

MONOGRAF

KONSERVASI KEANEKARAGAMAN HAYATI

Prof. Dr. Sri Ngabekti, M.S.
Prof. Dr. Enni Suwarsi Rahayu, M.Si.



JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM

MONOGRAF KONSERVASI KEANEKARAGAMAN HAYATI

Prof. Dr. Sri Ngabekti, M.S.

Prof. Dr. Enni Suwarsi Rahayu, M.Si.

ISBN: 978-602-5728-24-2

Semarang: FMIPA Unnes, 2019

Cetakan Pertama 2019



Penerbit:

FMIPA Unnes

Email: press.mipaunnes@gmail.com

Copyright © 2019 by Sri Ngabekti

Dilarang memperbanyak isi buku ini, baik sebagian maupun seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis.

Undang-Undang Republic Indonesia Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

Lingkup Hak Cipta

Pasal 2:

1. Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi Pencipta atau Pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Ketentuan Pidana:

Pasal 72:

1. Barangsiapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 Ayat (1) dan Ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau terkait sebagai dimaksud pada Ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama

MONOGRAF:

KONSERVASI KEANEKARAGAMAN HAYATI

ISBN: 978-602-5728-24-2

Penulis:

Prof. Dr. Sri Ngabekti, M.S.

Prof. Dr. Enni Suwarsi Rahayu, M.Si.

Penyunting:

Dr. Ir. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si.

Desain Cover dan Lay Out:

Risa Dwita Hardianti, S.Pd M.Pd

Penerbit:



FMIPA
Universitas Negeri Semarang

PRAKATA

Alhamdulillah Robbil'alamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas Rahmat dan karuniaNya, monograf yang berjudul Konservasi Keanekaragaman Hayati telah dapat diselesaikan.

Monograf Konservasi Keanekaragaman Hayati sangat dibutuhkan oleh Jurusan Biologi khususnya dan Universitas Negeri Semarang (UNNES) pada umumnya sebagai universitas konservasi dengan visi “Berwawasan Konservasi dan Bereputasi Internasional”. Buku Pendidikan Konservasi sudah tersedia sejak munculnya mata kuliah Pendidikan Konservasi yang wajib diambil oleh semua mahasiswa baru. Namun monograf yang terkait dengan konservasi untuk mencukupi referensi Biokonservasi dan Biodiversitas pada Jurusan Biologi untuk mahasiswa S1, S2 maupun S3 belum tersedia.

Monograf ini berisi 4 bab. Bab I Pendahuluan yang berisi latar belakang pentingnya Konservasi Keanekaragaman Hayati. Bab II berisi Pengertian dan Landasan Filosofis dan Yuridis Konservasi. Bab III tentang Keanekaragaman Hayati. Bab IV berisi tentang Hasil Penelitian Konservasi Keanekaragaman Hayati yang telah dilakukan penulis dan beberapa penulis lain yang relevan.

Penyusunan monograf ini dapat dilaksanakan dengan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, disampaikan ucapan terima kasih kepada pihak berikut.

1. Rektor Universitas Negeri Semarang melalui Ketua LP2M yang telah memberikan dana penelitian Hibah Keilmuan

2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan motivasi untuk menjadikan tulisan ini menjadi monograf berISBN.
3. Ketua Jurusan Biologi UNNES yang membantu dalam kemudahan birokrasi dan administrasi penyusunan buku.
4. Dr. Ir. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si. yang telah berkenan menyunting draft buku.
5. Drs. Putut Martin H.B. yang telah membantu mendesain *lay out* dan memberikan dokumentasi yang relevan pada monograf ini.

Penulis juga menyadari buku ini belum sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran pembaca sangat kami harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga buku ini bermanfaat.

Semarang, Agustus 2019

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL

PRAKATA

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

B. Masalah dan Pentingnya Konservasi Keanekaragaman Hayati

BAB II. KONSEP KONSERVASI

A. Pengertian Konservasi

B. Landasan Filosofis dan Yuridis

BAB III. KEANEKARAGAMAN HAYATI

A. Pengertian Keanekaragaman Hayati

B. Tingkatan Keanekaragaman Hayati

C. Nilai Keanekaragaman Hayati

BAB IV. METODE KONSERVASI KEANEKARAGAMAN HAYATI

A. Konservasi in-situ

B. Konservasi ex-situ

**BAB V. HASIL PENELITIAN KONSERVASI SUMBER DAYA
HAYATI**

A. Konservasi Tumbuhan

B. Konservasi Hewan

DAFTAR PUSTAKA

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keanekaragaman hayati adalah keseluruhan gen, spesies dan ekosistem di dalam suatu wilayah (Raven dalam Perrett, 1995). Keanekaragaman hayati Indonesia dan ekosistemnya, mempunyai kedudukan serta peranan penting bagi kehidupan. Keanekaragaman ini merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa, oleh karena itu perlu dikelola dan dimanfaatkan secara lestari, selaras, serasi dan seimbang bagi kesejahteraan masyarakat Indonesia pada khususnya dan umat manusia pada umumnya, baik masa kini maupun masa mendatang.

Keanekaragaman hayati dan ekosistemnya, pada hakikatnya adalah bagian integral dari pembangunan nasional yang berkelanjutan. Komponen yang ada pada keanekaragaman hayati dan ekosistemnya saling tergantung antara satu dengan yang lainnya, dan saling mempengaruhi sehingga kerusakan dan kepunahan salah satu komponen akan berakibat terganggunya ekosistem.

Untuk menjaga agar pemanfaatan keanekaragaman hayati dapat berlangsung dengan cara sebaik-baiknya, maka diperlukan langkah-langkah konservasi sehingga keanekaragaman hayati dan ekosistemnya selalu terpelihara dan mampu mewujudkan keseimbangan selaras dengan pembangunan berkelanjutan.

Indonesia merupakan salah satu dari 17 negara yang memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi atau megabiodiversitas dunia. Indonesia bersama-sama dengan Malaysia dan Filipina, disebut sebagai *southeast Asian Big-3*. Inovasi teknologi, kemajuan peradaban dan pertumbuhan populasi manusia, serta revolusi industri telah membawa manusia pada era eksploitasi keanekaragaman hayati sehingga persediaannya terus berkurang secara signifikan, terutama pada satu abad 21 ini. Hal ini tercermin dari data yang dituangkan dalam *The International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of the Threatened Species* yang memperlihatkan bahwa jumlah spesies di dunia yang terancam punah pada tahun 2012 meningkat dibanding tahun 2008 (Rahayu, 2017).

Keanekaragaman hayati yang mencakup tingkatan gen, spesies, dan ekosistem yang telah mengalami penurunan terus menerus pada saat ini dapat menghambat perkembangan ke arah masyarakat yang berkelanjutan. Hilangnya keanekaragaman hayati menjadi indikator adanya ketimpangan antara kebutuhan dan keinginan manusia akan sumber daya alam.

Sumber daya alam mencakup sumber daya hayati dan nonhayati. Hal ini sesuai dengan Undang-undang PPLH NO. 32 Tahun 2009 yang menyatakan bahwa sumber daya alam adalah unsur lingkungan hidup yang terdiri atas sumber daya hayati dan non hayati yang secara keseluruhan membentuk kesatuan ekosistem.

Sumber daya hayati adalah segala sesuatu yang berasal dari alam yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia, termasuk di dalamnya komponen biotik, seperti hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme. Sedangkan sumber daya nonhayati mencakup komponen abiotik, seperti minyak bumi, gas alam, berbagai jenis logam, air, dan tanah.

Sumber Daya Alam (SDA) berdasarkan sifatnya dapat digolongkan menjadi SDA yang dapat diperbaharui dan SDA tak dapat diperbaharui. SDA yang dapat diperbaharui adalah kekayaan alam yang dapat terus ada selama penggunaannya tidak dieksploitasi berlebihan. Tumbuhan, hewan, mikroorganisme, sinar matahari, angin, dan air adalah beberapa contoh SDA terbaharukan. Walaupun jumlahnya sangat berlimpah di alam, penggunaannya harus tetap dibatasi dan dijaga untuk dapat terus berkelanjutan.

SDA tak dapat diperbaharui adalah SDA yang jumlahnya terbatas karena penggunaannya lebih cepat daripada proses pembentukannya dan apabila digunakan secara terus-menerus akan habis. Minyak bumi, emas, besi, dan berbagai bahan tambang lainnya pada umumnya memerlukan waktu dan proses yang sangat panjang untuk kembali terbentuk sehingga jumlahnya sangat terbatas. Minyak bumi dan gas alam pada umumnya berasal dari sisa-sisa hewan dan tumbuhan yang hidup jutaan tahun lalu, terutama dibentuk dan berasal dari lingkungan perairan. Perubahan tekanan dan suhu panas selama jutaan tahun ini

kemudian mengubah materi dan senyawa organik tersebut menjadi berbagai jenis bahan tambang tersebut.

B. Masalah dan Pentingnya Konservasi Keanekaragaman Hayati

Permasalahan eksploitasi keanekaragaman hayati, sampai saat ini masih terjadi di Indonesia. Hal ini akan mengakibatkan semakin menurunnya keanekaragaman hayati. Perrett (1995) menyatakan laju berkurangnya keanekaragaman hayati pada saat ini sama cepatnya dengan masa kepunahan Dinosaurus. Tingkat kepunahan yang paling parah diperkirakan terjadi di hutan tropis, kemudian disusul oleh hutan hujan di daerah beriklim sedang. Keanekaragaman hayati perairan darat dan laut pun juga menghadapi ancaman kepunahan yang serius.

Keanekaragaman hayati dapat terancam punah karena berbagai hal, seperti eksploitasi, konversi hutan menjadi lahan perkebunan, penebangan dan perburuan liar, pencemaran, perubahan iklim dan sebagainya. Indonesia termasuk salah satu negara dengan tingkat keterancaman dan kepunahan spesies tertinggi di dunia. Rahayu (2017) menyatakan sekitar 240 spesies tumbuhan dinyatakan langka yang sebagian besar merupakan spesies tanaman budidaya. Selain itu 36 spesies pohon terancam punah, dan 58 spesies tumbuhan berstatus dilindungi.

Berdasarkan kenyataan di atas, perlu dilakukan upaya pelestarian atau konservasi. Konservasi keanekaragaman hayati secara umum berarti upaya pelestarian, tetapi tetap memperhatikan, manfaat yang dapat diperoleh pada saat itu dengan tetap mempertahankan keberadaannya untuk pemanfaatan, masa depan. Konservasi keanekaragaman hayati juga berarti upaya pengelolaan keanekaragaman yang menjamin pemanfaatannya secara bijaksana, berkesinambungan untuk persediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan keanekaragaman.

Konservasi juga dapat dipandang dari segi ekonomi dan ekologi. Konservasi dari segi ekonomi adalah usaha mengalokasikan keanekaragaman untuk sekarang. Dari segi ekologi, konservasi merupakan alokasi keanekaragaman untuk sekarang dan masa yang akan datang.

Buku ini akan difokuskan bahasannya pada konservasi keanekaragaman hayati, mengacu pada Undang-undang Nomor 5 tahun 1990 tentang Konservasi Keanekaragaman Hayati dan Ekosistemnya, serta Rancangan Undang-undang Konservasi Keanekaragaman Hayati dan Ekosistemnya yang telah disusun oleh DPR RI tanggal 5 Desember 2017. Pada buku ini juga ditampilkan contoh penelitian tentang konservasi hewan dan tumbuhan.

BAB II. KONSEP KONSERVASI

A. Pengertian Konservasi

Konservasi berasal dari Bahasa Inggris “*conservation*”, yang oleh Theodore Roosevelt (1902) diartikan sebagai upaya memelihara milik kita, dan menggunakan milik tersebut secara bijaksana. Rijken dalam Hasbullah (2008) menyatakan konservasi merupakan suatu bentuk evolusi kultural atau perubahan budaya. Konsep yang berkembang lebih menonjol adalah konservasi terkait dengan Keanekaragaman (SDA) dan lingkungan (Retnoningsih et al, 2018)

Konservasi dapat dipandang dari segi ekonomi, segi ekologi, dan ilmu lingkungan. Dari segi ekonomi, konservasi merupakan pemanfaatan SDA untuk memenuhi kebutuhan sekarang. Konservasi dari segi ekologi yaitu pemanfaatan SDA untuk memenuhi kebutuhan masa kini dan dapat dinikmati generasi masa yang akan datang. Menurut ilmu lingkungan, konservasi adalah upaya efisiensi penggunaan energi, produksi, transmisi atau distribusi yang mengakibatkan berkurangnya konsumsi energi.

Di Indonesia, sejarah konservasi sudah dimulai sejak jaman pemerintahan kolonial Belanda. Kawasan konservasi di Indonesia telah ditetapkan berdasarkan Keputusan Gubernur Jenderal Hindia Timur berupa monumen alam (*natuur monumenten*) dan suaka margasatwa (*wild resuorces*). Kegiatan konservasi, menurut Setiadi

(2014) dimulai pada abad 19 dengan berdirinya perkumpulan penggemar alam (*Nederlands-Indische Vereniging voor Naturbescherming*) yang diketuai oleh Koorders. Kegiatan ini menghasilkan beberapa peraturan dan usulan ditetapkannya beberapa kawasan konservasi alam.

Pemerintah Indonesia melalui kegiatan Direktorat Perlindungan dan Pengawetan Alam yang dibantu oleh *Food and Agriculture Organization (FAO)*, dan *United Nation Development Program (UNDP)* pada tahun 1974 berhasil menyusun rencana pengembangan kawasan konservasi. *World Wildlife Fund (WWF)* juga telah membantu penyelamatan satwa liar yang terancam punah. WWF adalah badan internasional yang bertugas mencari, menghimpun, dan menyalurkan dana untuk kepentingan penyelamatan flora dan fauna terancam punah.

