

Prinsip 6R Konservasi dan Perlindungan Keanekaragaman Hayati: Menahan Laju Kepunahan dan Ancaman Utama Hidupan Liar di Indonesia

Nestiyanto Hadi^{1,3*}, Noer Sarifah Ainy^{1,3}, Luthfiralda Sjahfirdi², Iqbal Mujadid⁴

¹Program Doktoral Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok

³Program Studi Pendidikan Biologi, STKIP Arrahmaniyah, Depok

⁴Yayasan Temali Indonesia Lestari, Depok

<p><i>Received</i> 28 November 2023</p> <p><i>Revised</i> 1 December 2023</p> <p><i>Accepted</i> 18 December 2023</p>	<p>Abstrak</p> <p>Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi di dunia. Tingkat keanekaragaman hayati Indonesia yang tinggi dipengaruhi oleh beberapa faktor daya dukung lingkungan (<i>carrying capacity</i>) seperti curah hujan, iklim, suhu, topografi, kelembaban, kesuburan tanah dan intensitas cahaya. Keanekaragaman hayati yang ada dapat memengaruhi kebudayaan masyarakat Indonesia terutama dalam hal pemanfaatan bahan alam dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Adanya aktivitas antropogenik dapat memberikan dampak terhadap keanekaragaman hayati yang ada, terutama aktivitas yang tidak mengikuti kaidah dan aturan yang berlaku seperti perburuan secara berlebihan, perdagangan ilegal spesies terancam punah, pencemaran limbah polutan dan alih fungsi habitat. Jika tidak ada upaya untuk melakukan tindakan konservasi dan perlindungan, maka akan berdampak pada terjadinya penurunan jumlah populasi hingga terjadinya kepunahan spesies. Oleh karena itu, prinsip 6R konservasi yang meliputi aktivitas <i>release, relocation, reproduction, restocking, rehabilitation</i> dan <i>research</i> perlu menjadi perhatian dan diimplementasikan di tengah masyarakat. Prinsip 6R telah banyak diterapkan oleh peneliti, pemerintah dan lembaga swadaya masyarakat baik pada skala luas bentang ekosistem maupun skala kecil tingkat spesies. Bertopang pada aktivitas <i>research</i>, diharapkan prinsip 6R secara ilmiah dapat menjadi salah satu upaya menurunkan laju kepunahan dan ancaman utama pada hidupan liar yang ada di Indonesia. Selain itu, prinsip 6R dapat menjadi hal yang baik untuk dikembangkan pada kawasan lindung maupun menjadi gaya hidup berbasis wawasan lingkungan di wilayah perkotaan (<i>urban conservation lifestyle</i>).</p> <p>Kata Kunci: konservasi, 6R, antropogenik, keanekaragaman, hidupan liar.</p>
<p>*Correspondence Nestiyanto Hadi Email: nestiyanto@stkip-arrahmaniyah.ac.id</p>	

Abstract

Indonesia is one of the countries that has a high level of biodiversity in the world. Indonesia's high level of biodiversity is influenced by several environmental carrying capacity factors such as rainfall, climate, temperature, topography, humidity, soil fertility and light intensity. Existing biodiversity can affect the culture of Indonesian society, especially in terms of utilizing natural materials in meeting daily needs. The existence of anthropogenic activities can have an impact on existing biodiversity, especially activities that do not follow applicable rules and regulations such as excessive hunting, illegal trade in endangered species, waste pollution and habitat conversion. If there is no effort to take conservation and protection measures, it will have an impact on the decline in population numbers to the extinction of species. Therefore, the 6R principles of conservation, which include release, relocation, reproduction, restocking, rehabilitation and research, need to be considered and implemented in the community. The 6R principle has been widely applied by researchers, governments and non-governmental organizations both at the broad scale of the ecosystem landscape and the small scale of the species level. Based on research activities, it is hoped that the 6R principle can scientifically become one of the efforts to reduce the extinction rate and the main threats to wildlife in Indonesia. In addition, the 6R principle can be a good thing to be developed in protected areas and become a lifestyle based on environmental insight in urban areas (urban conservation lifestyle).

Keywords: *conservation, 6R, anthropogenic, diversity, wildlife.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi. Bukan tanpa sebab Indonesia memiliki megabiodiversitas hayati, yaitu karena dibentuk oleh keunikan bentang alam dan letak geografisnya. Indonesia tersusun dari sekitar 17.500 pulau dengan letak di antara Benua Asia dan Benua Australia serta memiliki iklim tropis (Bago, 2020). Garis Pantai yang terdapat di Indonesia sekitar 95.181 km dengan luas daratan kurang lebih 2 juta km² dan luas lautan sekitar 7 juta km²

(Kusmana & Hikmat, 2015; BPS-Statistic Indonesia, 2019; Sari dkk., 2020).

Keberadaan Indonesia yang diapit oleh dua benua menyebabkan terjadinya peningkatan distribusi keanekaragaman spesies yang dipengaruhi setiap benua dan memungkinkan pula terbentuknya daratan baru akibat adanya pergerakan lempeng benua yang aktif. Pada Indonesia bagian barat keanekaragaman spesies banyak dipengaruhi dari Benua Asia, pada bagian timur dipengaruhi oleh Benua Australia. Pada bagian tengah yang merupakan wilayah baru hasil adanya tumbukan lempengan dua benua menyebabkan

munculnya spesies peralihan dengan tingkat endemismenya yang tinggi (Wulandari dkk., 2023).

Komposisi kelimpahan spesies Mamalia yang ada di Indonesia mencakup 12% di dunia. Amfibi dan Reptil di Indonesia meliputi 16% dari spesies yang ada di dunia. Terdapat sekitar 15% spesies Aves dunia di Indonesia. Adapun 17% dari

spesies ikan yang ada di dunia terdapat di Indonesia (Bago, 2020). Khusus untuk kelimpahan flora (tabel 1) di Indonesia diperkirakan terdiri sekitar 25% spesies tumbuhan berbunga di dunia dan 40% merupakan endemik asli Indonesia (Kusmana & Hikmat, 2015; Setiawan, 2022).

Tabel 1. Jumlah jenis tumbuhan yang telah dipertelakan di Indonesia sampai dengan tahun 2017 dibandingkan dengan jumlah tumbuhan di dunia (Setiawan, 2022)

Kelompok Tumbuhan	Jumlah spesies di dunia	Jenis yang telah dipertelakan di Indonesia			
		2014	2017		Persen dari jumlah di dunia
			Penambahan dari Tahun 2014	Jumlah	
Jamur ¹⁾	1.500.000	2.081	192	2.273	0,15
Lumut					
Lumut hati ²⁾	7.500	834	15	849	11,32
Lumut sejati (musci) ³⁾	12.800	1.510	334	1.844	14,41
Lumut tanduk ⁴⁾	200	26	2	28	14,00
Lumut kerak ⁵⁾	20.000	595	-83	512	2,56
Pteridofit ⁶⁾	14.200	2.197	-586	1.611	11,35
Spermatofit					
Angiospermae ⁷⁾	257.000	19.112	5.385	24.497	9,53
Gimnospermae ⁸⁾	1.000	120	15	135	13,50
	1.812.700	26.475	5.275	31.750	1,75

Sumber: ¹⁾ Retnowati dan Susan (2019); ²⁾ Haerida (2019); ³⁾ Windadri (2019a); ⁴⁾ Haerida (2019); ⁵⁾ Windadri (2019b); ⁶⁾ Wardani; ⁷⁾ Arifiani; ⁸⁾ Rustiami (2019).

Tingkat keanekaragaman hayati Indonesia yang tinggi dipengaruhi oleh beberapa faktor daya dukung lingkungan (*carrying capacity*). Indonesia yang beriklim tropis memiliki tingkat curah hujan yang tinggi sepanjang tahun berkisar antara 130 hingga 290 mm/bulan (Prasetyo dkk., 2018) dan intensitas cahaya matahari yang tinggi. Suhu rata-rata cenderung stabil yang

berkisar antara 26°C hingga 31,5°C (BPS-*Statistic Indonesia*, 2019; Syaifullah, 2015).

