

Optimalisasi Koridor Habitat Orangutan Kalimantan Menggunakan Algoritma Genetika : Analisis pada Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya

Amanda Putri Aprilliani

Mahasiswa Program Studi Ilmu Komputer Universitas Pertamina Jakarta Selatan, Indonesia
Digunakan untuk memenuhi penilaian Ujian Akhir Semester dalam mata kuliah Kecerdasan Buatan
105222001@student.universitaspertamina.ac.id

Abstrak

Fragmentasi habitat mengancam kelangsungan hidup Orangutan Kalimantan (*Pongo pygmaeus*), terutama di kawasan Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya. Penelitian ini mengusulkan penggunaan algoritma genetika untuk mengoptimalkan desain koridor habitat antara kedua kawasan tersebut. Melalui studi literatur dan analisis kualitatif, penelitian ini mengkaji karakteristik ekologis kedua kawasan, kebutuhan habitat Orangutan, dan prinsip penerapan algoritma genetika dalam konteks ekologi. Model konseptual dikembangkan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti panjang koridor, kesesuaian habitat, konektivitas, dan hambatan topografi. Hasil menunjukkan bahwa algoritma genetika berpotensi menghasilkan desain koridor optimal dengan keunggulan dalam optimasi multi-objektif dan fleksibilitas integrasi data. Namun, implementasinya menghadapi tantangan komputasi dan validasi model. Penelitian ini menyediakan landasan untuk pengembangan strategi konservasi Orangutan yang lebih efektif, sambil menekankan perlunya studi lapangan lanjutan dan kolaborasi multidisiplin.

Kata Kunci : Orangutan Kalimantan, Koridor Habitat, Algoritma Genetika

I. PENDAHULUAN

Orangutan Kalimantan (*Pongo pygmaeus*) adalah spesies yang terancam punah dan hanya ditemukan secara terbatas di Sumatera dan Kalimantan. Satwa ini tersebar di kawasan hutan yang fungsi dan peruntukannya telah ditetapkan, seperti kawasan hutan konservasi, kawasan lindung, dan hutan produksi [1]. Orangutan memiliki peran ekologis yang penting sebagai penyebar biji dan pemelihara keseimbangan ekosistem hutan hujan tropis, menjadikan mereka krusial untuk keberlangsungan keanekaragaman hayati secara keseluruhan. Sayangnya satwa langka ini terancam punah, semua spesiesnya terdaftar dalam Appendix I di *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES)*, mengindikasikan status keterancaman yang serius [2].

Fragmentasi habitat merupakan ancaman utama bagi kelangsungan hidup Orangutan Kalimantan. Fenomena

ini terjadi ketika habitat alami terpecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan terisolasi akibat aktivitas manusia seperti penebangan, pertanian, dan pembangunan. Menurut laporan dari *Global Forest Watch*, Kalimantan telah kehilangan sekitar 24,4 juta hektar tutupan pohon antara tahun 2001 dan 2019. Selain itu, kebakaran hutan dan perburuan juga berkontribusi signifikan terhadap penurunan populasi Orangutan. Akibatnya, populasi satwa ini menjadi terpisah-pisah, mengurangi peluang mereka untuk berinteraksi dan berkembang biak yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan keragaman genetik dan meningkatkan risiko kepunahan lokal.

Salah satu strategi utama untuk mengatasi fragmentasi adalah dengan membangun koridor habitat yang menghubungkan potongan-potongan hutan yang terfragmentasi. Koridor ini memungkinkan pergerakan bebas Orangutan antara habitat yang terisolasi, meningkatkan peluang pertukaran genetik dan akses sumber daya tanpa mengganggu lahan atau pemukiman. Namun, pembukaan koridor habitat harus dioptimalkan dengan mempertimbangkan berbagai aspek seperti kondisi ekologis, biaya, dan dampak terhadap lingkungan.

Algoritma genetika, sebuah metode optimasi berbasis komputasi yang meniru proses seleksi alam dan evolusi [3]. Metode ini dapat digunakan untuk mencari solusi yang optimal dalam permasalahan yang kompleks, termasuk optimasi koridor habitat dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti jarak, kondisi habitat, dan biaya implementasi. Keunggulan algoritma genetika terletak pada kemampuannya untuk mengevaluasi sejumlah besar potensial secara efisien dan menemukan kombinasi parameter yang optimal.

Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya adalah dua kawasan penting untuk konservasi orangutan di Kalimantan yang sedang menghadapi ancaman fragmentasi habitat. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan secara konseptual bagaimana algoritma genetika dapat digunakan untuk mengoptimalkan koridor habitat Orangutan di Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya. Melalui studi literatur dan analisis kualitatif, penelitian ini akan mengeksplorasi potensi efektivitas algoritma genetika dalam merancang koridor habitat, serta

memberikan wawasan tentang penerapannya dalam konteks kedua kawasan tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan landasan konseptual bagi pemangku kepentingan dalam mempertimbangkan penggunaan algoritma genetika untuk strategi konservasi Orangutan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Orangutan Kalimantan (*Pongo Pygmaeus*)



Gambar 1. 1 Orangutan Kalimantan (*Pongo pygmaeus*)

Orangutan yang terdapat di Kalimantan ini memiliki nama latin *Pongo Pygmaeus*. Satwa ini memiliki tiga sub spesies yaitu *Pongo pygmaeus*, *Pongo pygmaeus wurmbii*, dan *Pongo pygmaeus morio* [4]. Terbaginya tiga sub spesies ini disebabkan karena terpisahnya antar tiap populasi Orangutan yang ada di Kalimantan selama bertahun-tahun dikarenakan struktur geografisnya yang berupa pegunungan dan banyak sungai-sungai besar.

Orangutan memiliki beberapa ciri morfologis yaitu kebanyakan dari mereka memiliki bulu berwarna coklat kemerahan yang lebat, wajah yang datar dengan bibir yang menonjol, dan jari-jari yang panjang serta kuat, memungkinkan mereka untuk memanjat dan berayun di antara pepohonan dengan mudah. Orangutan menunjukkan dimorfisme seksual yang jelas, di mana jantan dewasa memiliki kantung tenggorokan yang besar dan bantalan pipi yang khas, yang tidak ditemukan pada betina.

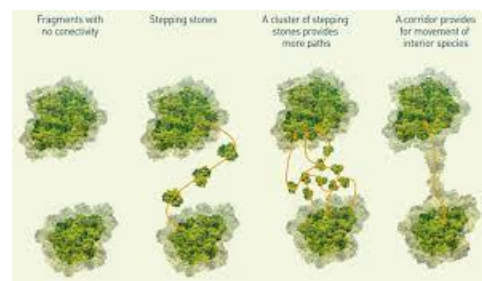
Secara biologis, Orangutan adalah hewan soliter dengan masa hidup yang panjang yaitu dapat mencapai 30-40 tahun di alam liar. Mereka memiliki pola reproduksi yang lambat dengan masa perkembangbiakan sekitar 8,5 bulan dan interval kelahiran yang panjang yaitu 6-8 tahun. Hal tersebut membuat populasi mereka sangat rentan terhadap penurunan angka kelahiran akibat hilangnya habitat dan ancaman lainnya.

Habitat yang diperlukan oleh orangutan adalah hutan hujan tropis yang lebat dan luas, terutama hutan primer yang kaya akan pohon-pohon besar dan beraneka ragam tumbuhan [5]. Mereka memerlukan akses ke berbagai jenis pohon sebagai sumber makanan utama mereka

seperti buah-buahan, daun dan tunas. Orangutan juga membutuhkan sungai untuk sumber air minum dan berenang. Ia juga membutuhkan pohon tinggi untuk tidur dan melindungi diri dari predator. Kondisi habitat yang ideal bagi Orangutan adalah kawasan hutan yang minim gangguan manusia, memungkinkan mereka untuk bergerak bebas dan menjalani siklus hidup mereka yang lambat, termasuk tempat aman masa panjang untuk matang seksual dan perkembangbiakan Orangutan.

B. Koridor Habitat

Koridor habitat adalah jalur penghubung antara fragmen habitat yang memungkinkan pergerakan satwa liar dan pertukaran genetik antar populasi [6]. Manfaat utama dari koridor habitat mencakup peningkatan konektivitas lanskap, pengurangan isolasi populasi, dan peningkatan keragaman genetik. Koridor habitat juga memfasilitasi akses terhadap sumber daya makanan dan tempat bertelur yang penting bagi keberlanjutan populasi satwa liar, serta membantu dalam mengurangi konflik antara satwa liar dengan manusia melalui pengalihan jalur yang lebih aman dan terjaga.