Selama periode 1974-1982 konservasi alam di Indonesia mengalami kemajuan pesat. Perhatian peneliti mulai timbul, dan jumlah tenaga ahli yang bekerja di bidang konservasi alam semakin meningkat. Pada tahun 1992, Indonesia merupakan salah satu dari 188 negara yang meratifikasi *Convention on Biological Diversity (CBD)* pada Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Keanekaragaman Hayati di Rio de Janeiro Brasil. Konferensi menitikberatkan pada pelestarian keanekaragaman hayati sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari proses pembangunan berkelanjutan. Keanekaragaman hayati memang membutuhkan investasi yang

cukup besar, tetapi memberikan manfaat nyata dalam bidang lingkungan, ekonomi, dan sosial.

Konvensi Keanekaragaman Hayati dan konvensi internasional pembangunan berkelanjutan pada prinsipnya harus menjadi bagian dalam kebijakan dan hukum lingkungan. Oleh karena itu Indonesia juga telah menyusun *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP)* sebagai implementasi konvensi tersebut.

B. Landasar Filosofis dan Yuridis Konservasi

Konservasi secara filosofis dilakukan oleh karena setiap makhluk hidup di bumi memiliki peran dan fungsi dalam sistem kehidupan di alam, yang selanjutnya akan membentuk suatu sistem keseimbangan. Manusia sebagai makhluk hidup yang berakal (sebagai khalifah di bumi), bertindak sebagai pemeran utama dalam menjaga keseimbangan. Namun dengan akalanya pula, manusia mengeksploitasi dan menjadi penyebab kerusakan alam. Akibat dari kegiatan manusia, muncul terjadinya pencemaran lingkungan, kerusakan hutan, punahnya flora fauna yang menimbulkan bencana alam, pemanasan global, dan penyebaran berbagai penyakit.

Secara yuridis, konservasi sudah ditetapkan dalam Undang-undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Keanekaragaman Hayati dan Ekosistemnya. Pasal 1 ayat 2 menyebutkan bahwa konservasi keanekaragaman hayati adalah pengelolaan

keanekaragaman hayati yang pemanfaatannya dilakukan secara bijaksana untuk menjamin kesinambungan persediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas keanekaragaman dan nilainya. Selanjutnya pada Pasal 5 menjelaskan bahwa konservasi keanekaragaman hayati dan ekosistemnya dilakukan melalui kegiatan perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya; serta pemanfaatan secara lestari keanekaragaman hayati dan ekosistemnya.

Konservasi keanekaragaman hayati yang termasuk sumber daya alam juga termaktub dalam Undang-undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH). Konservasi sumber daya alam adalah pengelolaan sumber daya alam untuk menjamin pemanfaatannya secara bijaksana serta kesinambungan ketersediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai serta keanekaragamannya.

Undang-undang dan peraturan lain yang mendukung konservasi adalah Undang-undang Nomor 41 tahun 1999 tentang Kehutanan, Peraturan Pemerintah Nomor 7 tahun 1999 tentang Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa Liar, Undang-undang Nomor 11 Tahun 2013 tentang Protokol Nagoya (akses sumber daya genetik dan pembagian keuntungan yang adil dan seimbang yang timbul dari pemanfaatannya atas konvensi keanekaragaman hayati).

Tindakan konservasi bertujuan untuk menjamin keanekaragaman gen, jenis, dan ekosistem agar tidak punah, sehingga dapat berperan sesuai dengan fungsi masing-masing dan bermanfaat untuk kesejahteraan manusia.

BAB III. KEANEKARAGAMAN HAYATI

A. Pengertian Keanekaragaman Hayati

Makhluk hidup di bumi ini sangat beranekaragam. Manusia, hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme sangat berragam baik jenis, ukuran, dan jumlahnya yang dikenal dengan biodiversitas (*biodiversity*) atau keanekaragaman hayati. UU 5 tahun 1995 menyatakan keanekaragaman hayati adalah unsur-unsur hayati di alam yang terdiri dari keanekaragaman nabati (tumbuhan) dan keanekaragaman hewani (satwa) yang bersama dengan unsur non hayati di sekitarnya secara keseluruhan membentuk ekosistem.

Keanekaragaman hayati adalah keseluruhan gen, spesies, dan ekosistem di dalam suatu wilayah. Definisi WWF (1989) menyatakan bahwa keanekaragaman hayati adalah kekayaan hidup di bumi, jutaan tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme, gen yang dikandungnya, dan ekosistem yang dibangunnya menjadi lingkungan hidup.

Keanekaragaman hayati di bumi saat ini merupakan produk berratus-ratus juta tahun sejarah evolusi. Dalam perjalanan waktu, peradapan manusia muncul dan mengadaptasi lingkungan lokal dengan menemukan, memakai, dan mengubah sumber daya hayati lokal. Banyak daerah yang kelihatannya alami, memiliki ciri-ciri habitat manusia selama berjuta-juta tahun, pembudidayaan tanaman pangan, dan pemanenan sumber daya. Domestikasi dan penangkaran

berbagai ternak dan hasil bumi ikut pula memperkaya keanekaragaman hayati.

Keanekaragaman hayati dapat dibagi ke dalam tiga kategori/tingkatan yaitu gen, spesies, dan ekosistem. Ketiga kategori tersebut menggambarkan aspek yang cukup berbeda dalam sistem kehidupan.

B. Tingkatan Keanekaragaman Hayati

1. Keanekaragaman tingkat gen

Setiap populasi tersusun atas individu-individu yang banyak sekali jumlahnya. Begitu pula setiap jenis atau setiap spesies memiliki kerangka dasar yang tersusun oleh ribuan faktor pengatur kebakaan. Faktor inilah yang menentukan apakah jagung berwarna putih, kuning, atau ungu (Gambar 1).



Gambar 1. Variasi Warna Biji Jagung
(manusianormal.wordpress.com)

Warna, bentuk, ukuran merupakan sifat keturunan yang tampak, dapat diamati dan dilihat disebut *fenotip*. Sifat dasar yang tidak tampak dan tetap (tidak berubah karena faktor lingkungan) pada suatu individu disebut *genotip*. Kesemuanya ini ada faktor pengaturnya disebut *gen*. Jadi keanekaragam gen adalah. WWF (1998) menyatakan keanekaragaman tingkat gen merupakan variasi genetik di dalam spesies, diantara populasi yang terpisah secara geografik, dan antara individu dalam populasi.

Keanekaragaman genetik menunjuk pada variasi genetik dalam spesies yang meliputi populasi yang secara fenotip menunjukkan perbedaan yang jelas dalam spesies yang sama. Contohnya, adanya macam-macam ras manusia, macam-macam ras ayam, puluhan varietas padi tradisional di Indonesia seperti mentik wangi, rojolele, delanggu; puluhan varietas mangga: golek, santok, manalagi, arum manis, dan seterusnya.

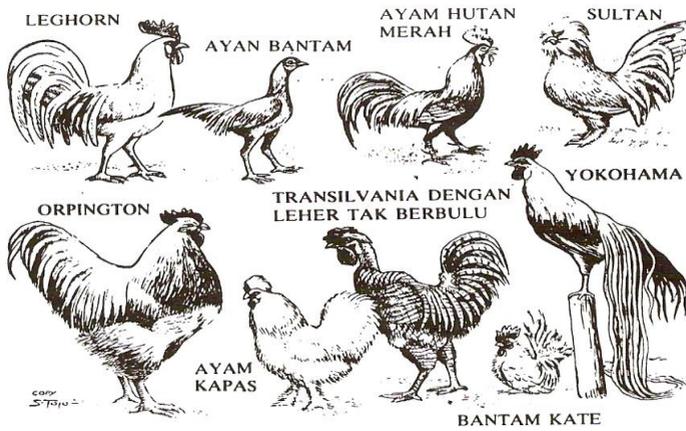
Keanekaragaman genetik setiap individu suatu spesies mempunyai susunan gen yang berbeda walaupun dari spesies yang sama. Genotip dan lingkungan dapat menghasilkan fenotip. Dengan demikian maka dua genotip yang sama, dapat menunjukkan fenotip yang berlainan jika lingkungan berbeda. Pada manusia, keanekaragaman genetik dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Keanekaragaman Genetik pada Manusia (YSKB 3, 1984)

Gambar 2 menunjukkan bahwa manusia dengan nama *Homo sapiens* menunjukkan adanya variasi dalam fenotipnya, sehingga menghasilkan ras Australoid, Kaukasoid, Mongoloid, dan Negroid yang berbeda baik dalam hal ukuran tubuh, warna kulit, bentuk dan warna rambut, bentuk tengkorak, kelopak mata, hidung, bibir, dan lainnya.

Pada hewan pun juga terdapat keanekaragaman genetik. Keanekaragaman genetik pada hewan dapat ditunjukkan pada kucing, anjing, burung merpati, ayam dan lainnya. Gambar 3 berikut menunjukkan keanekaragaman genetik pada hewan (ayam dan domba)



Gambar 3. Keanekaragaman genetik pada ayam dan domba (YSKB 3: 1984, rumushitung.com)

Dalam satu spesies ayam, juga terjadi perbedaan dalam hal ukuran dan bentuk tubuh, bentuk pial, susunan dan warna bulu, dan sebagainya. Pada domba perbedaan ada pada warna rambut, ukuran tubuh, bentuk dan ukuran tanduk. Dari contoh di atas, dapat dijelaskan bahwa setiap individu dalam satu spesies, mempunyai ciri khas tersendiri di samping adanya persamaan. Ciri khas individu tersebut menunjukkan adanya keanekaragaman genetik.

Keanekaragaman genetik di dalam satu jenis semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh adanya reproduksi seksual yang menyebabkan terjadinya penggabungan gen dari kedua induk jantan dan betina, sehingga gen anak merupakan perpaduan antara kedua induknya.

Reproduksi aseksual buatan dalam rangka budidaya juga menjadi salah satu penyebab keanekaragaman genetik. Persilangan yang dilakukan manusia terhadap berbagai tanaman hias seperti anggrek, kamboja (*Adenium*), bunga mawar (*Rosa, sp.*) *Euphorbia*, *Aglonema*, dan puring (*Codiaeum variegatum*), akan menghasilkan warna bunga dan daun yang sangat bervariasi. Selain itu, adanya mutasi gen dan kromosom juga dapat meningkatkan keanekaragaman genetik. Gambar 4 berikut menunjukkan keanekaragaman genetik pada bunga mawar.



Gambar 4. Keaneragaman Genetik pada Bunga Mawar (*Rosa sp.*)

Sumber: big.com (20 Oktober 2018)

Pengukuran keanekaragaman genetik pada saat ini hanya dapat dilakukan di laboratorium dengan cara yang cukup rumit (jumlah dan struktur kromosom, analisis DNA) dan masih terbatas pada tanaman dan hewan budidaya. DNA organisme ternyata hanya < 1% yang diekspresikan secara fungsional (sebagai bentuk nyata= fenotip). Ekspresi yang belum muncul dapat diekspresikan sebagai sifat baru pada keturunan berikutnya. Mungkin suatu saat gen yang belum terekspresikan akan sangat berarti karena setiap gen mengendalikan proses biokimia tertentu.

Metode pengukuran variasi genetik yang lain adalah dengan allozyme, merupakan teknik elektroforesis protein (asam amino)

yang didasarkan pada perbedaan muatan listrik (elektrik) allozyme yang dikode oleh DNA. Sekitar 20%-30% protein memiliki lebih dari 1 bentuk. Perbedaan frekuensi protein menimbulkan adanya variasi genetik. Keanekaragaman genetik juga dapat diukur dengan RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*) dan DNA sequencing dan PCR (*Polymerase Chain Reaction*).

Manfaat keanekaragaman genetik dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Setiap spesies memuat ribuan gen (plasma nutfah) dalam kombinasi yang unik, sehingga terdapat aneka gen dalam organisme individual. Dengan demikian setiap individu dapat bermanfaat sebagai sumber plasma nutfah.
- b. Keanekaragaman genetik yang ditemukan pada tiap spesies tanaman pangan dan hewan ternak juga mempunyai manfaat yang sangat besar, karena dapat berfungsi sebagai perisai dalam perang antara tanaman pangan dan ternak dengan hama dan penyakit yang menyerangnya.
- c. Para petani dan peternak juga memanfaatkan keanekaragaman genetik sebagai cara untuk meningkatkan produksi dan menghadapi perubahan lingkungan yang terjadi melalui rekayasa genetika. Contohnya, sejenis tomat liar yang hanya ditemukan di Kepulauan Galapagos, tumbuh di air asin, serta mempunyai tangkai buah yang tidak ada sambungannya. Sifat ini berhasil ditempelkan pada tomat yang telah dibudidayakan

untuk memudahkan panen dengan mesin. Suatu gen pelindung pada padi liar di India, berhasil melindungi padi yang berproduksi tinggi di Asia Selatan dan Asia Tenggara terhadap musuh utamanya yaitu wereng coklat.

2. Keanekaragaman tingkat spesies

Kehidupan di bumi secara umum terdiri dari spesies, maka keanekaragaman hayati sangat umum digunakan sebagai sinonim dari keanekaragaman spesies, yakni bagian dari kekayaan spesies (*species richness*) yang menunjukkan jumlah spesies di suatu tempat atau habitat. Hasil diskusi keanekaragaman global, menunjukkan bahwa diperkirakan baru 1,7 milyar spesies yang telah didata dari sejumlah total spesies yang ada di bumi yaitu berkisar dari 5 milyar sampai mendekati 100 milyar.

Jenis-jenis makhluk hidup di lingkungan sekitar yang beranekaragam, menunjukkan adanya keanekaragaman spesies. Keanekaragaman spesies menunjuk pada variasi spesies di dalam suatu daerah.