Keanekaragaman hayati yang ada dapat memengaruhi kebudayaan masyarakat Indonesia (Aziz dkk., 2018). Hal tersebut dapat terlihat dari beragamnya pemanfaatan bahan alam yang diolah oleh masyarakat untuk memenuhi kehidupan sehari-hari. Baik sumberdaya alam yang langsung dimanfaatkan, maupun yang

berasal dari olahan turunan dari hasil fermentasi atau produk lainnya (Pristiana dkk., 2017; Gracelia & Dewi, 2022).

Pemanfaatan keanekaragaman hayati oleh masyarakat paling besar digunakan sebagai sumber makanan. Masyarakat juga memanfaatkannya sebagai sumber bahan bangunan (Umami dkk., 2019), bahan fesyen dan kosmetika (Nabilah dkk., 2020). Berkembang pula pemanfaatan keanekaragaman hayati yang digunakan sebagai sumber pengobatan tradisional (Iskandar, 2017; Amaranggana & Wathoni, 2017).

Menurut Gunawan & Mukhlisi (2014) tumbuhan obat yang telah dimanfaatkan oleh Masyarakat Indonesia mencapai 7.500 spesies. Jumlah tersebut setara dengan sekitar 10% dari tumbuhan obat yang ada di dunia. Selain tumbuhan, masyarakat juga memanfaatkan hewan dan mikroorganisme sebagai bahan obat tradisional. Menurut Sulasmi dkk. (2018) kandungan alkaloid, flavonoid, terpenoid, glikosida, tanin dan antibiotik menjadi sumber pengobatan yang terdapat pada keanekaragaman hayati.

Pemanfaatan sumber daya hayati sejatinya dilakukan untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Terdapat beberapa aktivitas sebagian masyarakat yang justru memberikan dampak negatif. Aktivitas yang dimaksud antara lain seperti

melakukan perburuan secara berlebihan (Lampert, 2019), perdagangan ilegal spesies terancam punah (Challender & MacMillan, 2014), pencemaran limbah polutan (Jung dkk., 2018) dan alih fungsi habitat (Anas dkk, 2022).

Aktivitas manusia yang tidak mengikuti kaidah dan aturan yang berlaku akan dapat memicu terjadinya kerusakan ekosistem yang semakin parah dan dapat meningkatkan terjadinya kepunahan spesies. Alih-alih masyarakat mendapatkan manfaat dari aktivitas tersebut, justru memberikan andil menurunkan tingkat keanekaragaman hayati di Indonesia. Oleh karena itu, perlunya pengkajian secara komprehensif mengenai ancaman aktivitas manusia yang berdampak pada kepunahan hidupan liar serta strategi pencegahannya.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan penelusuran literatur ilmiah tentang aktivitas antropogenik, *release*, *relocation*, *reproduction*, *restocking*, *rehabilitation* dan *research* yang berkaitan pada program konservasi. Penelusuran dilakukan melalui Google Scholar pada rentang tahun 2012-2023. Kata kunci pencarian yang digunakan meliputi “konservasi”, “hidupan liar”, “*wildlife release*”, “*wildlife relocation*”, “*wildlife reproduction*”, “*wildlife restocking*”, “*wildlife rehabilitation*”, dan

mencari kutipan yang relevan dengan pembahasan permasalahan pada artikel yang dihasilkan (Pyke & Szabo, 2018). Penyajian dan pembahasan data dilakukan dengan analisis deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ancaman utama pada keekaragaman hayati

Aktivitas antropogenik dapat memberikan dampak terhadap lingkungan dan makhluk hidup di dalamnya (Ibrahim, 2013). Baik pada skala kecil individu, maupun pada skala luas ekosistem. Tidak dapat dipungkiri bahwa aktivitas antropogenik tersebut ada dengan tujuan sebagai pemenuhan kebutuhan hidup manusia.

Sejarah mencatat bahwa kehidupan di bumi pernah terjadi lima kepunahan massal. Kepunahan massal pertama berada pada periode Ordovician-Silurian sekitar 440 juta tahun yang lalu ditandai dengan punahnya organisme kecil laut seperti Trilobita, brachiopods dan koral (Bond & Grasby, 2017). Kepunahan kedua terjadi pada periode Devonian sekitar 360 juta tahun lalu ditandai dengan punahnya sekitar 75% dari seluruh spesies bumi akibat menurunnya oksigen terlarut di lautan (Greshko, 2019). Kepunahan massal ketiga terjadi pada periode Triassic sekitar 250 juta tahun lalu dikenal dengan istilah “*Great*

Dying” atau kepunahan besar ditandai dengan 96% spesies laut dan sekitar tiga dari setiap empat spesies darat punah (Greshko, 2019; Raditya, 2023).

Kepunahan massal keempat berada pada periode Triassic – Jurassic sekitar 200 juta tahun lalu dengan hilangnya 80% spesies darat dan laut secara tiba-tiba (Bond & Grasby, 2017; Raditya, 2023). Kepunahan kelima terjadi pada periode Cretaceous – Paleogene sekitar 66 juta tahun lalu dengan ditandai sekitar 76% dari semua spesies di bumi termasuk semua dinosaurus nonunggas mengalami kepunahan. Jeda antara kepunahan satu dengan yang lainnya terjadi pada rentang waktu yang relatif lama. Kepunahan tersebut terjadi akibat faktor-faktor alami seperti gunung meletus, hujan meteor, gempa bumi, tsunami dan perubahan iklim yang belum dipengaruhi aktivitas antropogenik (Greshko, 2019; Elewa & Abdelhady, 2020).

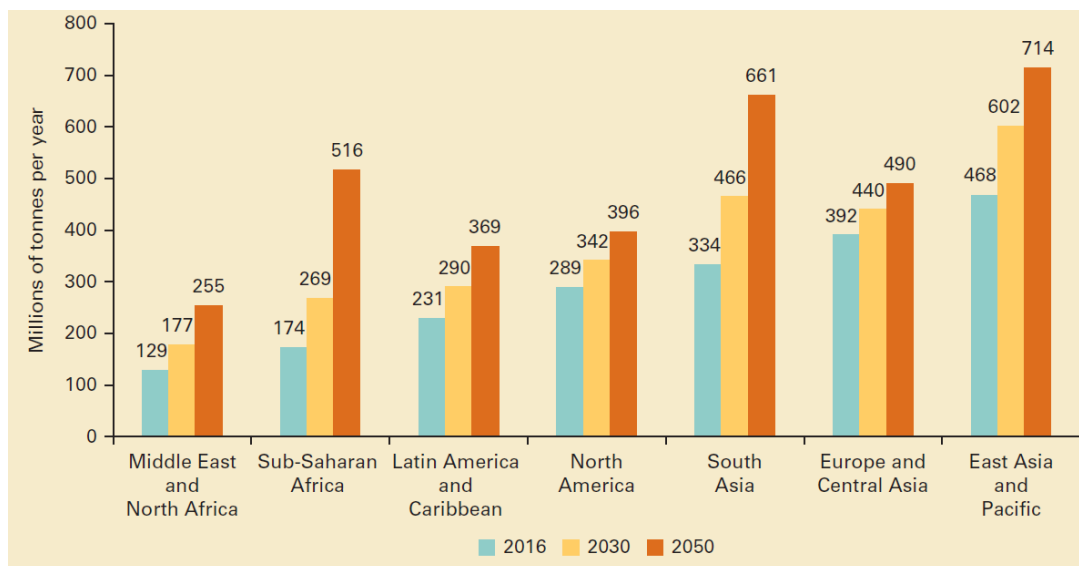
Munculnya aktivitas antropogenik memungkinkan terjadinya kepunahan massal yang keenam dengan rentang durasi waktu yang lebih cepat dibandingkan masa kepunahan sebelumnya (Mahaswa, 2022). Menurut Greshko (2019) kepunahan keenam saat ini terjadi ratusan kali lebih cepat, sehingga diperkirakan kepunahan massal dapat terjadi dalam waktu 240 hingga 540 tahun yang akan datang.