Gambar 1. 2 Macam-macam koridor habitat

Pembuatan koridor habitat umumnya melibatkan proses perencanaan, implementasi, dan pemantauan yang komprehensif. Secara global, pendekatan yang sering digunakan meliputi identifikasi area kunci biodiversitas, pemetaan rute potensial, dan restorasi habitat [7]. Teknik yang umum digunakan termasuk penanaman vegetasi asli, pembangunan jembatan hijau atau terowongan bawah tanah untuk satwa liar, dan pengurangan hambatan buatan manusia [8]. Di Indonesia, pembuatan koridor habitat mengadopsi pendekatan lanskap yang lebih luas, dikenal sebagai Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH). Implementasi di lapangan sering melibatkan kerja sama antara pemerintah, LSM, dan masyarakat lokal.

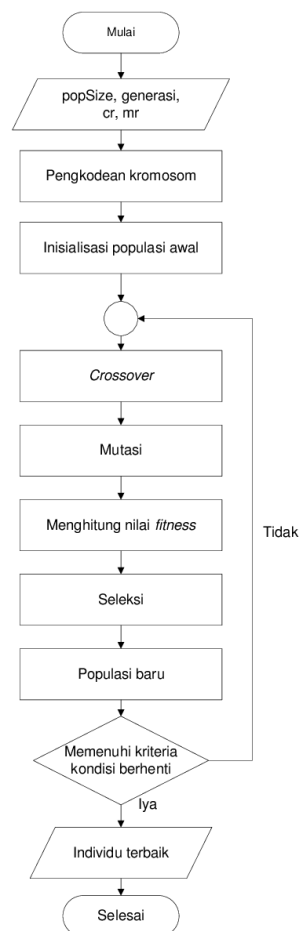
Di Indonesia, kondisi koridor habitat semakin terancam akibat fragmentasi hutan yang disebabkan oleh deforestasi, perluasan lahan pertanian, dan pembangunan infrastruktur. Berdasarkan data resmi dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), laju deforestasi di Indonesia pada periode 2019-2020 mencapai 115.500 hektar. Pembangunan infrastruktur seperti rencana pembangunan jalan sepanjang lebih dari 2000 km di Kalimantan sebagai bagian dari

pengembangan ibu kota baru diperkirakan akan memfragmentasi sekitar 2 juta hektar hutan [9].

C. Algoritma Genetika

Algoritma genetika (GA) adalah teknik optimasi berbasis evolusi yang terinspirasi oleh prinsip seleksi alam dan genetika [3]. Algoritma ini dikembangkan pertama kali oleh John Holland pada tahun 1975, yang sampai sekarang dipakai untuk menyelesaikan masalah optimasi kompleks di berbagai bidang, termasuk ekologi dan konservasi. GA beroperasi pada populasi solusi potensial, menggunakan operator genetik seperti seleksi, *crossover*, dan mutasi untuk menghasilkan generasi baru solusi yang lebih baik [10].

Kelebihan algoritma genetika ini terletak pada kemampuannya untuk menjelajahi ruang pencarian yang luas dan menemukan solusi optimal untuk masalah dengan banyak variabel dan kendala. Dalam konteks konservasi, GA telah digunakan untuk berbagai aplikasi termasuk desain cagar alam, optimasi koridor habitat, dan perencanaan restorasi ekosistem.



Gambar 1. 3 Flowchart Algoritma Genetika

D. Studi Kasus

Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya merupakan dua kawasan konservasi penting di Kalimantan yang berperan vital dalam perlindungan Orangutan dan ekosistem hutan rawa gambut. Taman Nasional Sebangau, yang terletak di Kalimantan Tengah, mencakup area seluas 568.700 hektar dan merupakan habitat bagi sekitar 6.000 Orangutan Kalimantan (*Pongo pygmaeus wurmbii*), menjadikannya salah satu populasi Orangutan terbesar yang tersisa di alam liar [11]. Kawasan ini didominasi oleh hutan rawa gambut yang unik, yang penting bagi biodiversitas tetapi juga berperan sebagai penyimpanan karbon yang signifikan. Hutan lindung Bukit Baka Bukit Raya, yang membentang di perbatasan Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah, mencakup area sekitar 181.090 hektar dan merupakan bagian dari area hutan hujan dataran rendah dan pegunungan yang lebih luas.