Pengukuran keanekaragaman tingkat spesies dapat dijelaskan sebagai dapat dipertelakan dari dua hal, yaitu kekayaan jenis (*species richness*) dan kelimpahan relatif (*relative abundance*) dari masing-masing populasi. Keanekaragaman spesies lebih besar apabila ekuitabilitas (*equitability*) lebih besar, yaitu jika populasi itu sama dalam kelimpahannya.

Dalam pengukuran keanekaragaman spesies secara kuantitatif, perlu dilakukan teknik sampling komunitas biotik (Fachrul, 2007)

1. Teknik sampling tumbuhan atau hewan *sessil*, dapat dilakukan dengan metoda plot (berpetak), yang penerapannya ada dua cara yaitu metoda petak tunggal, dan metoda petak ganda.
2. Pada metoda petak tunggal, yang dipelajari hanya satu petak sampling yang mewakili suatu area. Ukuran minimum petak ditetapkan dengan *kurva spesies-area*. Biasanya luas minimum ini ditetapkan dengan dasar penambahan luas petak tidak menyebabkan kenaikan jumlah spesies lebih dari 5% atau 10%.
3. Pada metoda petak ganda, pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan banyak petak yang letaknya tersebar merata, sebaiknya secara sistematis. Banyaknya petak yang diperlukan dapat ditentukan dengan kurva spesies area. Ukuran petak berbeda-beda, tergantung kelompok tumbuhan yang dianalisis.
4. Perbandingan lebar dan panjang petak 1:2 merupakan alternatif yang terbaik daripada bentuk lainnya.
 - a. Untuk tumbuhan herba atau semai, petak berukuran 0,71 m x 1,41 m
 - b. Pohon muda yang tingginya 3-4 m, petak berukuran 2,24 m x 4,47 m
 - c. Pohon yang tingginya >3-4 m, petak berukuran 7,07 m x 14,14 m

d. Mikroinvertebrata tanah atau benthos, petak berukuran 3,16 cm x 3,16 cm

Untuk mempermudah pengukuranketiga ukuran petak dibuat dalam satu area, dikenal dengan *nested quadrat area*

5. Penentuan lokasi plot: secara acak, atau secara sistematis yang bertujuan untuk meminimumkan bias.

Keanekaragaman spesies dapat diukur dengan banyak metode. Salah satu metode yang banyak dilakukan yaitu dengan menentukan jumlah spesies (kekayaan spesies) dan jumlah individu setiap spesies (kemerataan spesies) di suatu daerah. Semakin banyak jumlah spesies, dan jumlah setiap spesies semakin merata, maka keanekaragaman spesiesnya semakin tinggi.

Keanekaragaman jenis mempunyai sejumlah komponen yang dapat memberi reaksi yang berbeda – beda terhadap faktor geografi, perkembangan atau fisik. Komponen tersebut adalah sebagai berikut.

1. Kekayaan jenis atau *species richness* (komponen varietas), yakni banyaknya jenis yang menyusun suatu komunitas.
2. Kesamarataan (*equitability*) pembagian jenis yang merata diantara jenis.

Berbagai metode telah digunakan untuk menggabungkan kekayaan jenis dan kepentingan relative dalam satu nilai. Metode yang paling umum digunakan adalah *Indeks Shanon (H)*, *Indeks*

Simpson (D) dan alfa , Rumus matematik yang digunakan menurut Odum (2006) dapat dilihat di bawah ini.

Indeks diversitas spesies

1. Indeks untuk 3 spesies (d)

$$d1 = S - 1 / \log n \quad d2 = S / \text{akar } N \quad d3 = S / 1000$$

S = jumlah spesies , N = jumlah individu

2. Indeks Evennes (e)= H log S

H= Indeks

Shanon

3. Indeks Shanon untuk diversitas umum (H)

$$\mathbf{H} = -\sum(\mathbf{ni/N}) -\log (\mathbf{ni/N}) \quad \text{atau} \quad \mathbf{H} = -\sum \mathbf{pi} \log \mathbf{pi}$$

Ni = nilai kepentingan (jumlah individu, biomassa, produksi, frekuensi, dominansi, dsb) untuk setiap spesies

N = nilai kepentingan total

Pi = peluang kepentingan untuk setiap spesies

Pada komunitas tumbuhan (vegetasi), besarnya indeks keanekaragaman jenis didefinisikan sebagai berikut (Fachrul, 2007)

- a. Nilai $H' > 3$ menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pada suatu transek adalah melimpah tinggi.
- b. Nilai $1 < H' < 3$ menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pada suatu transek adalah sedang melimpah.

- c. Nilai $H' < 1$ menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pada suatu transek adalah sedikit atau rendah.

Pada komunitas hewan (misalnya burung), nilai keanekaragaman spesies dapat diukur dengan rumus:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

Untuk mengetahui penyebaran individu burung diukur nilai keseragaman antarjenis burung dengan rumus:

$$E = H' / \ln S \text{ dengan } S = \text{banyaknya jenis burung tiap plot.}$$

$$\text{Indeks dominansi (C)} = \sum (n_i/N)^2$$

Indeks Kesamaan Jenis Sirensen (S) antara dua daerah

$$Iss = 2C / A+B \times 100\%$$

A = jumlah spesies dalam daerah 1

B = jumlah spesies dalam sampel 2

C = jumlah spesies yang sama dalam kedua daerah 1 dan 2.

$$\text{Indeks Ketidaksamaan} = 100 - Iss$$

Manfaat keanekaragaman spesies dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Pada bidang pertanian, secara turun-temurun manusia telah bercocok tanam secara tumpang sari dan memelihara ternak beranekaragam untuk menjaga kestabilan dan meningkatkan

produksi. Selain itu teknik ini juga memberikan kontribusi terhadap perlindungan daerah resapan air, pemeliharaan kesuburan tanah, dan pengendalian hama secara terpadu. Manfaat ini akan bertambah apabila petani mau kembali ke sistem bertani organik.

- b. Pada bidang kesehatan, manusia dapat memanfaatkan berbagai macam tumbuhan sebagai obat herbal untuk mengobati berbagai macam penyakit.
- c. Pada bidang industri, manusia dapat memanfaatkan berbagai macam tumbuhan untuk bahan baku industri makanan dan minuman, kosmetik, bahan kimia, minyak goreng, dan sebagainya.
- d. Pada bidang kehutanan, keanekaragaman tumbuhan di Indonesia sangat melimpah. Organisme ini mempunyai kemampuan untuk menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis. Oleh sebab itu tumbuhan menjadi produsen atau penyusun dasar rantai makanan. Eksploitasi tumbuhan yg berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan bahkan kepunahan. Hal ini akan berdampak kepada rusaknya rantai makanan. Pemanfaatan keanekaragaman tumbuhan di hutan ini diantaranya digunakan sebagai bahan makanan, bahan bangunan, bahan bakar, dan tanaman hias.
- e. Pada bidang perkebunan, Indonesia juga dikenal dengan hasil perkebunannya yang diantaranya ialah karet (digunakan sebagai

bahan baku ban), kelapa sawit (digunakan sebagai bahan baku minyak goreng, kapas (digunakan sebagai bahan baku tekstil), kopi (digunakan sebagai bahan baku minuman), dan lain-lain.

f. Pada bidang peternakan dan perikanan

Keanekaragaman hewan sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia, karena dapat digunakan sebagai pengganti pekerja berat bagi manusia. Kerbau dan sapi, selain dapat diambil dagingnya, juga dapat digunakan untuk sebagai alat membajak sawah (pertanian). Unggas, sapi, kambing, ikan dan lainnya menjadi sumber bahan makanan manusia dan dapat dijadikan sumber pemasukan uang.

3. Keanekaragaman tingkat ekosistem

Keanekaragaman ekosistem merupakan bermacam-macam ekosistem dalam suatu wilayah. Undang-undang PPLH Nomor 32 tahun 2009, ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh, menyeluruh, dan saling mempengaruhi dalam bentuk keseimbangan stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup.

Ngabekti (2018) menjelaskan istilah ekosistem pertama kali diusulkan oleh ahli ekologi Inggris A.G. Transley tahun 1935. Karl Mobios tahun 1877 dalam bahasa jerman menulis komunitas organisme dalam karang *oyster* sebagai suatu *biocoenosis*. Ahli ekologi perintis bangsa Rusia V.V. Dockuchaev dan muridnya G.F.

Morozof mengembangkan istilah *beogeocoenosis* atau *geobiocoenosis* sebagai istilah dari ekosistem. Beberapa istilah lain yang telah digunakan untuk menyatakan pandangan holistik adalah *holocoen* (Friederrichs,1930), *biosystem* (Thienemann,1939) dan *bioenert* (Vernadsky,1944).

Ekosistem merupakan sistem terbuka, yaitu suatu sistem yang mempunyai satu atau lebih masukan (*in put*) dan keluaran (*out put*). Masukan dan keluaran itu dapat berupa energi, materi, atau makhluk hidup. Ekosistem merupakan satuan fungsional dasar dalam ekologi. Energi adalah penyebut yang penting dalam semua ekosistem, sehingga energi merupakan dasar utama dalam klasifikasi ekosistem. Sumber dan kuantitas energi yang dapat digunakan dalam ekosistem menentukan jenis dan jumlah makhluk hidup, pola proses fungsional dan proses perkembangan.

Ekosistem di alam mendapatkan energi dari dua sumber yaitu matahari dan bahan bakar kimiawi. Jika ekosistem secara keseluruhan atau sebagian besar tergantung secara langsung pada sinar matahari disebut ekosistem yang memperoleh energi dari matahari tanpa subsidi. Contoh: samudra, hutan belantara, padang rumput, danau. Ekosistem ini biasanya produktivitasnya rendah. Ekosistem dengan subsidi energi, memperoleh dari alam (estuaria) dan manusia (agrikultur, akuakultur).

Pada prinsipnya semua ekosistem pada tingkat organisasi yang berbeda mempunyai komponen, interaksi, maupun proses

operasional yang sama. Perbedaannya tergantung pada kompleksitasnya dalam hal berikut.

1. Keanekaragaman organisme produsen, konsumen, dan pengurai.
2. Banyaknya macam komponen abiotik.
3. Kompleksnya interaksi antar komponen.
4. Berbagai proses yang berjalan dalam ekosistem.

Interaksi antara komponen biotik (makhluk hidup) dan komponen abiotik (makhluk tak hidup: tanah, air, udara, iklim) menentukan spesies penyusunnya. Spesies yang hidup dalam suatu ekosistem ditentukan oleh hubungannya dengan spesies lain dan lingkungan fisik serta kimiawi yang ada dalam ekosistem tersebut. Dengan demikian interaksi antar organisme ditentukan juga oleh keseluruhan spesies dan faktor-faktor fisik dan kimiawi yang menyusun ekosistem itu. Oleh karena ekosistem terdiri dari perpaduan berbagai faktor biotik dengan faktor lingkungan abiotik yang beranekaragam, maka ekosistem yang terjadi juga beranekaragam. Jadi keanekaragaman ekosistem adalah macam-macam tipe ekosistem di suatu wilayah.

Keanekaragaman ekosistem lebih sulit diukur, karena batas-batas ekosistem agak sulit ditentukan. Namun demikian, selama ada kriteria yang konsisten mengenai definisi ekosistem, jumlah dan penyebarannya dapat ditentukan.

Keanekaragaman ekosistem di dunia pada umumnya dibedakan menjadi empat kelompok besar berdasarkan habitatnya yaitu: ekosistem air tawar, ekosistem laut, ekosistem estuaria, dan ekosistem darat. Yang termasuk ekosistem air tawar adalah danau, rawa, kolam (air tidak mengalir: lentik), dan sungai (air mengalir: lotik). Ekosistem laut termasuk di dalamnya ekosistem terumbu karang, ekosistem rawa bakau. Estuaria merupakan ekosistem pantai setengah tertutup yang berhubungan langsung dengan laut terbuka, sangat dipengaruhi oleh pasang surut. Termasuk di dalamnya: muara sungai, teluk pantai, dan rawa pasang surut. Sementara ekosistem darat terdiri dari: tundra, hutan konifer (taiga), hutan tropik, padang rumput (savana), gurun pasir, sawah.

Di Indonesia, menurut Irwan (2003) terdapat empat kelompok utama ekosistem yaitu (1) ekosistem bahari / pantai, (2) ekosistem darat alami, (3) ekosistem suksesi, dan (4) ekosistem buatan. Ekosistem bahari terdiri dari: ekosistem laut dalam, pantai pasir dangkal, pantai berbatu-batu, terumbu karang, pantai lumpur, hutan bakau, dan hutan air payau. Ekosistem darat alami mencakup hutan dataran rendah (pamah), hutan pegunungan, hutan monsun, savana, dan padang rumput. Ekosistem suksesi yaitu ekosistem yang terbentuk setelah terjadinya proses suksesi, terdiri dari ekosistem suksesi primer dan ekosistem suksesi sekunder. Ekosistem buatan mencakup danau, hutan tanaman, hutan kota, dan agroekosistem

(sawah tadah hujan, sawah irigasi, sawah pasang surut, kolam, tambak, kebun, pekarangan, perkebunan).

Manfaat keanekaragaman ekosistem bersama dengan keanekaragaman gen dan spesies, adalah sebagai berikut.

- a. Mempengaruhi produktivitas dan jasa yang diberikan oleh suatu ekosistem. Dalam segala tipe ekosistem, mulai dari yang paling sederhana sampai pada yang paling kompleks, selalu terjadi dua proses penting yaitu daur energi dan siklus materi. Proses ini melibatkan keseluruhan makhluk hidup yang beranekaragam, sehingga terjamin ketersediaan oksigen di udara dalam jumlah konstan.
- b. Ekosistem alami juga merupakan salah satu perangkat penata air sebagai akibat terjadinya siklus air.
- c. Ekosistem yang beranekaragam mengandung flora dan fauna yang beranekaragam pula. Hal ini dapat menjamin semakin tinggi pula pembauran materi genetik yang memperkaya keanekaragaman gen, dan mempertinggi pula ketahanan ekosistem terhadap pengaruh dari luar.