Kerusakan yang muncul dari aktivitas antropogenik terkadang tidak hanya pada satu aspek namun juga dapat menghasilkan efek domino pada beberapa aspek (Greshko, 2019; Elewa & Abdelhady, 2020). Ada banyak aktivitas antropogenik yang dapat menjadi ancaman utama terhadap kepunahan keanekaragaman spesies di Indonesia, pada pembahasan ini akan membahas lima ancaman yang paling berdampak besar.

Aktivitas manusia dalam kegiatan produksi untuk pemenuhan kebutuhan

hidup sehari-hari sebagian besar akan menghasilkan sisa residu atau sampah. Berdasarkan data World Bank, total sampah yang dihasilkan penduduk dunia pada tahun 2016 mencapai 2,017 milyar ton dan diproyeksikan akan meningkat pada tahun-tahun selanjutnya (tabel 2). Sisa sampah tersebut jika masuk ke dalam lingkungan maka akan menjadi limbah polutan yang mencemari habitat tempat hidup organisme. Limbah polutan dapat berbentuk cair, padat dan gas (Sen, 2017).

Tabel 2. Proyeksi jumlah sampah yang dihasilkan setiap region (World Bank, 2018)



Limbah polutan cair yang dihasilkan aktivitas manusia dapat berupa tumpahan minyak yang terjadi karena kebocoran pipa pengeboran, kebocoran kapal tanker saat pendistribusian dan kebocoran pengisian bahan bakar kapal pesiar. Beberapa kejadian terbesar limbah minyak yaitu

tenggelamnya supertanker Torrey Canyon pada tahun 1967 di perairan Inggris dengan tumpah minyak mentah mencapai 119.000 ton minyak mentah (Wells, 2016) dan ledakan sumur bor dari anjungan minyak Deepwater Horizon di Teluk Meksiko tahun 2010 dengan tumpahan minyak mencapai

134 juta gallon (Rafferty, 2019). Bentuk lain limbah polutan cair dapat dihasilkan dari kegiatan tambang dan pabrik yang menghasilkan senyawa kimia yang terlarut di dalam air seperti zat logam berat antara lain berupa merkuri, timbal, cadmium, arsenic dan tembaga. Salah satu kasus terbesar yaitu peristiwa Minamata di Jepang yang mengalami pencemaran metal merkuri dari sebuah pabrik kimia bernama Nippon Chisso (Puteri, 2017).

Limbah polutan cair dapat berasal pula dari kegiatan perikanan dan pertanian. Pemberian pakan ikan yang berlebihan akan menyebabkan peningkatan jumlah fosfor di perairan (Warsa dkk., 2018). Pemberian pupuk yang berlebihan dan penggunaan pestisida sintesis akan larut bersama air hujan masuk sebagai air permukaan (*run off*) ke dalam badan air sungai. Selain itu, limbah polutan cair juga dapat dihasilkan dari aktivitas domestik manusia berupa limbah yang berasal dari penggunaan deterjen untuk pencucian yang banyak mengandung fosfor dan nitrogen (Purnamaningtyas, 2014; Sulistia & Septisya, 2019).

Adanya limbah polutan di perairan dapat menyebabkan terjadinya biomagnifikasi dan bioakumulasi pada organisme akuatik di dalamnya. Dapat pula terjadinya pengayaan zat terlarut atau disebut dengan eutrofikasi. Pada rentang

waktu yang panjang akan dapat berdampak bagi proses pertumbuhan dan perkembangan organisme serta dapat menyebabkan kematian.

Limbah polutan padat yang dihasilkan aktivitas manusia berupa plastik dan sampah anorganik lainnya yang sulit terurai secara alami di alam. Tumpukan sampah plastik yang ada tidak hanya di daerah terestrial namun juga di daerah akuatik. Sampah plastik dapat berupa makroplastik dan mikroplastik (Weinstein dkk., 2016). Limbah makroplastik dampak berdampak pada hewan-hewan akuatik yang bisa tersangkut pada anggota tubuh atau ikut masuk ke dalam tubuh melalui sistem pencernaan. Mikroplastik telah berhasil diidentifikasi dapat masuk ke dalam beberapa organ tubuh organisme.

Limbah polutan gas akibat aktivitas manusia dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil untuk industri dan transportasi kendaraan. Gas buangan yang dihasilkan dapat berupa senyawa Metana, SO_x , NO_x , CO_x dan senyawa berbahaya lainnya (Nur dkk., 2019). Penelitian intensif banyak dilakukan pada limbah polutan gas berupa CO_2 yang saat ini jumlahnya meningkat tajam di atmosfer. Senyawa ini diyakini berkontribusi besar pada terjadi efek rumah kaca (*greenhouse effect*) dan menstimulasi terjadi pemanasan global (*global warming*)

dan perubahan iklim (*climate change*) (Ainy & Hadi, 2021; Kirk-Davidoff, 2018).

Aktivitas manusia yang dapat menjadi ancaman bagi hidupan liar yang selanjutnya yaitu adanya kerusakan habitat karena adanya fragmentasi atau alih fungsi lahan. Tidak dapat dipungkiri jika semakin bertambahnya populasi manusia maka akan bertambah pula pemenuhan kebutuhan akan sumber daya pangan dan tempat tinggal. Meskipun pada awalnya aktivitas ini bertujuan untuk meningkatkan taraf hidup manusia, namun ternyata berdampak pada kerusakan ekosistem dan penurunan keanekaragaman hayati. Alih fungsi lahan yang terjadi di Indonesia antara lain lokasi hutan di daerah Sumatera dan Kalimantan yang dialih fungsikan sebagai budidaya monokultur kelapa sawit (Nugroho, 2018). Menurut data BPS tahun 2021 total lahan kelapa sawit di Indonesia mencapai 14.663,60 ribu hektar (BPS, 2023).

Adapun kegiatan manusia untuk pemenuhan sumber tempat tinggal dilakukan dengan merambah hutan untuk dibangun menjadi perumahan, jalan dan pusat bisnis. Selain itu, beberapa penambangan seperti batu kapur, batu bara, emas, dan logam lainnya dilakukan di kawasan hutan sehingga terjadinya deforestasi (Sonny & Wardhana, 2020; Sanuprpto dkk., 2013; Ramadhany, 2023). Hal tersebut semakin menyebabkan habitat

untuk tempat hidupan liar semakin sempit dan terfragmentasi sehingga dapat terjadi isolasi reproduksi yang berdampak pada penurunan jumlah populasi spesies (Bahiyah dkk., 2013; Prayogo dkk., 2014; Fardila dkk., 2017).