Kedua kawasan ini menghadapi tantangan serupa, termasuk deforestasi, kebakaran hutan, dan perambahan ilegal. Upaya konservasi di kedua lokasi telah melibatkan berbagai pendekatan, termasuk restorasi gambut, patroli anti-perambahan, dan program pemberdayaan masyarakat. Kondisi koridor habitat antara Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya mencerminkan tantangan yang dihadapi dalam upaya konservasi di Kalimantan. Kedua kawasan ini terpisah oleh jarak sekitar 150 km, dengan lanskap di antaranya yang telah mengalami fragmentasi signifikan. Studi terbaru menunjukkan pentingnya menghubungkan kedua kawasan ini melalui koridor habitat untuk memastikan viabilitas jangka panjang populasi Orangutan dan spesies lain [12].

III. METODE PENELITIAN

1. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif yaitu pengumpulan data melalui studi literatur dan data sekunder. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji literatur ilmiah yang relevan tentang habitat Orangutan Kalimantan dan penerapan algoritma genetika dalam konteks konservasi.

2. Analisis Data

Analisis meliputi identifikasi tema utama dari literatur terkait optimalisasi koridor habitat dan penerapan algoritma genetika. Karakteristik lanskap dan tantangan konservasi di kedua kawasan dianalisis.

3. Studi Kasus

Model konseptual diterapkan pada konteks Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya. Potensi efektivitas algoritma genetika dalam menghubungkan kedua kawasan dianalisis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi kondisi ekologis Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya

Taman Nasional Sebangau merupakan kawasan konservasi seluas 568.700 hektar yang terletak di Kalimantan Tengah. Kawasan ini didominasi oleh ekosistem hutan rawa gambut yang menjadi habitat penting bagi Orangutan Kalimantan. Sebangau dikenal memiliki salah satu populasi Orangutan liar terbesar di dunia, dengan estimasi sekitar 5.000 hingga 6.000 individu [13].

Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya adalah kawasan konservasi yang terletak di perbatasan Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah. Kawasan ini memiliki luas sekitar 181.090 hektar dengan karakteristik topografinya yang berbukit dengan ekosistem hutan hujan dataran rendah dan pegunungan. Meskipun populasi Orangutan di kawasan ini lebih kecil dibandingkan dengan Sebangau, Bukit Baka Bukit Raya tetap menjadi habitat penting bagi kelangsungan hidup spesies ini.

2. Kebutuhan habitat spesifik Orangutan Kalimantan

Orangutan Kalimantan membutuhkan habitat hutan yang luas dan terhubung untuk mendukung pola hidup sehat semi-soliter dan kawasan jelajah yang luas. Satwa ini memerlukan hutan dengan tutupan yang rapat dan beragam jenis pohon buah sebagai sumber makanan utama. Orangutan juga bergantung pada ketersediaan pohon besar untuk membangun sarang dan beristirahat. Penelitian menunjukkan bahwa satu individu Orangutan membutuhkan area jelajah seluas 0,5 – 5,5 km² tergantung pada kualitas habitat dan ketersediaan makanan [14].

3. Tantangan Konservasi dan Kebutuhan Koridor

Fragmentasi habitat menjadi ancaman serius bagi populasi Orangutan di Kalimantan. Aktivitas manusia seperti pembukaan lahan untuk pertanian, penebangan hutan, dan pembangunan infrastruktur telah menyebabkan terpecahnya habitat Orangutan menjadi kantong-kantong kecil yang terisolasi. Fragmentasi ini membatasi pergerakan dari Orangutan, mengurangi keragaman genetik, dan meningkatkan risiko kepunahan lokal.

Pembentukan koridor habitat antara Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya menjadi sangat penting untuk mengatasi dampak fragmentasi. Koridor ini akan memungkinkan pergerakan Orangutan antar populasi, meningkatkan aliran gen, dan memperluas area jelajah selektif [15]. Selain itu, koridor habitat juga dapat membantu dalam mitigasi dampak perubahan iklim dengan memberikan jalur perpindahan bagi Orangutan ke habitat yang lebih sesuai seiring dengan perubahan kondisi lingkungan.