Perubahan satu spesies dalam ekosistem, dapat menyebabkan perubahan ekosistem secara keseluruhan. Contohnya, ketika gajah pemakan tumbuhan yang sangat rakus menghilang dari habitat alaminya, ekosistem berubah dari padang rumput menjadi semak belukar, sehingga muncul satwa semak belukar.

C. Sifat dan Nilai Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati (tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme) di bumi saling berinteraksi dengan lingkungan fisik membentuk ekosistem. Sumber biota kehidupan yang kaya ini mampu mendukung kehidupan manusia, dan memungkinkan manusia beradaptasi dengan perubahan kebutuhan dan lingkungan. Penurunan keanekaragaman genetik, spesies, dan ekosistem yang terjadi secara terus-menerus pada saat ini dapat menghambat perkembangan ke arah masyarakat yang berkelanjutan. Hilangnya keanekaragaman hayati merupakan ukuran adanya ketimpangan antara kebutuhan dan keinginan manusia dan daya dukung alam.

Berdasarkan Badan Statistik Amerika Serikat, populasi manusia tahun 2018 sudah berjumlah 7,53 milyar (databoks.katadata.co.id) menempati bumi bersama-sama dengan makhluk hidup lain yang keanekaragamannya hampir sama besarnya sejak planet ini terbentuk. Penggunaan sumber daya alam jauh lebih besar dari pada batas daya dukung alam. Manusia harus memilih: terus mempermiskin lingkungan demi memenuhi kebutuhannya dengan mempertaruhkan kebutuhan jangka panjang, atau melestarikan keanekaragaman kehidupan yang berharga ini dan memanfaatkannya secara berkelanjutan untuk diwariskan kepada generasi yang akan datang. Pemilihan alternatif kedua lebih bijaksana dan dapat dilaksanakan dengan upaya dan komitmen

bersama untuk melestarikan dan memanfaatkan keanekaragaman demi kelangsungan hidup di bumi.

Nilai keanekaragaman hayati bagi manusia sangat penting untuk mendapatkan bahan pangan, obat-obatan, serta produk-produk industrinya baik dari komponen keanekaragaman hayati alam bebas maupun domestikasi. Perikanan yang sebagian besar bergantung pada spesies alam, memasok bahan pangan yang penting untuk mencukupi kebutuhan protein. Jenis satwa liar alam

BAB IV
STRATEGI DAN METODE KONSERVASI
KEANEKARAGAMAN HAYATI

A. Strategi dan Prinsip Konservasi Keanekaragaman Hayati

Konservasi keanekaragaman hayati memerlukan strategi tertentu agar dalam pemanfaatannya tidak mengurangi keanekaragaman gen dan spesies, atau tidak merusak habitat dan ekosistem. Menurut Wilson (1995), strategi konservasi keanekaragaman hayati terbagi dalam tiga unsur pokok: menyelamatkan, mempelajari, dan menggunakan secara seimbang dan berkelanjutan.

Keanekaragaman hayati dapat diselamatkan melalui perlindungan terhadap sumber gen, spesies, habitat dan ekosistem. Cara yang paling baik untuk melestarikan spesies adalah dengan mempertahankan habitatnya. Namun, karena banyak habitat yang telah diubah menjadi lahan pertanian, perkebunan dan lainnya untuk keperluan manusia, maka yang dapat dilakukan adalah mengembalikan spesies yang hilang ke habitat alaminya dan melestarikannya di dalam bank-bank gen, kebun binatang, kebun raya, dan lembaga konservasi lainnya.

Mempelajari keanekaragaman hayati berarti mendokumentasikan komposisi, distribusi, struktur, peran dan fungsinya dalam ekosistem alami maupun buatan. Dokumen ini

dapat digunakan untuk mengetahui pentingnya menghargai keanekaragaman hayati, dan memasukkan isu-isu keanekaragaman hayati dalam kurikulum pendidikan sehingga masyarakat mendapatkan informasi tentang pentingnya konservasi keanekaragaman hayati.

Konservasi keanekaragaman hayati juga dapat dilakukan dengan menggunakannya secara seimbang dan berkelanjutan, artinya menghemat agar lebih tahan lama, bermanfaat untuk meningkatkan kondisi dan kualitas manusia, serta terbagi secara merata untuk kehidupan manusia. Menggunakan tidak berarti menghabiskan, tetapi mempertahankan pada kondisi alami.

Tiga organisasi lingkungan Dunia yaitu Komisi Dunia untuk Lingkungan dan Pembangunan (WCED), UNEP, dan Strategi Konservasi Dunia telah memberikan 10 prinsip sebagai petunjuk bagi individu dan lembaga yang terlibat di dalam pengembangan Strategi Keanekaragaman Hayati Global (1995).

1. Setiap bentuk kehidupan adalah unik, dan memerlukan penghargaan dari manusia.
2. Konservasi keanekaragaman hayati adalah investasi yang menghasilkan keuntungan baik secara lokal, nasional maupun global.
3. Biaya dan keuntungan konservasi keanekaragaman hayati harus dibagi secara lebih adil kepada bangsa-bangsa dan penduduk di dalamnya.

4. Sebagai bagian dari upaya yang lebih besar untuk mencapai pembangunan berkelanjutan, konservasi keanekaragaman hayati menuntut perubahan mendasar dalam pola dan praktek pembangunan ekonomi di seluruh dunia.
5. Pendanaan yang makin meningkat terhadap konservasi keanekaragaman hayati, tidak akan memperlambat hilangnya keanekaragaman hayati. Pembaharuan kebijakan dan lembaga diperlukan untuk menciptakan kondisi yang dapat mengefektifkan pendanaan.
6. Prioritas untuk konservasi keanekaragaman hayati berbeda-beda dari sudut pandang lokal, nasional, dan global. Semua itu sah dan harus diperhitungkan semua negara dan masyarakat yang juga mempunyai kepentingan dalam konservasi keanekaragaman hayati yang dimiliki. Fokusnya tidak boleh hanya pada beberapa ekosistem dan negara yang kaya spesies saja.
7. Konservasi keanekaragaman hayati hanya dapat dipertahankan jika kesadaran dan perhatian masyarakat cukup besar, jika para pengambil kebijakan mendapat informasi yang baik untuk mendasari pilihan kebijakannya.
8. Tindakan untuk konservasi keanekaragaman hayati harus direncanakan dan diimplementasikan pada suatu skala yang ditetapkan berdasarkan kriteria ekologis dan sosial. Fokus kegiatan haruslah tempat dimana orang hidup dan bekerja, juga

daerah liar yang dilindungi.

9. Keanekaragaman budaya sangat berkaitan dengan keanekaragaman hayati. Pengetahuan bersama umat manusia tentang keanekaragaman hayati, pemanfaatan dan pengelolaannya harus bertumpu pada keragaman budaya. Sebaliknya, konservasi keanekaragaman hayati seringkali membantu memperkokoh integrasi dan nilai-nilai budaya.
10. Meningkatnya partisipasi masyarakat, penghargaan hak azasi manusia, semakin baiknya tingkat pendidikan dan informasi dalam masyarakat, serta makin besarnya tanggung jawab lembaga, merupakan unsur-unsur hakiki dari konservasi keanekaragaman hayati

B. Metode Konservasi

Konservasi keanekaragaman hayati adalah pengelolaan keanekaragaman hayati yang pemanfaatannya dilakukan secara bijaksana untuk menjamin kesinambungan persediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas keanekaragaman dan nilainya (UU Nomor 5 Tahun 1990). Konservasi dilakukan baik pada tumbuhan maupun satwa, juga pada tumbuhan dan satwa liar.

Tumbuhan dan satwa termasuk keanekaragaman hayati, baik yang hidup di darat, air maupun di udara. Tumbuhan liar adalah tumbuhan yang hidup di alam bebas dan atau dipelihara, yang masih mempunyai kemurnian jenisnya. Satwa liar adalah semua binatang

yang hidup di darat, dan atau di air, dan atau di udara yang masih mempunyai sifat-sifat liar, baik yang hidup bebas maupun yang dipelihara oleh manusia.

Konservasi tumbuhan maupun satwa dapat dilakukan secara *in-situ* maupun *ex-situ*. Konservasi insitu dilakukan dengan memeliharanya di habitat aslinya. Keterbatasan konservasi secara insitu adalah memerlukan tempat yang luas, tenaga dan biaya pemeliharaan yang besar, serta berisiko hilang jika terjadi bencana alam (Indrawan et al, 2007).

Konservasi in-situ

Konservasi *in situ* bersifat pasif, karena dilaksanakan hanya dengan mengamankan tempat tumbuh atau habitat alamiah suatu jenis. Jenis tumbuhan atau hewan tertentu diberi kesempatan berkembang dan bertahan dalam keadaan lingkungan alam dan habitatnya yang asli tanpa campur tangan manusia. Konservasi atau penyimpanan dengan cara penanaman pada lahan seperti ini seringkali mengakibatkan perubahan genotipe karena gangguan hama dan penyakit, cekaman abiotik ataupun bencana alam. Selain itu, tempat yang luas dan tenaga serta biaya yang besar juga diperlukan untuk mempertahankan kehidupan tumbuhan dan hewan di lapang.

UU Nomor 5 Tahun 1990 menyebutkan bermacam-macam tempat untuk konservasi keanekaragaman hayati secara *in-situ* yaitu:

kawasan pelestarian alam, suaka alam, cagar alam, suaka margasatwa, cagar biosfer, , taman nasional, taman hutan raya, dan taman wisata alam.

Kawasan pelestarian alam adalah kawasan dengan ciri khas tertentu, baik di darat maupun di perairan yang mempunyai fungsi perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari keanekaragaman hayati dan ekosistemnya. Contoh: hutan lindung, hutan raya, taman nasional, suaka margasatwa.

Suaka alam adalah kawasan dengan ciri khas tertentu, baik di darat maupun di perairan yang mempunyai fungsi pokok sebagai kawasan pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya yang juga berfungsi sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan. Contoh: Ujung Kulon (Gambar 5), Gunung Leuser.



Gambar 5. Kawasan Suaka Alam Ujung Kulon (hotelindonesia.net. 2018)

Cagar alam adalah kawasan suaka alam karena keadaan alamnya mempunyai kekhasan tumbuhan, satwa, dan ekosistemnya atau ekosistem tertentu yang perlu dilindungi dan perkembangannya berlangsung secara alami. Contoh: Cagar Alam Kawah Ijen (Gambar 6), Cagar Alam Maninjau.



Gambar 6. Cagar Alam Kawah Ijen (hobiwisata.com)

Suaka margasatwa adalah kawasan suaka alam yang mempunyai ciri khas berupa keanekaragaman dan atau keunikan jenis satwa yang untuk kelangsungan hidupnya dapat dilakukan pembinaan terhadap habitatnya. Contoh: Pulau Komodo dan Pulau Rinca (Gambar 7)



Gambar 7. Suaka Margasatwa Pulau Komodo (calyawisata.com)

Cagar biosfer adalah suatu kawasan yang terdiri dari ekosistem asli, ekosistem unik, dan atau ekosistem yang telah mengalami degradasi yang keseluruhan unsur alamnya dilindungi dan dilestarikan bagi kepentingan penelitian dan pendidikan. Contoh: Cagar Biosfer Giam Siak Kecil (Gambar 8)



Gambar 8. Cagar Biosfer Giam Siak Kecil Bukit Batu Riau
(wikipedia)

Taman nasional adalah kawasan pelesatarian alam yang mempunyai ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata, dan rekreasi. Contoh: Taman Nasional Tanjung Puting, Taman Nasional Way Kambas (Gambar 9).



Gambar 9. Taman Nasional Way Kambas (lampung1.com)

Taman hutan raya adalah kawasan pelestarian alam untuk tujuan koleksi tumbuhan dan atau satwa yang alami atau buatan, jenis asli dan atau bukan asli, yang dimanfaatkan bagi kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, budaya, pariwisata dan rekreasi. Contoh: Taman Hutan Raya Bukit Barisan, Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda (Gambar10).



Gambar 10. Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda (explora.id)

Taman wisata alam adalah kawasan pelestarian alam yang terutama dimanfaatkan untuk pariwisata dan rekreasi alam. Contoh: Kepulauan Raja Ampat, Taman Laut Bunaken, Gunung Rinjani, Pangandaran (Gambar 11).



Gambar 11. Taman Wisata Alam Pangandaran
(disbudpar.sumutprov.go.id)

Konservasi keanekaragaman hayati dan ekosistemnya beraskan pelestarian kemampuan dan pemanfaatannya secara serasi dan seimbang, bertujuan untuk mengusahakan terwujudnya kelestarian dan keseimbangan ekosistemnya sehingga dapat lebih mendukung upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat dan mutu kehidupan manusia.

Konservasi keanekaragaman hayati dan ekosistemnya merupakan tanggung jawab dan kewajiban Pemerintah serta masyarakat; dan dilakukan melalui kegiatan (1) perlindungan sistem penyangga kehidupan; (2) pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya; (3) pemanfaatan secara lestari keanekaragaman hayati dan ekosistemnya.

Sistem penyangga kehidupan merupakan satu proses alami dari berbagai unsur hayati dan non hayati yang menjamin kelangsungan kehidupan makhluk. Perlindungan sistem penyangga kehidupan ditujukan bagi terpeliharanya proses ekologis yang menunjang kelangsungan kehidupan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mutu kehidupan manusia.

Untuk mewujudkan tujuan tersebut di atas, Pemerintah menetapkan: wilayah tertentu sebagai wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan; pola dasar pembinaan wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan; pengaturan cara pemanfaatan wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan.