Eksplorasi keanekaragaman yang berlebihan yang dilakukan manusia dapat menjadi ancaman yang serius bagi hidupan liar. Kegiatan ini umum dilakukan pada nelayan yang menggunakan pukat harimau sehingga semua spesies organisme laut dapat terjaring tanpa membedakan ukuran minimal yang diizinkan untuk dipanen. Hal ini menyebabkan terjadi penurunan jumlah induk yang dapat melakukan reproduksi sehingga akan terjadi penurunan jumlah populasi spesies (BBC News Indonesia, 2018). Selain itu, eksploitasi berlebihan dapat terjadi karena adanya perburuan spesies tertentu secara massal tanpa memperhitungkan ambang batas yang ditentukan. Punahnya Burung Dodo (*Raphus cucullatus*) sebagai gambaran kepunahan spesies akibat perburuan. Dodo terakhir punah tahun 1681 karena diburu dan dijadikan santapan pelaut Portugis selama Pelayaran (Yanto, 2022). Perburuan ada yang dilakukan untuk pemenuhan kebutuhan sumber pakan dan ada yang dilakukan karena dianggap sebagai hama. Petani dan pemilik lahan kerap menganggap Orang Utan sebagai hama yang sangat

merugikan (Endah & Sugeng, 2012). Perusahaan sawit ada yang mengupah masyarakat untuk menangkap dan berburu orang utan (BBC News Indonesia, 2018). Perburuan berlebihan yang pernah terjadi antara lain pada hewan penyu, lumba-lumba, burung jalak, reptil dan ular (Nijman dkk., 2012; Chuanwu dkk., 2019; Nijman & Shepherd, 2022).

Ancaman utama pada keanekaragaman hayati dapat pula terjadi karena adanya penyelundupan (Pradana dkk., 2020), perburuan (Setiawan, 2013) dan perdagangan ilegal spesies yang terancam punah (Bangun dkk., 2017). Terdapat beberapa alasan masyarakat melakukan aktivitas terlarang tersebut. Sebagian besar beralasan untuk pengobatan tradisional, meskipun hal ini belum teruji secara klinis. Masyarakat hanya menggunakan asumsi dan testimoni dari yang lainnya (Wyatt dkk., 2020).

Adapula alasan lain dari beberapa masyarakat yang melakukan perburuan dan perdagangan ilegal spesies terancam punah karena sebagai hobi dan menaikkan status sosial. Spesies tersebut ada yang digunakan sebagai pajangan hiasan dan ada pula yang digunakan menjadi bahan fesyen (Wyatt dkk., 2020). Beberapa contoh spesies yang menjadi objek penyelundupan, perburuan dan perdagangan ilegal diantaranya Harimau, cula badak, gading gajah, Orang

Utan dan trenggiling. Berdasarkan data Wong & Krishnasamy (2019) menunjukkan perkiraan Harimau yang disita dari tahun 2000 hingga 2018 di 32 negara sebanyak 2.359 ekor. Tiga negara paling banyak jumlah hasil sitaan yaitu India (463 atau 40,5%), Tiongkok (126 atau 11%) dan Indonesia (119 atau 10,5%) (Wong & Krishnasamy, 2019).

Ancaman lain dari adanya aktivitas antropogenik yaitu adanya introduksi spesies invasif. Spesies invasif adalah organisme yang menyebabkan kerusakan ekologi atau ekonomi di lingkungan baru yang bukan habitat aslinya (Havel dkk., 2015). Spesies invasif dapat menyebabkan kepunahan lokal dari spesies asli, mengubah pola rantai makanan dalam ekosistem yang pada akhirnya dapat mengubah keanekaragaman hayati dan habitat. Kehadiran spesies invasif biasanya tidak bersama dengan predator pemangsanya. Hal tersebut memberikan keuntungan bagi spesies invasif untuk dapat beradaptasi dengan habitat barunya (Blegur & Binsasi, 2022). Kemampuan adaptasi tersebut terkait dengan pemanfaatan sumber pakan, toleransi faktor abiotik-biotik dan keberhasilan reproduksi. Hal inilah yang menjadi kompetitor dengan spesies asli di habitat tersebut sehingga meningkatkan persaingan untuk mempertahankan hidupnya (Umar dkk., 2015).

Meningkatnya mobilitas manusia dan perdagangan internasional, juga pengaruh perubahan iklim telah meningkatkan masuknya spesies baru ke wilayah baru. Hal ini meningkatkan peluang munculnya spesies invasif. Spesies invasif tersebut dianggap sebagai salah satu penyebab hilangnya keanekaragaman hayati di banyak tempat, terutama negara kepulauan.

Kelima ancaman utama pada hidupan liar menjadi faktor yang paling besar berdampak pada kepunahan keanekaragaman hayati. Meskipun demikian, masih terdapat pula ancaman-ancaman lainnya yang ditimbulkan akibat adanya aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Semakin meningkatnya populasi manusia maka semakin meningkat pula aktivitas pemenuhan kebutuhan hidup sehingga semakin meningkat pula ancaman yang ditimbulkan pada keanekaragaman hayati. Perlu adanya kesadaran secara kolektif untuk dapat bertindak secara bijak dalam memanfaatkan keanekaragaman hayati yang ada di Indonesia agar dapat menghasilkan pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*).

B. Strategi Konservasi

Upaya pelestarian ekosistem dan keanekaragaman hayati telah banyak dilakukan oleh berbagai pihak. Pada

lingkup dunia, program konservasi dipimpin langsung oleh Perserikatan Bangsa Bangsa di bawah lembaga *United Nations Environment Programme* (UNEP). Beberapa konvensi isu lingkungan yang dihasilkan antara lain *Convention on Wetlands of International Importance* (Ramsar Convention) (Goodwin, 2017), *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES) (Bergesen dkk., 2018), *Convention on Biological Diversity* (CBD) (Essl dkk., 2020) dan yang terakhir yaitu *Sustainable Development Goals* (SDGs) (Allen dkk., 2018).

Konvensi yang telah ditetapkan pada tingkat dunia, umumnya akan diratifikasi oleh negara anggota PBB. Untuk selanjutnya menjadi acuan pembentukan peraturan di tingkat lokal negara masing-masing. Begitu pula yang dilakukan oleh pemerintah Indonesia sebagai negara anggota PBB melakukan hal yang sama.

Terdapat beberapa Undang-Undang dan Peraturan mengenai implementasi konservasi yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Indonesia. Pada tahun 1967 diterbitkan Undang-Undang No. 5 tentang perlindungan lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam. Selanjutnya lahir Undang-Undang No. 5 Tahun 1990 yang mengatur tentang konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistem.

Pemerintah melengkapi undang-undang yang telah ada dengan menerbitkan Peraturan Pemerintah No. 60 Tahun 2007 mengenai kawasan lindung dan Upaya perlindungannya dan Peraturan Presiden No. 99 Tahun 2004 mengenai pelestarian keanekaragaman hayati, konservasi dan pemanfaatan yang berkelanjutan.

Penerapan peraturan-peraturan yang ditetapkan pemerintah telah membuahkan beberapa capaian keberhasilan. Pada tahun 2021 tercatat pemerintah telah berhasil menetapkan sebanyak 54 Taman Nasional, 21 Cagar Alam dan 6 Biosfer. Meskipun dalam pengelolaannya masih perlu ditingkatkan dan penegakan hukum yang tegas bagi oknum yang melanggar.

Selain kegiatan konservasi yang dilakukan sendiri oleh pemerintah, banyak pula program yang dilakukan dengan melakukan kolaborasi bersama lembaga swadaya masyarakat dan pihak swasta lainnya. Beberapa keberhasilan konservasi antara lain konservasi Orang Utan di Tanjung Puting dan Taman Nasional Gunung Leuser (Rahmawati, 2017; Susilawati dkk., 2020), konservasi Komodo di Taman Nasional Komodo (Hidyarko dkk., 2021), konservasi Gajah Sumatra di Suaka Margasatwa Way Kambas (Santosa & Masyud, 2022) dan konservasi terumbu karang di Taman Nasional Raja Ampat (Qodir dkk., 2023).

Konservasi yang telah dilakukan di Taman Nasional atau di wilayah lindung lainnya sudah sangat maju dan berkembang. Pada lokasi lainnya seperti di wilayah perkotaan (*urban*) atau di lahan kritis belum banyak aktivitas konservasi di dalamnya. Padahal, lokasi tersebut masih dapat dijumpai satwa liar yang hidup dan beradaptasi untuk tumbuh dan berkembang. Hal ini menjadi tantangan sekaligus peluang bagi para praktisi untuk dapat mengembangkan aktivitas konservasi pada habitat tersebut. Dalam hal ini, prinsip 6R dapat menjadi sebuah alternatif kegiatan konservasi yang dilakukan di wilayah perkotaan sehingga dapat menjadi sebuah kebiasaan yang positif (Gambar 1). Kebiasaan tersebut diharapkan dapat menjadi gaya hidup konservasi perkotaan atau dikenal dengan istilah *Urban Conservation Lifestyle*.