4. Model Konseptual Penerapan Algoritma Genetika

Terdapat representasi “kromosom” untuk rute koridor. Dalam konteks optimalisasi koridor habitat, kromosom dapat direpresentasikan sebagai serangkaian titik koordinat yang mendefinisikan rute koridor [16]. Setiap gen dalam kromosom mewakili satu segmen koridor, dengan informasi tentang lokasi, lebar, dan karakteristik habitat. Representasi ini memungkinkan algoritma genetika untuk mengeksplorasi berbagai konfigurasi koridor yang mungkin.

Fungsi fitness adalah ukuran kualitas setiap solusi yang dihasilkan algoritma genetika. Untuk koridor habitat Orangutan, fungsi fitness dapat mencakup beberapa komponen :

- Panjang koridor : meminimalkan panjang total untuk efisiensi
- Kesesuaian habitat : memaksimalkan area dengan vegetasi yang sesuai untuk Orangutan
- Konektivitas : menilai seberapa baik koridor menghubungkan patch hutan yang ada
- Hambatan : topografi mempertimbangkan kesesuaian lereng dan elevasi

Fungsi fitness dapat diformulasikan sebagai kombinasi tertimbang dari komponen-komponen ini. Adapun proses seleksi, *crossover*, dan mutasi dalam optimalisasi koridor adalah :

a) Seleksi: Individu dengan nilai fitness tinggi memiliki peluang lebih besar untuk dipilih sebagai "orang tua" untuk generasi berikutnya. Metode seleksi seperti *roulette wheel* atau *tournament selection* dapat digunakan.

b) *Crossover*: Dua koridor "orang tua" bertukar informasi genetik untuk menghasilkan koridor "anak" baru. Misalnya, dengan one-point crossover, segmen dari dua koridor berbeda dapat digabungkan untuk membentuk rute baru.

c) Mutasi: Perubahan acak kecil pada beberapa gen (segmen koridor) untuk mempertahankan keragaman genetik dan mencegah konvergensi prematur. Mutasi bisa berupa pergeseran kecil koordinat atau perubahan lebar koridor.

Melalui iterasi proses ini selama beberapa generasi, Algoritma genetika dapat menghasilkan solusi koridor yang semakin optimal untuk menghubungkan habitat Orangutan di Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya.

5. Analisis Potensi Efektivitas penggunaan Algoritma Genetika

Keunggulan dalam penggunaan algoritma genetika dalam optimalisasi koridor habitat ini antara lain :

- a) Optimasi multi-objektif: algoritma genetika dapat secara efektif menangani berbagai kriteria yang saling bertentangan dalam perencanaan koridor, seperti meminimalkan panjang koridor sambil memaksimalkan kualitas habitat.
- b) Fleksibilitas: algoritma genetika dapat dengan mudah mengintegrasikan berbagai jenis data dan kendala, termasuk data spasial, informasi habitat, dan hambatan antropogenik.
- c) Skalabilitas: algoritma genetika dapat menangani masalah optimasi skala besar dengan ruang pencarian yang kompleks, yang umum dalam perencanaan lanskap.
- d) Solusi beragam: algoritma genetika menghasilkan beberapa solusi alternatif, memberikan fleksibilitas kepada pembuat keputusan dalam memilih rencana koridor yang paling sesuai.

Meskipun memiliki potensi yang besar, implementasi algoritma genetika ini juga menghadapi beberapa tantangan :

- a) Kebutuhan komputasi: algoritma genetika mungkin memerlukan sumber daya komputasi yang signifikan, terutama untuk masalah optimasi skala besar.
- b) Pemilihan parameter: kinerja algoritma genetika sangat bergantung pada pemilihan parameter yang tepat, seperti ukuran populasi dan tingkat mutasi, yang mungkin memerlukan penyetelan yang cermat.
- c) Integrasi data: mengintegrasikan berbagai jenis data dengan resolusi dan kualitas yang berbeda dapat menjadi tantangan dalam membangun model yang akurat.
- d) Validasi model: memvalidasi hasil algoritma genetika dalam konteks ekologi yang kompleks dapat menjadi sulit dan memerlukan studi lapangan jangka panjang.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan algoritma genetika memiliki potensi signifikan dalam mengoptimalkan desain koridor habitat Orangutan Kalimantan antara Taman Nasional Sebangau dan Hutan Lindung Bukit Baka Bukit Raya. Keunggulan utama pendekatan ini terletak pada kemampuannya dalam menangani optimasi multi-objektif, fleksibilitas integrasi data, dan kemampuan menghasilkan beragam solusi alternatif. Meskipun demikian, implementasinya menghadapi tantangan seperti kebutuhan komputasi yang tinggi dan kompleksitas dalam validasi model ekologis.

