>.
- Corlett, R. T. 2016. Restoration, Reintroduction, and Rewilding in a Changing World. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(6), 453–462. DOI:10.1016/j.tree.2016.02.01.
- Forest Watch Indonesia. 2019. Angka Deforestasi Sebagai “Alarm” Memburuknya Hutan Indonesia. Diakses dari http://fwi.or.id/wp-content/uploads/2019/10/FS_Deforestasi_FWI_small.pdf.
- Hanski, I. 1999. *Metapopulation ecology*. Oxford University Press, Oxford.
- IUCN. 2007. 2007 IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 28 February 2018.
- Kusmana, C., Hikmat, A. 2015. Keanekaragaman Hayati Flora Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Volume 5* (Nomor 2). DOI: <https://doi.org/10.29244/jpsl.5.2.187>.
- Mittermeier, R.A., Myers, N., Mittermeier, C.G. 1999. *Hotspots Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Emex and Conservation International, New York.
- Moraes, A. M., Ruiz-Miranda, C. R., Galetti, P. M., Niebuhr, B. B., Alexandre, B. R., Muylaert, R. L., Ribeiro, M. C. 2018. Landscape resistance influences effective dispersal of endangered golden lion tamarins within the Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 224(May), 178–187. doi:10.1016/j.biocon.2018.05.023.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. 2019. Package ‘vegan’. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>.
- Peterson, A. T., Papeş, M., and Soberón, J. 2015. Mechanistic and Correlative Models of Ecological Niches. *European Journal of Ecology*, 1(2), 28–38. DOI: 10.1515/eje-2015-0014.
- Stone, O. M. L., and Guy, A. J. 2017. Predicting Optimal Release Sites for Rehabilitated Monkeys: a Vervet Monkey (*Chlorocebus aethiops*) Case Study. *International Journal of Primatology*, 38(3), 485–499. Doi: 10.1007/s10764-017-9956-y.
- Stott, I., Hodgson, D., Townley, S., Ellner, S. 2018. Popdemo: Demographic Modelling Using Projection Matrices. <https://cran.r-project.org/web/packages/popdemo/index.html>
- Stubben, C., Milligan, B., Nantel, P. 2020. Package ‘popbio’. <https://cran.r-project.org/web/packages/popbio/popbio.pdf>.

- Widyatmoko D, Irawati. 2007. *Kamus Istilah Konservasi*. PKT Kebun Raya Bogor-LIPI. LIPI Press, Jakarta.
- Yudaputra, A., Pujiastuti, I., Cropper Jr, W.P. 2019. Comparing six different species distribution models with several subsets of environmental variables: Predicting the potential current distribution of *Guettarda speciosa* in Indonesia. *Biodiversitas* 20 (8): 2321-2328.
- Yudaputra, A., Fijridiyanto, I., Cropper, W.P. Jr. 2020. The potential impact of climate change on the distribution pattern of *Eusideroxylon zwageri* (Bornean Ironwood) in Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas* 21(1): 326-333.
- Yudaputra, A. 2020. Modelling potential current distribution and future dispersal of an invasive species *Calliandra calothyrsus* in Bali Island, Indonesia. *Biodiversitas* 21(2): 674-682.