Gambar 1. Prinsip 6R Konservasi

Prinsip 6R konservasi meliputi aktivitas *release*, *relocation*, *reproduction*, *restocking*, *rehabilitation* dan *research*. Berikut penjabaran Prinsip 6R dalam konservasi:

1. *Release*

Aktivitas *release* adalah gerakan penyadartahuan melalui kegiatan pelepasan spesies hasil tangkapan dan mengembalikannya ke alam. Spesies yang yang dilepaskan kembali ke alam merupakan spesies asli penghuni suatu habitat yang keberadaannya mulai terancam, baik secara lokal maupun global. Adapun, spesies yang sebaiknya dimanfaatkan dan tidak boleh dilepaskan kembali ke alam adalah spesies introduksi dan spesies invasif. Contoh kegiatan *release* adalah Temali menghimbau kepada para pemancing tradisional untuk melepasliarkan kembali ikan lokal hasil pancingan. Kegiatan ini dilaksanakan pada saat pertemuan Komunitas Malibo (Komunitas Mancing Liar Bogor), MLD (Komunitas Mancing Liar Depok) serta pemancing perseorangan. Spesies *release* yang tidak boleh dilakukan contohnya melepaskan kembali ikan Red Devil (*Amphilophus labiatus*), ikan Nila (*Oreochromis niloticus*), ikan Lele Dumbo (*Clarias sp.*), dan ikan lainnya yang berpotensi invasif.

2. *Relocation*

Relocation merupakan kegiatan memindahkan spesies dari lahan kritis ke lokasi baru dengan tingkat kemungkinan bertahan hidup yang lebih tinggi. Urgensi kegiatan relokasi ditujukan untuk daerah dengan lahan yang terdegradasi, lahan yang akan dialihfungsikan dan lahan konflik yang berpotensi membahayakan. Contoh lahan yang terdegradasi adalah suatu perairan yang tercemar sehingga mengancam kehidupan ikan lokal penghuni asli perairan tersebut. Contoh lingkungan yang dialihfungsikan adalah pengurukan rawa untuk perumahan.

Kegiatan relokasi dari potensi konflik adalah relokasi ular yang keberadaannya terlalu dekat dengan aktivitas warga dan masuk ke dalam rumah. Ular tersebut direlokasi ke daerah baru yang minim potensi konflik dengan manusia. Prasyarat daerah relokasi spesies diantaranya adalah daerah yang minim potensi konflik dengan manusia, tidak ada rencana alih fungsi lahan dalam waktu dekat, dan memiliki daya dukung kehidupan bagi spesies tersebut (Cornelis dkk., 2021).

3. *Reproduction*

Aktivitas *reproduction* adalah kegiatan mengaplikasikan teknik budidaya,

ternak, atau domestikasi spesies asli yang keberadaannya di alam mulai menurun ataupun telah hilang secara lokal (Manlik dkk., 2016). Teknik budidaya yang dilakukan diupayakan sealami mungkin sesuai dengan perilaku reproduksi spesies tersebut. Misalnya diupayakan menggunakan substrat alami, tanpa penggunaan hormon dan obat-obatan.

Pemeliharaan anakan diupayakan semirip mungkin dengan habitat aslinya. Upaya alami ini dimaksudkan agar spesies yang direproduksi ini siap bertahan di alam setelah dilepasliarkan. Contohnya kegiatan budidaya ikan Tembakang (*Helostoma temminckii*) yang dipijahkan secara alami dan diberi pakan alami berupa lumut, *Artemia*, dan *Tubifex* (Ubamata dkk., 2015).

4. *Restocking*

Restocking merupakan strategi konservasi yang bertujuan untuk membantu mengembalikan kembali jumlah populasi spesies yang terancam atau mengalami kepunahan lokal ke habitat aslinya. *Restocking* dikenal pula dengan istilah reintroduksi spesies. Program *restocking* umumnya pelepasliaran spesies pada fase muda (juvenil) hasil dari program reproduksi (Gil dkk., 2015a).

Pemilihan fase juvenil pada *restocking* didasarkan pada kemampuan

adaptasi di alam liar yang lebih baik dibandingkan fase dewasa yang umumnya telah dipengaruhi perilaku-perilaku selama di penangkaran. Selain itu, memproduksi fase juvenil lebih efisien secara ekonomi (Gil dkk., 2015b). Meskipun demikian, terdapat tantangan pada program *restocking* karena fase juvenil memiliki tingkat kematian yang lebih tinggi dibandingkan fase dewasa. Oleh karena itu, perlu adanya tindak lanjut pemantauan (*monitoring*) dan evaluasi (*evaluating*) kemampuan fase juvenil yang dilepasliarkan ke alam liar.

Kriteria spesies yang perlu dilakukan *restocking* antara lain dapat mengacu pada salah satu kondisi berikut: (1) mengalami penurunan jumlah populasi yang signifikan pada suatu habitat; (2) terjadinya kepunahan lokal pada suatu habitat; atau (3) masuk ke dalam kategori *red list* IUCN. Penentuan kriteria ini dilakukan sebagai bentuk skala prioritas program konservasi yang dilakukan mengingat ada banyak spesies yang terancam.

Lokasi pelepasliaran program *restocking* perlu memenuhi beberapa persyaratan. Syarat pertama lokasi pelepasliaran yaitu merupakan habitat asli spesies dan memiliki daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) yang baik. Syarat selanjutnya yaitu minimnya kerusakan habitat yang terjadi baik karena

aktivitas antropogenik maupun potensi bencana alam. Syarat lainnya yaitu jika lokasi pelepasliaran merupakan habitat yang sebelumnya mengalami kerusakan akibat pertambangan dan telah direhabilitasi maka perlu diminimalkan akumulasi logam berat atau cemaran senyawa kimia lainnya. Kesemua syarat tersebut bertujuan untuk dapat menopang pertumbuhan dan perkembangan spesies *restocking*.

Program *restocking* yang berhasil ditunjukkan jika populasi spesies yang dilepasliarkan dapat bertahan hidup hingga dewasa dan mampu melakukan reproduksi secara alami di habitat. Peningkatan jumlah populasi spesies secara mandiri dan kestabilan struktur usia serta generasi induk selanjutnya menjadi tujuan akhir dari program *restocking* (Gil, 2015a). Namun demikian, keberhasilan jangka pendek dari program *restocking* memastikan setidaknya populasi spesies yang dilepasliarkan dapat mencapai kematangan seksual sehingga berpotensi untuk berkembangbiak. Dengan demikian, monitoring dan evaluasi kelangsungan hidup (sintasan) juvenil setelah pelepasliaran menjadi parameter penting dalam menilai tingkat keberhasilan.

Program *restocking* umumnya dilakukan pada spesies dari kelompok pisces, amfibi, reptil dan aves. Salah satu kegiatan *restocking* yang dilakukan oleh

Hadi, dkk (2020) yaitu di Sungai Ciliwung bagian hulu dengan melepaskan ikan ikan Soro (*Tor putitora*) ikan nilam (*Osteochilus vittatus*).

5. *Rehabilitation*

Rehabilitation menjadi salah satu program konservasi yang dapat dilakukan pada tingkat spesies maupun pada tingkat ekosistem. Rehabilitasi spesies meliputi perawatan yang diberikan pada individu yang terluka, sakit, kehilangan induk, atau yang mengalami cekaman akibat bencana alam atau aktivitas antropogenik. Aktivitas rehabilitasi berupaya untuk menyembuhkan cedera dan penyakit, memberikan nutrisi yang tepat, mengembalikan perilaku alami individu sehingga dapat meningkatkan kesempatan untuk dapat kembali beradaptasi di alam liar (Pyke & Szabo, 2018).