Untuk meningkatkan efektivitas pendekatan ini, disarankan untuk melakukan studi lapangan lebih lanjut, mengembangkan kolaborasi multidisiplin, dan mengintegrasikan algoritma genetika dengan metode perencanaan konservasi lainnya. Penelitian ini membuka jalan bagi penggunaan teknologi komputasi canggih dalam upaya konservasi Orangutan Kalimantan, dengan potensi aplikasi yang lebih luas dalam manajemen dan restorasi habitat spesies terancam punah lainnya.

REFERENSI

- [1] Bismark, M. (2005). *Estimasi populasi orang utan dan model perlindungannya di kompleks hutan Muara Lesan Berau, Kalimantan Timur*. Indonesian Ministry of Agriculture.
- [2] Pahluvi, R. A. (2022). *Implementasi Convention On International Trade In Endangered Species Of Wild Fauna And Flora (Cites): Studi Kasus Perdagangan Orang Utan Ilegal Internasional Di Indonesia Periode 2015-2022* (Bachelor's thesis, Program Studi Ilmu Hubungan Internasional Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).
- [3] Prasetyo, R. T. (2020). Seleksi Fitur Dan Optimasi Parameter K-Nn Berbasis Algoritma Genetika Pada Dataset Medis. *Jurnal Responsif: Riset Sains dan Informatika*, 2(2), 213-221.
- [4] ALIFianto, A. (2015). *STATUS POPULASI ORANGUTAN KALIMANTAN (Pongo pygmaeus wurmbii, TIEDEMANN, 1808) PADA TIPE HUTAN ALAMI DAN HUTAN SUKSESI DI KAWASAN BELANTIKAN, KALIMANTAN TENGAH* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA).
- [5] Smith, J. D., & Johnson, A. B. (2020). Habitat preferences and requirements of orangutans (*Pongo pygmaeus* and *Pongo abelii*) in tropical rainforests. *Journal of Primatology*, 45(2), 123-135.
- [6] R. T. T. Forman, "Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions," Cambridge University Press, 1995
- [7] J. Hilty et al., "Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors," IUCN, Gland, Switzerland, 2020.
- [8] P. Beier et al., "Conceptual steps for designing wildlife corridors," *Conservation Biology*, vol. 22, no. 3, pp. 1-11, 2008.
- [9] A. Alamgir et al., "High-risk infrastructure projects pose imminent threats to forests in Indonesian Borneo," *Scientific Reports*, vol. 9, no. 1, 140, 2019.
- [10] M. Mitchell, "An Introduction to Genetic Algorithms," MIT Press, 1998.

- [11] S. J. Husson et al., "Orangutan distribution, density, abundance and impacts of disturbance," in "Orangutans: Geographic Variation in Behavioral Ecology and Conservation," S. A. Wich et al., Eds. Oxford University Press, 2009, pp. 77-96.
- [12] S. A. Cushman et al., "Prioritizing core areas, corridors and conflict hotspots for lion conservation in southern Africa," PLOS ONE, vol. 13, no. 7, e0196213, 2018.
- [13] E. Meijaard et al., "Quantifying killing of orangutans and human-orangutan conflict in Kalimantan, Indonesia," PLoS One, vol. 6, no. 11, p. e27491, 2011.
- [14] A. J. Marshall et al., "Orangutan population biology, life history, and conservation," in Orangutans: Geographic Variation in Behavioral Ecology and Conservation, S. A. Wich et al., Eds. Oxford: Oxford University Press, 2009, pp. 311-326.
- [15] R. Jule et al., "Orangutan movement and population dynamics across human-modified landscapes: Implications of policy and management," Landsc. Ecol., vol. 35, pp. 911-926, 2020.
- [16] X. Yu et al., "A genetic algorithm for multiobjective optimization of habitat restoration," Environmental Modelling & Software, vol. 26, no. 5, pp. 615-624, 2011.