Setiap pemegang hak atas tanah dan hak perusahaan di perairan dalam wilayah sistem penyangga kehidupan wajib menjaga kelangsungan fungsi perlindungan wilayah tersebut. Dalam rangka pelaksanaan perlindungan sistem penyangga kehidupan, Pemerintah mengatur serta melakukan tindakan penertiban terhadap penggunaan dan pengelolaan tanah dan hak perusahaan di perairan yang terletak dalam wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan.

Wilayah sistem penyangga kehidupan yang mengalami kerusakan secara alami dan atau oleh karena pemanfaatannya serta oleh sebab-sebab lainnya diikuti dengan upaya rehabilitasi secara berencana dan berkesinambungan.

Pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya, dilaksanakan melalui kegiatan: pengawetan jenis tumbuhan dan satwa, dengan menjaga keutuhan kawasan suaka alam agar tetap dalam keadaan asli, dan dilaksanakan baik di dalam maupun di luar kawasan suaka alam. Pengawetan jenis tumbuhan dan satwa di dalam kawasan suaka alam dilakukan dengan membiarkan agar populasi semua jenis tumbuhan dan satwa tetap seimbang menurut proses alami di habitatnya.

Konservasi ex situ

Pengawetan jenis tumbuhan dan satwa di luar kawasan suaka alam dilakukan dengan menjaga dan mengembangbiakkan jenis tumbuhan dan satwa untuk menghindari bahaya kepunahan yang dikenal dengan konservasi ex-situ. Konservasi *ex situ* bersifat aktif, yaitu dilakukan dengan memindahkan suatu jenis tumbuhan atau hewan ke suatu lingkungan atau tempat pemeliharaan baru di luar habitat alamiahnya. Konservasi ini mempunyai kelebihan dibandingkan dengan konservasi *in situ*, karena dapat terhindar dari cekaman biotik, abiotik dan bencana alam. Konservasi pada hewan secara ex-situ dapat dilakukan di kebun binatang dan di lembaga/ rumah-rumah penangkaran hewan.

Konservasi ex situ pada tumbuhan

Metode konservasi *ex situ* pada tumbuhan dapat diterapkan dalam bentuk kebun koleksi, penyimpanan benih, atau penyimpanan bahan tumbuhan dalam medium *in vitro* (Shikhamany, 2006; Indrawan *et al.*, 2007). Metode konservasi berupa kebun koleksi memerlukan lahan yang luas dan kesesuaian faktor-faktor lingkungan tempat konservasi dengan faktor lingkungan habitat asli tumbuhan.

Konservasi tumbuhan yang berupa koleksi benih hanya dapat dilakukan pada tumbuhan berbiji ortodoks (yang tetap viabel/hidup bila dikeringkan). Konservasi tumbuhan yang membentuk benih rekalsitran (benih yang tidak dapat disimpan pada temperatur dan kelembaban rendah) seperti durian, alpokat, rambutan; semi-rekalsitran (benih yang tahan kelembaban rendah tetapi tidak mampu disimpan pada temperatur rendah), dan tumbuhan yang diperbanyak secara vegetatif perlu diupayakan menggunakan teknik konservasi alternatif.

Rahayu (2017) menjelaskan istilah *invitro* sebagai suatu proses yang terjadi di dalam tabung, cawan, atau di tempat lain di luar tubuh organisme. Jadi teknik konservasi *invitro* adalah cara menyimpan atau memelihara bahan tumbuhan dalam bejana kaca yang berisi medium buatan disebut medium kultur jaringan.

Teknik konservasi ini merupakan salah satu aplikasi teknik kultur jaringan tumbuhan yang pada umumnya digunakan untuk

perbanyak, pemuliaan, produksi metabolit sekunder, dan lainnya. Berbeda dengan tujuan perbanyak atau pemuliaan yang dilakukan Rahayu dan Sudarsono (2015), kultur jaringan untuk konservasi mengkondisikan bahan tumbuhan untuk tumbuh lambat atau bahkan tidak tumbuh tetapi tetap hidup.

Konservasi *in vitro* tumbuhan pada hakekatnya adalah salah satu aplikasi teknik kultur jaringan untuk menyimpan bahan tumbuhan dari spesies langka atau dikhawatirkan punah. Teknik ini relevan diterapkan untuk tumbuhan endemik yang memiliki benih rekalsitran (benih dengan kadar air tinggi); atau tumbuhan yang sulit membentuk biji, atau lazim diperbanyak secara vegetatif (Rajashekar, 2008 dalam Rahayu, 2017).

Prinsip konservasi *in vitro* adalah menyimpan bahan tumbuhan dalam kultur *in vitro* yang efisien (tidak terlalu sering melakukan sub-kultur sehingga menghemat tenaga, bahan dan waktu), tidak mengubah komposisi genetika tumbuhan dan tetap mempertahankan daya hidup atau viabilitas tumbuhan ketika dikeluarkan dari kultur *in vitro* (Withers & Engelmann, 1997; Engelmann & Engles, 2002; Paunesca, 2009; Kaviani, 2010).

Teknik konservasi salah satunya dengan pertumbuhan minimal. Teknik pertumbuhan minimal adalah teknik menumbuhkan bahan tumbuhan dalam medium tanam dan kondisi kultur agar kecepatan pertumbuhan bahan tumbuhan tersebut sangat rendah sehingga tidak perlu terlalu sering dipindah ke medium baru

(Engelmann & Engels, 2002; Engelmann, 2011). Perlakuan untuk meminimalkan kecepatan pertumbuhan dilakukan dengan memodifikasi medium tanam, yaitu menurunkan konsentrasi nutrisi, menambahkan zat penghambat dan atau zat yang dapat menurunkan potensial air. Selain itu juga dapat memodifikasi lingkungan kultur, yaitu menurunkan temperatur, intensitas cahaya dan fotoperiodisme (Engelmann, 2011).

Penyimpanan kultur secara *in vitro*, diperlukan pengetahuan metode regenerasi *in vitro* yang optimal sehingga bila diperlukan, kultur dapat ditumbuhkan kembali menjadi tumbuhan normal. Jenis organ atau bahan tumbuhan yang akan dikonservasi, komposisi medium, kondisi fisik kultur dan metode regenerasi pada suatu spesies bersifat spesifik sehingga selalu diperlukan penelitian sebelum melaksanakan konservasi atau penyimpanan *in vitro*.

Konservasi secara *in vitro* memerlukan pemecahan beberapa masalah yaitu (1) jenis organ atau bahan tumbuhan yang tepat sebagai eksplan yang dikonservasi secara *in vitro*; (2) komposisi medium tanam dan kondisi fisik kultur yang efektif dan efisien dalam konservasi secara *in vitro*; dan (3) efektivitas metode konservasi *in vitro*.

Metode konservasi tumbuhan secara *in vitro* (*berbagaireviews.com*, 2018) dapat dilakukan melalui tiga cara, yaitu melalui perbanyakan tunas dari mata tunas apikal, melalui

pembentukan tunas adventif, dan embriogenesis somatik, baik secara langsung maupun melalui tahap pembentukan kalus.

Ada dua tipe jaringan yang digunakan sebagai eksplan dalam pengerjaan kultur jaringan. (1) Jaringan muda yang belum mengalami diferensiasi dan masih aktif membelah (meristematik) sehingga memiliki kemampuan regenerasi yang tinggi. Jaringan tipe pertama ini biasa ditemukan pada tunas apikal, tunas aksiler, bagian tepi daun, ujung akar, maupun kambium batang. (2) Jaringan parenkima, yaitu jaringan penyusun tanaman muda yang sudah mengalami diferensiasi dan menjalankan fungsinya. Contoh jaringan tersebut adalah jaringan daun yang sudah berfotosintesis dan jaringan batang atau akar yang berfungsi sebagai tempat cadangan makanan.

Macam-macam metode pada teknik kultur jaringan dapat ditinjau dari macam media tanam, eksplan yang dipakai atau bahan, dan cara pemeliharaannya. Berdasarkan dari macam media tanam yang dipakai, metode kultur dibedakan menjadi dua yakni metode padat dan metode cair.

Metode padat atau *solid method* adalah teknik kultur jaringan dengan menggunakan media padat. Media padat ialah media yang didalamnya terkandung semua komponen-komponen kimia yang dibutuhkan oleh tanaman tersebut yang kemudian akan dipadatkan dengan menambahkan suatu zat pematat. Zat pematat dapat berupa agar-agar batangan, bubuk, ataupun sebuah kemasan

kaleng yang biasanya dipakai untuk media padat pada teknik kultur jaringan. Metode padat ini banyak digunakan guna teknik kloning, untuk menumbuhkan protoplasma setelah diisolasikan, dan kegunaan yang lainnya. Perlu diketahui juga bahwa penggunaan media yang terlalu padat akibatnya membuat akar sukar untuk tumbuh karena akar akan sulit menembus ke dalam media sehingga membuat proses kultur cenderung gagal.

Metode cair atau *liquid method* adalah teknik kultur jaringan dengan menggunakan media cair. Media cair dapat berupa larutan nutrien tanpa harus memerlukan zat pematat. Pembuatan media cair ini cenderung lebih cepat, namun kurang praktis sebab apabila terlalu cair dapat menyulitkan pertumbuhan eksplan menjadi kalus sehingga keberhasilannya yang sangat minim. Pertumbuhan tersebut tidak akan terjadi sebab eksplannya tenggelam. Oleh karena itu, teknik kultur jaringan dengan menggunakan metode cair pada umumnya digunakan pada eksplan satu diantaranya yaitu suspensi sel.

Berdasarkan eksplan atau bahan yang dipakai, metode kultur dibedakan menjadi: kultur anthera (kultur haploid), kultur meristem, kultur endosperma, kultur protoplasma, kultur spora, kultur suspensi sel, dan lain sebagainya. Kultur haploid adalah kultur yang menggunakan bagian reproduksi suatu tanaman sebagai eksplannya, seperti: tepung sari, ovule, kepala sari, dan lain sebagainya sehingga dapat menghasilkan tanaman haploid. Kultur protoplasma

menggunakan sel yang telah dilepas dari bagian dinding selnya, karena enzim tersebut sebagai eksplannya. Kultur protoplasma digunakan pada umumnya untuk keperluan hibridisasi somatik ataupun fusi sel soma.

Kultur suspensi yang dijadikan eksplannya pada umumnya yaitu kalus atau jaringan meristem yang dalam bentuk sel maupun agregat. Pada kultur suspensi pada umumnya memakai media cair dengan pengocokan secara terus menerus dengan menggunakan shaker.

Kultur kalus yang dijadikan eksplannya adalah sekumpulan sel, seperti jaringan parenkim. Kultur organ memakai bagian-bagian tertentu dari sebuah tanaman sebagai eksplan seperti buku batang, akar, helaian daun, buah muda, tangkai daun, pucuk, bunga, dan lain sebagainya. Kultur biji dengan memanfaatkan biji atau seedling sebagai eksplan.

Keberhasilan metode konservasi invitro bergantung pada efisiensi dan stabilitas genetik. Metode konservasi invitro yang efisien harus mampu menekan pertumbuhan bahan tumbuhan sehingga secara signifikan memperpanjang periode waktu antar subkultur, serta mampu menghemat sumber daya tenaga, waktu, dan biaya. Stabilitas genetik dalam konservasi invitro berarti tidak menyebabkan perubahan materi genetik, dan mampu mempertahankan potensi pertumbuhan dan perkembangan bahan tumbuhan yang disimpan (Rahayu, 2017).

Untuk memenuhi prinsip efisiensi dan stabilitas, konservasi invitro dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama, pengadaan atau pemilihan bahan tumbuhan yang akan disimpan. Tahap kedua, penyimpanan bahan tumbuhan dalam mediaum pelestarian dalam jangka waktu yang dipilih. Tahap ketiga, recovery dalam rangka pengujian stabilitas genetik dan viabilitas bahan tumbuhan setelah disimpan dalam mediaum pelestarian.

Metode konservasi in vitro dapat dibedakan menjadi tiga macam berdasarkan jangka waktu penyimpanannya (Tabel 1).

Tabel 1. Macam-macam Metode Pelestarian In Vitro (Rahayu, 2017)

Metode Pelestarian	Jangka Pendek	Jangka Menengah	Jangka Panjang
Prinsip dasar: Memberi kondisi agar:	Metabolisme dan pertumbuhan berjalan optimal	Metabolisme dan pertumbuhan di bawah titik optimal	Metabolisme dan pertumbuhan jauh di bawah titik optimal
Medium penyimpanan			
1. Konsentrasi medium	100% sesuai kebutuhan	Di bawah 100%	Nitrogen cair
2. Zat Pengatur Tumbuh (ZPT)	ZPT pemacu pertumbuhan	ZPT inhibitor/retardant	-
3. Penambahan	-	osmoregulator	-

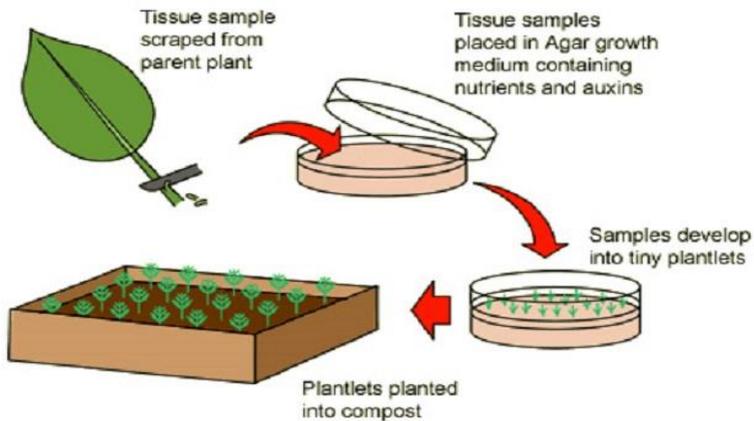
Kondisi fisik kultur	Suhu optimal sesuai kebutuhan	Suhu di bawah titik optimal	Suhu jauh di bawah titik optimal (-196°C)
Frekuensi subkultur	tinggi	sedang	Tidak perlu subkultur
Efisiensi	rendah	sedang	tinggi

Di Indonesia, metode pelestarian invitro yang paling banyak dilakukan adalah pelestarian jangka menengah, karena efisien, risiko kontaminan, mutasi, dan kebutuhan sumber daya lebih rendah dibandingkan pelestarian jangka pendek. Pelestarian jangka panjang atau teknik pembekuan atau kriopreservasi memerlukan laboratorium, sarana-prasarana, alat, teknologi, dan keterampilan sumber daya yang tinggi.