Adapun rehabilitasi habitat merupakan kegiatan yang memulihkan kembali habitat yang telah rusak atau terdegradasi. Pemulihan dilakukan dengan cara menanam kembali tumbuhan yang memiliki kemampuan beradaptasi serta kemampuan tumbuh dan berkembang yang tinggi. Tumbuhan tersebut diharapkan dapat menjadi pionir dan menyediakan sumber pakan dan tempat tinggal bagi satwa lainnya. Rehabilitasi habitat umumnya dilakukan pada hutan sisa penambangan,

hutan sisa kebakaran atau pada lahan pesisir yang ditumbuhi oleh mangrove.

6. *Research*

Aktivitas *research* atau penelitian merupakan kegiatan yang menjadi tulang punggung dari kelima prinsip yang telah dijabarkan di muka. Penelitian dilakukan mencakup aspek pra-kegiatan, pelaksanaan kegiatan, dan evaluasi kegiatan. Aktivitas *release*, *relocation*, *reproduction*, *restocking*, dan *rehabilitation* yang dikombinasikan dengan *research* akan dapat meningkatkan pengetahuan dan konservasi hidupan liar (Pyke & Szabo, 2018). Penelitian ini penting dilakukan untuk memastikan kegiatan yang dilakukan dapat menghasilkan dampak yang terbaik bagi kegiatan konservasi.

KESIMPULAN

Aktivitas antropogenik dapat memberikan dampak negatif bagi ekosistem dan keanekaragaman hayati. Kerusakan yang disebabkan aktivitas antropogenik dapat berupa hilangnya habitat karena fragmentasi atau degradasi, pencemaran habitat, perubahan iklim, eksploitasi dan perdagangan ilegal spesies terancam serta adanya kehadiran invasif spesies. Semakin besar cekaman yang dihasilkan dari aktivitas antropogenik maka semakin meningkat pula ancaman penurunan

populasi hingga kepunahan spesies di habitatnya.

Upaya pemerintah dan lembaga swadaya masyarakat untuk dapat mengurangi laju kepunahan terus dilakukan. Pengelolaan wilayah perlindungan saat ini sudah relatif maju dan berkembang meskipun tetap perlu adanya peningkatan dan pemantauan secara berkala. Namun demikian, muncul tantangan untuk dapat melakukan konservasi pada wilayah perkotaan (*urban*) yang masih dapat dijumpai beberapa spesies liar hidup beradaptasi dan berkembang biak. Prinsip 6R yang meliputi aktivitas *release*, *relocation*, *reproduction*, *restocking*, *rehabilitation* dan *research* diharapkan mampu menjadi solusi dalam menerapkan konservasi di habitat perkotaan. Dengan keterbatasan sumber daya habitat yang tersisa dan dengan penentuan bentuk aktivitas konservasi yang tepat dapat memberikan kesempatan spesies hidupan liar untuk terus hidup dan berkembang biak sehingga dapat terhindar dari penurunan jumlah populasi yang signifikan atau kepunahan spesies.

DAFTAR PUSTAKA

Ainy, N. S., & Hadi, N. (2021). Making Learning Media for Greenbox Effect

- Simulator to Improve Understanding of The Concept of The Greenhouse Effect. *JHSS (Journal of Humanities and Social Studies)*, 5(1), 11-16.
- Allen, C., Metternicht, G., & Wiedmann, T. (2018). Initial progress in implementing the Sustainable Development Goals (SDGs): A review of evidence from countries. *Sustainability science*, 13, 1453-1467.
- Amaranggana, L., & Wathoni, N. (2017). Manfaat alga merah (Rhodophyta) sebagai sumber obat dari bahan alam. *Majalah Farmasetika*, 2(1), 16-19.
- Anas, P., Ruchimat, T., & Jubaedah, I. (2022). Dampak Aktivitas Manusia Terhadap Keberlanjutan Sumberdaya Perikanan Danau Lido Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Ikan*, 1(1), 305-317. <https://doi.org/10.32491/Semnasikan-MII-2022-p.305-317>
- Arifiani D. (2019). Kekayaan jenis spermatofit: angiospermae dalam Retnowati A, Rugayah, Rahajoe JS, dan Arifiani D (ed.) Status Keanekaragaman Hayati Indonesia: Kekayaan jenis tumbuhan dan jamur Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta.
- Aziz, I. R., Raharjeng, A. R. P., & Susilo, S. (2018). Peran etnobotani sebagai upaya konservasi keanekaragaman hayati oleh berbagai suku di Indonesia. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 4, No. 1).
- Bago, A. S. (2020). Identifikasi Keragaman Famili Araceae sebagai Bahan Pangan, Obat, dan Tanaman Hias di Desa Hilionaha Kecamatan Onolalu Kabupaten Nias Selatan. *Jurnal education and development*, 8(4), 695-695.
- Bahiyah, B., Solihin, D. D., & Affandi, R. (2013). Variasi genetik populasi ikan brek (*Barbonymus balleroides* Val. 1842) sebagai dampak fragmentasi habitat di Sungai Serayu [Genetic variation of population barb (*Barbonymus balleroides* Val. 1842) as habitat fragmentation impact in Serayu River]. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 13(2), 175-186.
- Bangun, P., Putranti, I. R., & Hanura, M. (2017). Efektivitas Kerjasama WWF Indonesia–Bbskda Riau dalam Memerangi Perdagangan Ilegal Gading Gajah Sumatera di Provinsi Riau 2010-2015. *Journal*

- of International Relations*, 3(4), 74-83.
- BBC News Indonesia. 2018. Orang utan: Dipenggal, Dipotong Tangan Sebagai Bukti, dan Dijadikan Lauk. <https://www.bbc.com/indonesia/trensosial-42879943> Dikses Selasa, 28 November 2023.
- Bergesen, H. O., Parmann, G., & Thommessen, Ø. B. (2018). Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). In *Year Book of International Co-operation on Environment and Development* (pp. 156-157). Routledge.
- Blegur, W. A., & Binsasi, R. (2022). Ancaman Spesies Invasif Di Hutan Produksi Oinbit Kabupaten Timor Tengah Utara. *Syntax Idea*, 4(1), 228-239.
- Bond, D. P., & Grasby, S. E. (2017). On the causes of mass extinctions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 478, 3-29.
- BPS-Statistic Indonesia. (2023). Statistik Indonesia: Luas Tanaman Perkebunan Menurut Provinsi Tahun 2019-2021. Badan Pusat Statistik/BPSStatistics Indonesia. <https://www.bps.go.id/indicator/54/131/1/luas-tanaman-perkebunan-menurut-provinsi.html>. Diakses 26 November 2023.
- BPS-Statistic Indonesia. (2019). Statistik Indonesia: Statistical Yearbook of Indonesia 2018. Badan Pusat Statistik/BPSStatistics Indonesia.
- Challender, D. W., & MacMillan, D. C. (2014). Poaching is more than an enforcement problem. *Conservation Letters*, 7(5), 484-494.
- Chuanwu, C., Yanfu, Q., Xianfeng, Z., & Yanping, W. (2019). Human overexploitation and extinction risk correlates of Chinese snakes. *Ecography*, 42(10), 1777-1788.
- Cornelis, J., Parkin, T., & Bateman, P. W. (2021). Killing them softly: a review on snake translocation and an Australian case study. *Herpetological Journal*, 31(3).
- Elewa, A. M., & Abdelhady, A. A. (2020). Past, present, and future mass extinctions. *Journal of African Earth Sciences*, 162, 103678.
- Endah, H.S., & Sugeng, S. 2012. Orang Utan Si Pintar yang Terancam Punah. Penerbit BESTARI KIDS, Jakarta Timur.

- Essl, F., Latombe, G., Lenzner, B., Pagad, S., Seebens, H., Smith, K., Wilson, J.R. and Genovesi, P., 2020. The Convention on Biological Diversity (CBD)'s Post-2020 target on invasive alien species—what should it include and how should it be monitored?.
- Fardila, D., Kelly, L. T., Moore, J. L., & McCarthy, M. A. (2017). A systematic review reveals changes in where and how we have studied habitat loss and fragmentation over 20 years. *Biological Conservation*, 212, 130-138.
- Gil, M. D. M., Palmer, M., Grau, A., & Balle, S. (2015a). Many vulnerable or a few resilient specimens? Finding the optimal for reintroduction/restocking programs. *PloS one*, 10(9), e0138501.
- Gil, M. D. M., Palmer, M., Hernández Llorente, M. D., Gran, A., Durán, J., García García, B., Jover, M. & Pastor, E. (2015b). Rearing diet may determine fish restocking success: a case study of hatchery-reared juvenile meagre," *Argyrosomus regius*".
- Goodwin, E. J. (2017). Convention on Wetlands of International Importance, Especially as Waterfowl Habitat 1971 (Ramsar). In *Elgar Encyclopedia of Environmental Law* (pp. 101-108). Edward Elgar Publishing.
- Gracelia, K. D., & Dewi, L. (2022). Penambahan Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) Pada Fermentasi Tempe Sebagai Peningkat Antioksidan dan Pewarna Alami. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(1), 25-31.
- Greshko, Michael. (2019). What are Mass Extinctions, and What Causes Them?. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/mass-extinction>. Diakses 24 November 2023.
- Gunawan, W dan Mukhlisi. 2014. Bioprospeksi: Upaya Pemanfaatan Tumbuhan Obat Secara Berkelanjutan di Kawasan Konservasi. Prosiding Seminar Balitek KSDA: Tumbuhan Obat dari Hutan; Konservasi, Budidaya dan Pemanfaatan, Editors: I. Yassir, T, Atmoko dan B.S. Sitepu. Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumberdaya Alam, Balikpapan, 3 Desember 2014.
- Hadi, N., Ainy, N. S., & Rais, M. (2020). Konservasi Hulu Sungai Ciliwung Dengan Kegiatan Restocking Ikan Asli (Indigenous Species). *Jurnal Pengabdian*

- Masyarakat Ilmu Keguruan dan Pendidikan (JPM-IKP)*, 3(1), 18-23.
- Haerida I. (2019). Kekayaan jenis tumbuhan berspora: lumut bertanduk dalam Retnowati A, Rugayah, Rahajoe JS, dan Arifiani D (ed.) Status Keanekaragaman Hayati Indonesia: Kekayaan jenis tumbuhan dan jamur Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI): Jakarta.
- Havel, J. E., Kovalenko, K. E., Thomaz, S. M., Amalfitano, S., & Kats, L. B. (2015). Aquatic invasive species: challenges for the future. *Hydrobiologia*, 750, 147-170.
- Hidyarko, A.I.F., Gayatri, A.C., Rifa, V.A., Astuti, A., Kusumaningrum, L., Mau, Y.S., Rudiharto, H. And Setyawan, A.D., (2021). Reviews: Komodo National Park as a conservation area for the komodo species (*Varanus komodoensis*) and sustainable tourism (ecotourism). *International Journal of Tropical Drylands*, 5(1).
- Ibrahim, M. H. (2013). Aktiviti Antropogenik dan Kesannya Terhadap Perubahan Lanskap Permukaan: Satu Kajian Observasi di Ipoh, Perak, Malaysia: Anthropogenic Activities and Their Effects on Surface Landscape: An Observation Study in Ipoh, Perak, Malaysia. *Perspektif Jurnal Sains Sosial dan Kemanusiaan*, 5(2), 15-28.
- Iskandar, J. (2017). Etnobiologi dan keragaman budaya di indonesia. *Umbara*, 1(1).
- Jung, S. J., Mehta, J. S., & Tong, L. (2018). Effects of environment pollution on the ocular surface. *The ocular surface*, 16(2), 198-205.
- Kirk-Davidoff, D. (2018). The greenhouse effect, aerosols, and climate change. In *Green chemistry* (pp. 211-234). Elsevier.
- Kusmana, C., & Hikmat, A. (2015). Keanekaragaman hayati flora di Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 5(2), 187-187.
- Lampert, A. (2019). Over-exploitation of natural resources is followed by inevitable declines in economic growth and discount rate. *Nature communications*, 10(1), 1419.
- Mahaswa, R. K. (2022). Tapal Batas Krisis Lingkungan Hidup Perspektif Materialisme Baru. *Ideas: Jurnal Pendidikan, Sosial, dan Budaya*, 8(4), 1351-1360.

- Manlik, O., McDonald, J. A., Mann, J., Raudino, H. C., Bejder, L., Krützen, M., Connor, R.C., Heithaus, M.R., Lacy, R.C. & Sherwin, W. B. (2016). The relative importance of reproduction and survival for the conservation of two dolphin populations. *Ecology and Evolution*, 6(11), 3496-3512.
- Nabilah, F., Herawati, E., & Ambarwati, N. S. S. (2020). Formulasi dan Evaluasi Sediaan Kosmetik Pewarna Rambut dari Ekstrak Kulit Batang Secang (*Caesalpinia sappan* L.). *Jurnal Tata Rias*, 10(1), 48-60.
- Nijman, V., & Shepherd, C. R. (2022). Trade in Southeast Asian Box Turtles from Indonesia: Legality, Livelihoods, Sustainability and Overexploitation. *Diversity*, 14(11), 970.
- Nijman, V., Shepherd, C. R., & Sanders, K. L. (2012). Over-exploitation and illegal trade of reptiles in Indonesia. *The Herpetological Journal*, 22(2), 83-89.
- Nur, M., Sumariyah, S., & Suseno, A. (2019, April). Removal of emission gas CO_x, NO_x and SO_x from automobile using non-thermal plasma. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 509, No. 1, p. 012085). IOP Publishing.
- Pradana, R., Silalahi, K. A. R., & Veronica, M. (2020). Upaya Penanggulangan Tindak Pidana Penyelundupan Kerang Langka Jenis Nautilus Pompilius. *Jurnal Yuridis*, 7(1), 170-190
- Prasetyo, B., Irwandi, H., & Pusparini, N. (2018). Karakteristik curah hujan berdasarkan ragam topografi di Sumatera Utara. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19(1), 11-20.
- Prayogo, H., Thohari, A. M., Sholihin, D. D., & Prasetyo, L. B. (2014). Karakter Kunci Pembeda antara Orang Utan Kalimantan (Pongo Pygmaeus) dengan Orang Utan Sumatera (Pongo Abellii). *Bionatura*, 16(1).
- Pristiana, D. Y., Susanti, S., & Nurwantoro, N. (2017). Aktivitas Antioksidan Dan Kadar Fenol Berbagai Ekstrak Daun Kopi (*Coffea* sp.): Potensi Aplikasi Bahan Alami Untuk Fortifikasi Pangan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(2).
- Purnamaningtyas, S. E. (2014). Distribusi konsentrasi oksigen, nitrogen dan fosfat di Waduk Saguling, Jawa Barat. *LIMNOTEK-*

- Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 21(2).
- Puteri, Y. E. (2017). Tragedi Minamata: Tinjauan Dampak Industrialisasi Jepang Pasca Perang Dunia II. *Jurnal Bahasa Asing*, 13(13), 59.
- Pyke, G. H., & Szabo, J. K. (2018). Conservation and the 4 Rs, which are rescue, rehabilitation, release, and research. *Conservation Biology*, 32(1), 50-59.
- Qodir, F., Maisaroh, D. S., Violando, W. A., Johan, O., & Waspododo, S. (2023). Zoning Effectiveness of Marine Nature Reserve Conservation Areas (SAP) Raja Ampat Islands Against Coral Reef Protection. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 420-431.
- Raditya, A. (2023). Protektifitas Satwa Langka di Indonesia Melalui UU No. 5 Tahun 1990. *Jurnal Hukum Pidana dan Kriminologi*, 4(1), 57-63.
- Rafferty, John. (2019). 9 of the Biggest Oil Spills in History. <https://www.britannica.com/explore/savingearth/9-biggest-oil-spills-in-history>. Diakses 26 November 2023.
- Rahmawati, R. (2017). Upaya Penyelamatan Orang Utan Kalimantan dari Kepunahan di Taman Nasional Tanjung Puting. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- Ramadhany, Nugraha. (2023). Laju Deforestasi Hutan Akibat Aktivitas Pertambangan di Provinsi Kalimantan Timur. *Rekayasa Hijau-Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 7(1).
- Retnowati A dan Susan D. (2019). Kekayaan jenis jamur dalam Retnowati A, Rugayah, Rahajoe JS, dan Arifiani D (ed.) Status Keanekaragaman Hayati Indonesia: Kekayaan jenis tumbuhan dan jamur Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta.
- Rustiami H. (2019). Kekayaan jenis spermatofit: gimnospermae dalam Retnowati A, Rugayah, Rahajoe JS, dan Arifiani D (ed.) Status Keanekaragaman Hayati Indonesia: Kekayaan jenis tumbuhan dan jamur Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta.
- Santosa, Y., & Masyud, B. (2022). Habitat Factors That Determine the Movement Of Sumatran Elephants In Way Kambas National Park. *International Journal of*

- Conservation Science*, 13(4), 1237-1248.
- Sari, R. P., Sunarti, N. R., & Walid, A. (2020). Dampak Dampak Pencemaran Pantai Tapak Paderi Kota Bengkulu Akibat Sampah Terhadap Kelestarian Laut di Indonesia. *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, 1(3), 109-112.
- Sen, T. K. (Ed.). (2017). *Air, gas, and water pollution control using industrial and agricultural solid wastes adsorbents*. CRC Press.
- Setiawan, A. (2022). Keanekaragaman hayati Indonesia: Masalah dan upaya konservasinya. *Indonesian Journal of Conservation*, 11(1), 13-21.
- Setiawan, H. (2013). Ancaman terhadap populasi kima (*Tridacnidae* sp.) dan upaya konservasinya Di Taman Nasional Taka Bonerate. *Buletin Eboni*, 10(2), 137-147.
- Sonny, S., & Wardhana, I. (2020). Pertambangan Dan Deforestasi: Studi Perizinan Tambang Batubara Di Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Renaissance*, 5(2), 681-690.
- Sulasmi, E. S., Wuriana, Z. F., Sari, M. S., & Suhadi, S. (2018, September). Analisis Kualitatif Kandungan Senyawa Aktif (Flavonoid, Alkaloid, Polifenol, Saponin, Terpenoid dan Tanin) pada Ekstrak Metanol Daun dan Rhizoma *Phymatodes scolopendria* (Burm.) Ching di Taman Nasional Baluran. In *Prosiding Seminar Nasional Hayati* (Vol. 6, pp. 121-128).
- Sulistia, S., & Septisya, A. C. (2019). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 12(1).
- Sunuprpto, H., Danudoro, P., & Ritohardoyo, S. (2013). Deforestasi Dan Degradasi Hutan Akibat Kegiatan Tambang Emas Di Kawasan Hutan Gunung Pani: Metode Pemantauan Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal. *Tengkawang: Jurnal Ilmu Kehutanan*, 3(1).
- Susilawati, S. S., Fauzi, A., Kusmana, C., & Santoso, N. (2020). Strategi dan kebijakan dalam pengelolaan wisata konservasi Orang Utan sumatera (*Pongo abelii*) di Bukit Lawang Kabupaten Langkat Sumatera Utara. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 10(1), 1-11.

- Syaifullah, M. D. (2015). Suhu Permukaan Laut Perairan Indonesia dan Hubungannya dengan Pemanasan Global. *Jurnal Segara*, 11(2), 103-113.
- Ubamnata, B., Diantari, R., & Hasani, Q. (2015). Kajian Pertumbuhan Ikan Tembakang (*Helostoma temminckii*) Di Rawa Bawang Latak Kabupaten Tulang Bawang, Lampung Growth Study of Fish Tembakang (*Helostoma temminckii*) In Rawa Bawang Latak Tulang Bawang, Lampung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* Vol, 15(2), 90-99.
- Umami, R., As'ari, H., & Kurnia, T. I. D. (2019). Identifikasi Jenis Tanaman Bermanfaat Sebagai Bahan Bangunan Dan Kerajinan Suku Using Kabupaten Banyuwangi Ditinjau Dari Segi Etnobotani. *Jurnal Biosense*, 2(02), 46-57.
- Umar, C., Kartamihardja, E. S., & Aisyah, A. (2015). Dampak Invasif Ikan Red Devil (*Amphilophus citrinellus*) terhadap Keanekaragaman Ikan di Perairan Umum Daratan di Indonesia. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 7(1), 55-61.
- Wardani W. (2019). Kekayaan jenis tumbuhan berspora dalam Retnowati A, Rugayah, Rahajoe JS, dan Arifiani D (ed.) Status Keanekaragaman Hayati Indonesia: Kekayaan jenis tumbuhan dan jamur Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta.
- Warsa, A., Hariyadi, J., & Astuti, L. P. (2018). Mitigasi beban fosfor dari kegiatan budidaya dengan penebaran ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 259-266.
- Weinstein, J. E., Crocker, B. K., & Gray, A. D. (2016). From macroplastic to microplastic: Degradation of high-density polyethylene, polypropylene, and polystyrene in a salt marsh habitat. *Environmental toxicology and chemistry*, 35(7), 1632-1640.
- Wells, P. G. (2017). The iconic Torrey Canyon oil spill of 1967-Marking its legacy. *Marine pollution bulletin*, 115(1-2), 1-2.
- Windadri FI. (2019a). Kekayaan jenis tumbuhan berspora: lumut sejati dalam Retnowati A, Rugayah, Rahajoe JS, dan Arifiani D (ed.) Status Keanekaragaman Hayati

- Indonesia: Kekayaan jenis tumbuhan dan jamur Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta.
- Windadri FI. (2019b). Kekayaan jenis tumbuhan berspora: lumut kerak (lichens) dalam Retnowati A, Rugayah, Rahajoe JS, dan Arifiani D (ed.) Status Keanekaragaman Hayati Indonesia: Kekayaan jenis tumbuhan dan jamur Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta.
- Wong, R. & Krishnasamny, K. (2019). Skin and Bone Unresolved: An Analysis of Tiger
- World Bank. (2018). Trends in Solid Waste Management. <https://datatopics.worldbank.org/wh-at-a-waste/trends-in-solid-waste-management.html>. Diakses 26 November 2023.
- Wulandari, A., Sari, R. Y., & Sulistyaningsih, D. (2023). Perbedaan Mamalia di Sulawesi Dan di Sumatera dari Sudut Pandang Biodiversitas. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Lingkungan Wilayah Pesisir*, 1(1), 1-8.
- Wyatt, T., van Uhm, D., & Nurse, A. (2020). Differentiating criminal networks in the illegal wildlife trade: organized, corporate and disorganized crime. *Trends in Organized Crime*, 23, 350-366.
- Yanto, A. (2022). Hukum dan Manusia: Riwayat Peralihan Homo Sapiens hingga Homo Legalis. Penerbit Pemimpi Segap Pustaka, Yogyakarta.