Teknik pelestarian in vitro dilakukan dengan memelihara bahan tumbuhan dalam botol yang berisi medium kultur, dan diletakkan di ruang inkubasi laboratorium. Ruang ini harus steril, tertutup, dan dengan kondisi lingkungan yang sangat terkontrol. Laboratorium kultur jaringan tidak dipengaruhi oleh fluktuasi kondisi lingkungan dan bebas dari gangguan biotik.

Tahapan konservasi in vitro tumbuhan

Untuk membantu proses replikasi tanaman dengan menggunakan teknik kultur jaringan harus dengan melalui serangkaian proses. Adapun tahapan-tahapan kultur jaringan adalah sebagai berikut (Gambar 12)



Gambar 12. Tahapan Kultur Jaringan Tumbuhan
(Sumber: berbagaireview.com)

Tahapan kultur jaringan adalah pembuatan media, inisiasi, sterilisasi, multiplikasi, pengakaran, dan aklimatisasi.

Media adalah faktor yang sangat penting dalam kultur jaringan. Media tersebut dapat berupa hormon, vitamin, atau garam mineral. Media yang digunakan harus steril terlebih dahulu, sehingga sebelum proses kultur jaringan dilakukan, media yang telah

disiapkan tersebut ditempatkan di tabung reaksi dan kemudian dipanaskan dengan autoklaf. Media yang diambil harus sudah dipersiapkan di greenhouse supaya bebas kontaminan pada saat dikultur nanti.

Tahap inisiasi merupakan suatu proses pengambilan eksplan dari bagian pada tanaman yang akan dikultur. Sumber eksplan yang harus memenuhi kriteria seperti jelas jenisnya, varietas, bebas dari hama dan penyakit, spesies. Salah satu bagian tanaman yang sering digunakan adalah tunas. Eksplan berupa mata tunas, diambil dari pohon induk yang fisiknya sehat. Tunas tersebut selanjutnya disterilkan dengan alkohol 70%, HgCl₂ 0,2%, dan Clorox 30%. Inisiasi tunas. Eksplan yang telah disterilkan di-kulturkan dalam media kultur (MS + BAP). Setelah terbentuk tunas, tunas tersebut disubkultur dalam media multiplikasi (MS + BAP) dan beberapa komponen organik lainnya. Setelah eksplannya sudah dipersiapkan, eksplan tersebut dikultur agar dapat menginisiasi pertumbuhan baru sehingga dapat memungkinkan pemilihan salah satu bagian tanaman yang tumbuhnya paling kuat guna perbanyak tanaman ke tahap yang berikutnya.

Tahap sterilisasi dilakukan karena pada kultur jaringan setiap proses harus dilakukan pada tempat yang steril, yaitu di laminar flow serta memakai berbagai alat yang steril. Peralatan yang digunakan pada umumnya disterilisasi terlebih dahulu dengan cara menyemprotkan etanol ke alat tersebut. Selain itu, orang yang akan

melakukan kultur tersebut juga harus dalam keadaan yang steril pula.

Multiplikasi merupakan kegiatan untuk memperbanyak calon tanaman baru dengan cara menanam eksplan yang telah dipilih ke media. Guna mencegah gagal tumbuh eksplan tersebut, proses multiplikasi lebih baik dilakukan pada laminar flow. Multiplikasi dilakukan secara berulang sampai diperoleh jumlah tanaman yang dikehendaki, sesuai dengan kapasitas laboratorium. Setiap siklus multiplikasi berlangsung selama 2–3 bulan. Untuk biakan (tunas) yang telah responsif stater cultur, dalam periode tersebut dari 1 tunas dapat dihasilkan 10-20 tunas baru. Setelah tunas mencapai jumlah yang diinginkan, biakan dipindahkan (dikulturkan) pada media perakaran.

Pengakaran adalah tahapan setelah multiplikasi dan merupakan fase dimana eksplan akan membentuk pucuk serta akar tanaman baru yang kuat sehingga mampu untuk bertahan hidup pada saat dipindahkan dari lingkungan hidup *in vitro* ke lingkungan hidup luar. Perakaran menggunakan media MS + NAA. Proses perakaran pada umumnya berlangsung selama 1 bulan. Planlet (tunas yang telah berakar) diaklimatisasikan sampai bibit cukup kuat untuk ditanam dilapang. Peristiwa pengakaran mengindikasikan bahwa proses kultur jaringan berjalan dengan lancar.

Tahap aklimatisasi adalah tahap untuk memindahkan eksplan dari awalnya di lingkungan *in vitro* ke lingkungan luar.

Aklimatisasi harus dilakukan secara hati-hati dan juga bertahap, yaitu dengan cara memberikan sungkup. Sungkup tersebut kemudian akan dilepaskan apabila tanaman baru yang sudah berhasil kultur sudah mampu untuk beradaptasi dengan lingkungan luar tersebut. Supaya tanaman baru tersebut tumbuh dengan baik, harus dilakukan pemeliharaan yang prinsip utamanya hampir serupa dengan pemeliharaan pada tanaman generatif. Aklimatisasi dapat dilakukan di rumah kaca, rumah kasa atau pesemaian, yang kondisinya (terutama kelembaban) dapat dikendalikan.

Untuk mendapatkan varietas baru melalui kultur jaringan, dapat dilakukan dengan cara mengisolasi protoplas dari dua macam varietas yang difusikan, sehingga terjadi penggabungan sifat-sifat yang baik dari kedua jenis tanaman tersebut hingga terjadi hibrid somatik. Contohnya transfer khloroplas dari tanaman tembakau berwarna hijau ke dalam protoplas tanaman tembakau yang albino, hasilnya sangat memuaskan karena tanaman tembakau menjadi hijau pula. Contoh lain adalah keberhasilan mentransfer khloroplas dari tanaman jagung ke dalam protoplas tanaman tebu.

C. Konservasi Satwa

Penyebab menurunnya keanekaragaman satwa yang ada di Indonesia merupakan dampak dari kerusakan hutan. Kemajuan alat komunikasi zaman sekarang juga menjadi informasi pengambilan flora dan fauna ilegal yang dijadikan sebagai barang jual beli membuat hewan dan tumbuhan Indonesia menjadi berkurang bahkan punah. Solusi untuk mengatasi kepunahan satwa adalah: (1) Program untuk penangkaran satwa liar, (2) Konservasi in-situ dan konservasi ex-situ, dan (3) Memperluas habitat untuk satwa-satwa liar.

Penangkaran merupakan salah satu upaya pengembangbiakan jenis di luar habitat aslinya dan sedemikian rupa menyerupai lingkungan aslinya. Penangkaran dilakukan oleh lembaga konservasi. Kegiatan penangkaran jenis satwa liar dapat dilakukan atas *izin* Menteri Kehutanan. *Izin* dapat diberikan kepada: (1) setiap orang (2) badan hukum (3) koperasi, atau (4) Lembaga Konservasi. *Izin* kegiatan penangkaran yang diberikan tersebut juga sekaligus merupakan *izin* untuk dapat menjual hasil kegiatan penangkaran setelah memenuhi standar kualifikasi kegiatan penangkaran tertentu. Standar kualifikasi kegiatan penangkaran ditetapkan dengan dasar: (1) batas jumlah populasi jenis satwa hasil Lembaga Konservasi satwa (2) profesionalisme kegiatan Lembaga Konservasi satwa (3) tingkat kelangkaan jenis satwa liar yang ditangkarkan.

Habitat adalah lingkungan tempat tumbuhan atau satwa dapat hidup dan berkembang secara alami. Salah satu hilangnya keanekaragaman hayati disebabkan hilangnya habitat dan fragmentasi. Hal ini terjadi karena dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk dan sumber daya yang dikonsumsi, ekosistem sebagai habitat satwa liar yang semula tidak terusik telah menyusut luasannya. Solusi mengatasi masalah kepunahan satwa liar dengan memperluas habitat menjadi hal yang sulit dilakukan. Sementara daerah yang dilindungi untuk habitat hewan tetap memegang peranan penting. Hal yang dapat dilakukan adalah dengan teknik manajemen kehutanan, pertanian, dan perikanan yang memberi tempat untuk konservasi keanekaragaman hayati. Selain itu, jaringan nasional dan daerah yang dilindungi harus diperkuat dan diperluas agar mencakup semua bioma dan ekosistem.

Perlindungan ekosistem juga harus dilengkapi dengan konservasi spesies yang mudah punah melalui konsevasi ex-situ di alam bebas, kebun binatang, kebun raya, akuarium, atau bank benih. Dalam banyak kasus, pilihan ex-situ merupakan upaya terakhir untuk penyelamatan spesies yang terancam punah, namun perlu dilakukan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dan mengembangkan produk atau jasa keanekaragaman hayati.

IV. HASIL PENELITIAN

KONSERVASI KEANEKARAGAMAN HAYATI

A. Penelitian Konservasi Tumbuhan

Konservasi *in vitro* Karika Dieng Wonosobo Jawa Tengah dilakukan oleh Rahayu (2012). Karika Dieng: *Carica pubescens* Lenne & K.Koch (sinonim dari *Vasconcellea pubescens*) merupakan salah satu tumbuhan endemik yang hanya tumbuh di dataran tinggi Dieng Kabupaten Wonosobo Jawa Tengah dan Pulau Bali (Gambar 13). Tumbuhan tersebut hanya dapat tumbuh optimal dan berbuah pada ketinggian 1.500 hingga 3.000 m dari permukaan laut (Verheij & Coronel, 1997; Hidayat, 2001).



Gambar 13. Karika Dieng (Rahayu, 2012)

Di wilayah Dieng *C. pubescens* hanya tumbuh di Kecamatan Kejajar, terutama di dua desa, yaitu Sikunang dan Sembungan (observasi langsung 2008, 2009, 2010, 2011). Populasi tumbuhan tersebut pada tahun 2011 diperkirakan sebanyak 32.750 tumbuhan dengan potensi hasil sebanyak 131 ton/bulan, namun kenyataannya rata-rata hanya dihasilkan 78 ton/bulan. Hal ini karena aktivitas budidaya yang tidak optimal; yaitu tidak dipelihara secara intensif dan hanya ditanam sebagai tanaman sampingan di perbatasan lahan atau pematang kebun kentang (komunikasi langsung dengan Dinas Pertanian Kabupaten Wonosobo 2011).

Karika Dieng keberadaannya bergantung kepada upaya konservasi. Tumbuhan yang ditetapkan sebagai flora khas Kabupaten Wonosobo ini mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap virus yang menyerang pepaya sehingga sangat bernilai dalam program pemuliaan pepaya (Verheij & Coronel, 1997), dan berpotensi untuk dijadikan komoditas andalan dengan nilai ekonomi tinggi. Meskipun mempunyai nilai ekonomi yang cukup tinggi namun minat petani bertanam Karika dieng relatif rendah dibandingkan dengan bertanam kentang. Populasi karika dieng dari tahun ke tahun tidak meningkat secara signifikan.

Dorongan untuk membudidayakan karika secara intensif telah dilakukan oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Wonosobo (komunikasi langsung dengan Dinas Pertanian Kabupaten Wonosobo, 2011), namun hasilnya belum seperti yang diharapkan.

Karena kegiatan budidaya belum optimal, untuk mencegah penurunan populasi yang mengarah pada kerawanan perlu dilakukan upaya konservasi.

Penelitian dilakukan untuk menentukan medium konservasi *in vitro* yang efektif pada karika dieng, telah dilakukan penelitian untuk menentukan medium konservasi teknik pertumbuhan minimal melalui: 1) penurunan konsentrasi nutrisi medium MS dan penambahan osmoregulator (sukrose, manitol dan atau sorbitol) ke dalam medium MS; dan 2) penurunan konsentrasi nutrisi dan penambahan inhibitor (Rahayu *et al.* 2009). Bahan tumbuhan yang digunakan sebagai eksplan adalah kuncup apikal dari tunas *in vitro* yang dipotong sepanjang 1-2 mm, atau ujung kecambah yang dihasilkan dari perkecambahan biji secara *in vitro* (Rahayu, 2009b).

Penelitian pertama dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap dengan penurunan konsentrasi nutrisi dan penambahan osmoregulator. Setiap perlakuan dilakukan dengan ulangan 3 kali. Unit percobaan berupa 5 botol kultur yang masing-masing ditanami satu eksplan.

Penelitian kedua merupakan lanjutan dari penelitian pertama. Pada penelitian ini, tunas *in vitro* sepanjang kurang lebih 20 mm dan mempunyai sepasang primordia daun dipelihara dalam medium konservasi dengan 12 kombinasi perlakuan. Keragaan tunas yang diamati meliputi terjadinya nekrosis, klorosis,

pengguguran daun dan tinggi tumbuhan. Data dianalisis secara deskriptif (Rahayu *et al.*, 2010).

Medium MS dibuat dengan cara standar, ditambah BA 2,5 mg/l dengan konsentrasi nutrisi dan penambahan osmoregulator atau inhibitor sesuai perlakuan. Medium dituang ke dalam botol kultur masing-masing sebanyak 30 cc. Ke dalam setiap botol kultur ditanam satu kuncup apikal. Botol kultur yang berisi eksplan diletakkan di atas rak kultur secara acak sesuai rancangan percobaan, di dalam ruang inkubasi tertutup bertemperatur 15°C dalam kondisi gelap 24 jam. Kultur sebagian dipelihara selama 4 bulan, dan sebagian yang lain dipelihara sampai 6 bulan tanpa sub-kultur.

Variabel yang diamati adalah keragaan atau morfologi tunas setelah dipelihara dalam medium konservasi *in vitro* selama 4 bulan dan 6 bulan. Keragaan tunas yang diamati meliputi terjadinya nekrosis, klorosis, pengguguran daun dan tinggi tumbuhan. Data dianalisis secara deskriptif.

Pada penelitian pertama, dalam medium dengan konsentrasi nutrisi MS 100% dan 75% semua tunas yang ditanam tetap tumbuh, sebaliknya pada MS 50% tunas tidak tumbuh. Tinggi tunas nyata menurun dibandingkan kontrol mulai perlakuan MS 75%. Semua perlakuan penambahan osmoregulator mengakibatkan persentase tumbuh dan tinggi tunas nyata lebih rendah dibandingkan kontrol, dan ada kecenderungan semakin tinggi konsentrasi osmoregulator, persentase hidup dan tinggi tunas semakin menurun. Pada perlakuan

sukrose (60g) dan sukrose (20g) + manitol (20g) + sorbitol (20g) semua tunas memucat atau klorosis (Gambar 14b) atau mengalami kekeringan atau nekrosis (Gambar 14c), atau gugur daun. Tunas yang tumbuh normal (Gambar 14a) kemudian ditanam dalam medium regenerasi.



Gambar 14. Keragaan tunas setelah ditumbuhkan pada berbagai medium pelestarian selama 4 bulan. (a) Sebagian tetap segar, (b) klorosis, dan (c) nekrosis

Dari hasil analisis data penelitian kedua dapat diketahui bahwa pada hampir semua perlakuan, tunas dapat bertambah tinggi setelah dipelihara dalam medium konservasi selama 6 bulan, kecuali pada dua perlakuan yaitu konsentrasi nutrisi 50% dengan penambahan asam absisat 6% dan *paclobutrazol* 7% tidak bertambah tinggi bahkan tunas tampak mengalami nekrosis yang berat pada seluruh bagian sehingga mati. Makin rendah konsentrasi nutrisi dan makin tinggi konsentrasi zat penghambat, pertumbuhan tunas cenderung makin rendah. Tunas paling tinggi dicapai pada tiga macam kombinasi perlakuan, yaitu konsentrasi nutrisi 75% yang masing-masing ditambah asam absisat 2% dan 4%, dan *paclobutrazol* 3%.

Morfologi tunas setelah dipelihara dalam medium pelestarian pada umumnya normal atau tidak terjadi klorosis maupun nekrosis, kecuali pada beberapa perlakuan tertentu. Pada konsentrasi nutrisi 75% yang ditambah asam absisat 6% dan yang ditambah *paclobutrazol* 7% terjadi nekrosis dan gejala ini berlanjut sampai dengan dipelihara dalam medium regenerasi. Pada konsentrasi nutrisi 75% ditambah *paclobutrazol* 5% dan 7% terjadi klorosis setelah keluar dari medium pelestarian, namun gejala tersebut menghilang setelah dipelihara dalam medium regenerasi. Pada konsentrasi nutrisi 50% ditambah asam absisat 6% dan konsentrasi nutrisi 50% ditambah *paclobutrazol* 7% semua tunas tampak mengalami nekrosis yang berat pada seluruh bagian sehingga tidak dipelihara lebih lanjut dalam medium regenerasi.

Berdasarkan hasil pengamatan morfologi atau keragaan tersebut disimpulkan bahwa medium konservasi dengan konsentrasi nutrisi 75% MS ditambah ABA 4% atau *paclobutrazol* 3%, dan konsentrasi nutrisi 50% MS ditambah ABA 4% atau *paclobutrazol* 3% merupakan medium yang efektif untuk menyimpan tunas karika selama 6 bulan; karena dapat menekan pertumbuhan namun mempertahankan viabilitas tinggi pada tunas *in vitro* karika dieng.

Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan komposisi medium konservasi yang dapat menurunkan kecepatan tumbuh untuk masa penyimpanan 6 bulan. Dalam penelitian tersebut kondisi fisik kultur diberikan dalam rentang optimal, yaitu temperatur 24 °C

dan pemberian cahaya 24 jam. Untuk lebih menurunkan kecepatan pertumbuhan dan memperpanjang masa penyimpanan dilakukan penurunan kondisi fisik kultur, yaitu penurunan temperatur dan lama penyinaran (Rahayu *et al.*, 2011). Tunas *in vitro* sepanjang kurang lebih 2 cm dan mempunyai sepasang primordia daun dijadikan sebagai eksplan.

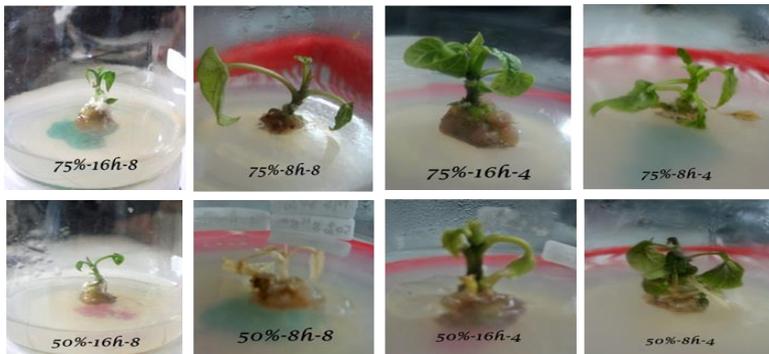
Penelitian selanjutnya dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan tiga faktor 1) penurunan konsentrasi nutrisi 75% dan 50% dari konsentrasi optimal MS (Rahayu *et al.*, 2010); penurunan temperatur 8°C dan 4°C (Gopal *et al.*, 2002); dan penurunan lama penyinaran (16 jam dan 8 jam). Dengan demikian ada 8 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan dilakukan dengan ulangan 3 kali. Unit percobaan berupa 2 botol kultur yang masing-masing ditanami satu eksplan.

Medium MS dibuat dengan cara yang sama seperti pada percobaan sebelumnya, dengan konsentrasi nutrisi sesuai perlakuan. Medium dituang ke dalam botol kultur berukuran 150 cc masing-masing sebanyak 30 cc. Ke dalam setiap botol kultur ditanam satu tunas. Botol kultur yang berisi eksplan diletakkan di atas rak kultur secara acak sesuai rancangan percobaan, di dalam ruang refrigerator yang temperatur dan lama penyinarannya diatur sesuai perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tunas yang dipelihara dalam medium penyimpanan dengan penurunan konsentrasi nutrisi, temperatur dan lama penyinaran mempunyai pertumbuhan dan

keragaan yang berbeda antara satu perlakuan dengan yang lain. Tunas yang dipelihara dalam medium konservasi ada yang menunjukkan pertumbuhan normal, bertambah tinggi, dan daun bertambah lebar, banyak dan tetap hijau (Gambar 15 b,c,d). Sebaliknya ada pula yang pertumbuhannya terhambat, batang tidak bertambah tinggi (Gambar 15 a, e); daun menguning atau memutih, bahkan ada yang gugur (Gambar 15 f).

Tinggi tunas pada awal penanaman di medium penyimpanan adalah 2 cm dengan 2 helai daun yang telah membuka. Setelah 6 bulan dalam medium penyimpanan *in vitro* ternyata tinggi tunas tidak bertambah pada perlakuan lama penyinaran 8 jam/hari, baik pada perlakuan temperatur 8 °C dan 4 °C, serta pada nutrisi 75% atau 50%.



Gambar 15. Keragaan tunas karika dieng setelah dipelihara dalam medium penyimpanan dengan penurunan konsentrasi nutrisi (%), lama penyinaran (h/jam), dan temperatur selama 6 bulan.

Batang yang tidak bertambah tinggi tersebut sebagian atau seluruhnya mempunyai tekstur lembek (Gambar 15 h) bahkan ada yang mati. Sebaliknya pada lama penyinaran 16 jam/hari tinggi batang bertambah dengan tekstur keras atau normal. Jumlah daun bertambah pada semua perlakuan, dan pertambahannya bervariasi antara satu perlakuan dengan yang lain. Pada lama penyinaran 16 jam sebagian besar daun mempunyai pigmentasi yang normal (Gambar 15c), sedangkan pada lama penyinaran 8 jam terjadi bahkan ada yang memutih (Gambar 15f).

Medium yang memungkinkan tunas tetap tegar sampai pada tahap ini belum dapat disimpulkan sebagai medium konservasi yang optimal, meskipun dapat dinyatakan sebagai medium yang potensial. Untuk dapat dinyatakan sebagai medium optimal harus dilakukan terlebih dahulu pengujian daya tumbuh tunas pada medium regenerasi setelah keluar dari medium penyimpanan; dan lebih lengkap lagi bila dilakukan pula kajian stabilitas genetiknya. Medium konservasi yang mengakibatkan tunas tetap hidup di medium konservasi tersebut, dan dapat mengembalikan daya tumbuhnya ketika dipelihara di medium regenerasi serta stabil karakter genetiknya adalah medium konservasi yang optimal.

B. Penelitian Konservasi Hewan

1. Konservasi hewan secara *in-situ*

Konservasi *in-situ* pada hewan dilakukan untuk menentukan keanekaragaman dan prioritas konservasi di suatu kawasan. Beberapa contoh penelitian konservasi hewan secara *in-situ* adalah sebagai berikut.

Kurniati (2003) telah melakukan penelitian tentang amfibi dan reptilia Cagar Alam Gunung Supiori diperoleh kesimpulan bahwa populasi kodok *Platymantis papuensis* dan kodok *Litoria infrafrenata* sangat mendominasi daerah sekitar sungai dan rawa-rawa dataran rendah. Populasi biawak *Varanus indicus* dan ular *Cndoia aspera* masih baik di daerah sekitar cagar alam.

Penelitian Kusrini (2007) tentang konservasi amfibi di Indonesia diperoleh kesimpulan dan juga merupakan kendala dalam konservasi amfibi di Indonesia yaitu (1) terdapat enam faktor yang menjadi penyebab turunnya populasi amfibi di Indonesia yaitu penangkapan lebih, hilangnya hutan dan lahan basah, pencemaran, penyakit, spesies introduksi dan kecacatan. (2) konservasi amfibi di Indonesia masih menghadapi banyak tantangan antara lain disebabkan oleh kurangnya pengetahuan masyarakat tentang amfibi dan rendahnya kuantitas serta kualitas peneliti Indonesia di bidang amfibi. (3) untuk menjawab kemungkinan penurunan populasi amfibi di Indonesia, diperlukan berbagai tindakan (aksi), antara lain: mengidentifikasi jenis dan populasi yang mengalami penurunan

populasi serta faktor penyebab ancamannya, revisi daftar jenis yang perlu masuk dalam undang-undang perlindungan, dan peningkatan program pendidikan konservasi amfibi bagi masyarakat.

Kuswanda (2010) melakukan penelitian konservasi burung di kawasan Taman Nasional Batang Gadis (TNBG). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi ilmiah mengenai pengaruh komposisi tumbuhan terhadap keanekaragaman burung sebagai bahan masukan untuk mengembangkan program, karena kerusakan hutan mengakibatkan beragam jenis burung menjadi terancam punah.

Penelitian kesintasan undur-undur dengan perbedaan berbagai jenis umpan semut telah dilakukan oleh Warih *et al.*, (2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesintasan undur-undur terjadi pada semua perlakuan yakni pada umpan semut yang berupa air gula, sirup, dan kulit udang, hal ini ditunjukkan dengan jumlah undur-undur yang hidup hingga akhir penelitian sebanyak 93-97%, pada kelompok tanpa perlakuan (alami) kesintasannya hanya 80%. Kesimpulan penelitian bahwa pemberian umpan semut sebagai makanan undur-undur dapat meningkatkan kesintasan undur-undur. Tiarani *et al.*, (2014) melakukan penelitian untuk mengetahui kesintasan undur-undur pada media aklimatisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa undur-undur dapat sintas pada media aklimatisasi, yaitu tanah kering dan abu. Undur-undur mengalami penambahan berat dan panjang selama penelitian.

Beberapa penelitian mengenai burung telah dilakukan, namun prioritas konservasi burung-burung belum ditentukan. Penelitian Hadiprayitno *et al.*, (2016) bertujuan menentukan prioritas konservasi burung di daerah Gunung Rinjani. Analisis prioritas konservasi burung di Gunung Rinjani menunjukkan bahwa *Otus jolandae* memiliki skor tertinggi (65) dan harus menjadi prioritas pertama untuk konservasi, sementara *Philemon buceroides* dan *Gallus varius* dengan skor sama (60) adalah prioritas kedua untuk dikonservasi.

2. Konservasi hewan secara ex-situ

Konservasi satwa langka pada umumnya dilaksanakan secara *ex-situ* yang dilakukan di luar habitatnya oleh lembaga konservasi, baik berupa lembaga pemerintah maupun lembaga non-pemerintah (Peraturan menhut No P. 31/Menhut-II/2012). Konservasi *ex-situ* dilakukan melalui penangkaran satwa, merupakan salah satu upaya pengembangbiakan satwa di luar habitat aslinya, sedemikian rupa sehingga menyerupai lingkungan aslinya.

Konservasi *ex-situ* beruang madu (*Helarctos malayanus*) telah dilakukan di Kawasan Wisata Pendidikan Lingkungan Hidup (KWPLH) Balikpapan Kalimantan Timur (Ngabekti, 2013). Setyowati *et al* (2018) konservasi buaya muara di Taman Margasatwa Semarang.

a. Konservasi beruang madu (*Helarctos malayanus*)

Beruang madu merupakan salah satu fauna yang dilindungi perundang-undangan Indonesia (Gambar). Dalam buku jenis-jenis hayati yang dilindungi perundang-undangan Indonesia (Noerdjito dan Maryanto, 2001), beruang madu termasuk fauna yang dilindungi melalui Lampiran SK Menteri Pertanian Nomor 66/Kpts/Um/2/1973 Jakarta 14 Februari 1973 Tentang Penetapan Tambahan Jenis-jenis Binatang Liar yang Dilindungi disamping Jenis-jenis Binatang Liar yang Dilindungi Berdasarkan *Dierenbeschermings Ordonnantie 1931* dan *Dierenbeschermings Verordening 1931* dan Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 421/Kpts/Um/8/1970 dan Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 327/Kpts/Um/8/1972.



Gambar 9. Beruang Madu Kalimantan (goriau.com)

Konservasi beruang madu masih sangat jarang dilakukan. Beruang ini telah terdaftar dalam *Appendix I of the Convention on International Trade in Endangered Species (CITES)* sejak tahun 1979 yang menyatakan tidak boleh diburu. Konservasi *ex-situ* merupakan metode konservasi yang mengkonservasi spesies di luar distribusi alami dari populasi tertuanya. Konservasi ini merupakan proses melindungi spesies tumbuhan dan hewan (langka) dengan mengambilnya dari habitat yang tidak aman atau terancam dan menemukannya atau baginya di bawah perlindungan manusia.

Habitat beruang madu di alam terdapat di daerah hujan tropis Asia Tenggara. Penyebarannya terdapat di pulau Borneo, Sumatera, Indocina, Cina Selatan, Burma, serta Semenanjung Malaya. Beruang madu di masa lalu diketahui tersebar hampir di seluruh benua Asia, namun sekarang menjadi semakin jarang akibat kehilangan dan fragmentasi habitat. Beruang madu telah dikategorikan hewan yang telah terancam kelangsungan hidupnya. Hal ini disebabkan oleh pengrusakan habitat yang berlangsung terus menerus. Ancaman terbesar bagi beruang madu adalah semakin hilangnya habitat yang berupa hutan hujan tropis, termasuk diantaranya fragmentasi dan degradasi hutan yang disebabkan oleh perilaku manusia berupa pembalakan hutan secara liar serta penebangan hutan untuk keperluan perkebunan karet, kelapa sawit serta kopi.

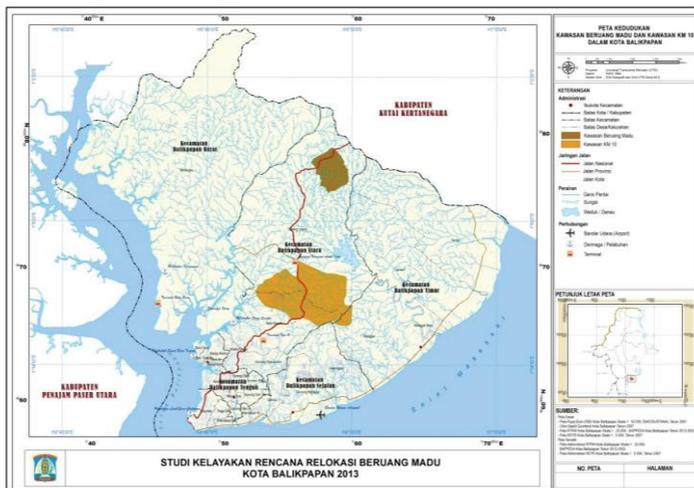
Ancaman lain bagi beruang madu adalah adanya perburuan, baik di dalam maupun di luar kawasan perlindungan. Bagian tubuh beruang madu seperti kantung empedu serta cairannya banyak diperdagangkan secara gelap untuk memenuhi permintaan pasar pengobatan tradisional. Selain itu, konflik yang terjadi antara manusia dengan beruang madu terkait dengan pengrusakan wilayah pertanian juga merupakan ancaman bagi beruang jenis ini. Bencana alam seperti kebakaran hutan turut memengaruhi kelangsungan hidup beruang madu karena berhubungan erat dengan kelestarian habitat serta ketersediaan makanan (Fredriksson, 2005a). Penelitian Fredriksson (2005b) menemukan ular python sebagai predotor beruang madu, sehingga berpotensi menurunkan populasinya.

Berdasarkan hal tersebut, Walikota Balikpapan meluncurkan kebijakan dengan Keputusan Walikota Balikpapan No.188.45-72 (2005) yang menyatakan bahwa lokasi KM 23 semula merupakan lokasi Kawasan Agrowisata seluas 15 hektar berada pada Hulu Hutan Lindung Sungai Manggar, mempunyai nilai strategis dan memiliki fungsi sebagai kawasan percontohan pemeliharaan satwa Beruang Madu (*enclosure*). Untuk menjaga fungsi kawasan tersebut, maka perlu upaya untuk melestarikannya. Salah satu bagian dari kawasan tersebut adalah KWPLH dimana beruang madu pada saat ini berada.

KWPLH beruang madu terletak Jalan Sukarno-Hatta Km 23 Karang Joang (poros Balikpapan-Samarinda) Kalimantan Timur.

Hasil pengukuran dengan JPS (Ngabekti dkk, 2013), enklosur beruang madu berada pada S : $1^{\circ} 06'30.7''$ dan E : $116^{\circ} 54' 15.2''$. Lokasi ini berada pada ketinggian 43-68 mdpl, suhu udara cukup sejuk berkisar antara $24,8-27,6^{\circ} C$, dan kelembaban udara 85-88%. Secara ekologis, kondisi ini sesuai dengan habitat alami beruang madu. Peta lokasi KWP2LH Beruang Madu tampak pada Gambar 10.

Konservasi beruang madu secara *ex-situ* yang telah dilakukan oleh KWPLH Balikpapan sejak tahun 2006 dan dinilai memiliki cara konservasi *ex-situ* terbaik di Asia. Permasalahannya adalah belum adanya hasil penelitian dan kajian ilmiah baik dilihat dari aspek lingkungan fisik (abiotik), biotik, maupun lingkungan sosial budaya yang mendukung pernyataan tersebut.



Gambar 10. Peta Lokasi KWPLH Balikpapan (Ngabekti et al, 2013)

Penelitian dilakukan dengan metode wawancara dilakukan terhadap Ketua Pengelola KWPLH dan beberapa pekerja yang bertugas di lapangan. Pendapat masyarakat tentang keberadaan KWPLH beruang madu sebagai aspek sosial masyarakat digali melalui kuesioner dan dokumen buku tamu. Data hasil pengukuran faktor abiotik dianalisis secara deskriptif kuantitatif, data kekayaan spesies tanaman di lokasi enklosur beruang madu diidentifikasi, dan data hasil kuesioner aspek sosial masyarakat dianalisis secara deskriptif persentase.

Dalam leafletnya (Anonim, 2006), KWPLH menggunakan konsep bermain, belajar, dan bertamasya atau *play, learn, and relax*. Kawasan ini didirikan tahun 2005, menyediakan fasilitas rekreasi ramah lingkungan dan *display* pendidikan interaktif. KWPLH mempunyai tujuan untuk meningkatkan kesadaran terhadap lingkungan hidup dengan menyediakan fasilitas rekreasi sebagai berikut: 1). Menerapkan prinsip-prinsip ramah lingkungan, 2). Menyediakan pendidikan lingkungan hidup, 3). Menyardarkan untuk tidak memelihara satwa liar dan mendorong agar bertanggungjawab terhadap hewan domestik yang dipelihara, 4). Menyediakan kesempatan rekreasi yang ramah lingkungan, dan 5) Meningkatkan apresiasi maskot Kota Balikpapan, Beruang Madu.

Selain enklosur beruang madu, pada bagian luarnya juga terdapat Pusat Informasi Beruang” di dunia beruang. Tempat ini juga didesain khusus sehingga memudahkan anak-anak dalam memahami

jenis-jenis beruang di dunia. Oleh sebab itu tempat ini sangat cocok untuk dijadikan sebagai sarana wisata pendidikan keluarga. Di tempat ini dapat diketahui berbagai macam beruang, habitatnya, makanannya dan hal-hal lain yang berkaitan dengan aneka beruang di dunia.

Hasil survei menunjukkan KWPLH beruang madu Km 23 merupakan habitat yang mulai jadi, tidak hanya untuk beruang madu tetapi juga bagi spesies hewan yang lain. Berbeda dengan tempat pemeliharaan beruang madu lainnya, enklosur beruang madu di kawasan ini dirancang sedemikian rupa sehingga mendekati kondisi habitat aslinya, dalam bentuk enklosur alami seperti hutan perawan (Gambar 11).



Gambar 11. Enklosur Beruang Madu di KWPLH Balikpapan
(Ngabekti dkk 2013)

Di hutan ini terdapat 6 ekor beruang madu yang diselamatkan melalui penyitaan. Enklosur dibatasi dengan pagar kawat berarus listrik untuk mencegah agar beruang madu tidak keluar dari enklosur atau pengunjung masuk ke dalam habitat beruang madu. Pagar kawat ini berfungsi terus, karena jika listrik PLN mengalami gangguan tersedia genset dan juga aki sebagai sumber arus. Proses pemberian makanan pada beruang-beruang juga dirancang sedemikian rupa sehingga mirip dengan di habitat aslinya. Pemberian makanan dua kali sehari, yakni sebelum pukul 09.00 dan pukul 15.00. Petugas akan menempatkan buah-buahan seperti semangka, melon, nanas, salak, pepaya, rambutan, dan lain-lain pada tempat-tempat tertentu, atau mengoleskan selai dan madu pada pohon-pohon tertentu sehingga beruang-beruang tersebut harus mencari, berdiri, bahkan memanjat pohon untuk mendapatkan makanan tersebut.

Untuk menjaga keamanan petugas, pada saat memberi makan beruang madu dimasukkan ke dalam *holding* yakni kandang sementara yang dapat dibuka dan ditutup secara mekanik. Setelah penempatan makanan selesai, beruang madu dilepas kembali ke enklosur. Pada saat mencari makanan inilah terjadi atraksi perilaku beruang madu yang dapat diamati oleh pengunjung dari atas jembatan sepanjang 800 meter selama 20 menit.

Di dalam enklosur beruang madu, setidaknya teridentifikasi sebanyak 23 spesies tanaman yang tumbuh alami, tetapi mungkin

lebih dari itu karena proses identifikasi dilakukan di luar pagar. Keberadaan beruang madu dalam enklosur alami, mengundang kehadiran berbagai hewan lain, seperti bajing dan berbagai jenis burung pemakan buah yang ikut menikmati makanan beruang madu yang diletakkan di berbagai tempat. Secara tidak langsung, perlindungan beruang madu yang direkayasa seperti habitat alami ini akan membentuk ekosistem hutan dengan segala interaksi yang ada di dalamnya.

Beruang madu termasuk ke dalam ordo karnivora (tetapi lebih pada pemakan serangga atau insektivora), namun juga bersifat omnivora seperti manusia. Beruang madu memakan apa saja di hutan seperti aneka buah-buahan, berbagai jenis serangga dan pucuk tanaman hutan hujan tropis, termasuk juga bunga dan tunas tanaman jenis palem. Penelitian Wich dan Trisno (2006) di hutan Kalimantan pasca kebakaran akibat terjadinya *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) antara tahun 1997-2006, menemukan bahwa beruang madu hampir tidak mengkonsumsi selain buah selama sekitar dua bulan tersedianya buah. Selama penelitian tersebut, beruang madu diketahui mengkonsumsi setidaknya 115 spesies buah, dengan lebih dari 50% buah yang dimakan berasal dari marga Moraceae, Burseraceae dan Mirtaceae. Sedangkan *Ficus spp.* (Moraceae) merupakan kelompok buah utama yang dikonsumsi beruang madu.

Sebagai pemakan buah, beruang madu berperan juga sebagai penyebar biji yang efisien, karena biji makanan yang tertelan tidak

dapat tercerna dan keluar bersama feses. Freddriksson dan Redman (2009) menyatakan beruang madu adalah penyebar biji yang paling efisien di hutan Kalimantan, karena dapat menelan biji utuh tanpa mengunyahnya. Beruang madu mampu berjalan cukup jauh dan menyebarkan biji pada wilayah yang luas. Biji yang keluar melewati usus beruang dapat tumbuh dengan baik. Dengan sifat ini, maka di enklosur KWPLH juga tumbuh berbagai macam tanaman buah-buahan yang berasal dari buah yang diberikan oleh pengelola. Beruang madu juga pemakan serangga, terutama berbagai jenis rayap dan laronnya, semut dan larvanya, anak kumbang, dan kecoak hutan. Serangga ini berperan membantu proses dekomposisi bahan organik yang telah mati seperti pelapukan daun, batang, dan bagian-bagian tanaman yang lain. Oleh karena, maka pada kawasan enklosur juga ditempatkan kayu lapuk sebagai habitat serangga tanah. Proses makan dan dimakan yang terjadi pada enklosur beruang madu akan membentuk rantai dan jaring-jaring makanan sebagai indikator berfungsinya suatu ekosistem yakni terjadinya aliran energi dan siklus materi.

Survei aspirasi sosial masyarakat terkait dengan konservasi beruang madu di KWPLH, dilakukan kepada responden (30 responden) terdiri dari pengunjung (15 responden), warga sekitar (13 responden) dan travel (2 responden) di lokasi enklosur beruang madu Km 23. Hasil survei yang dilakukan memberikan hasil berikut ini. Arti pentingnya enklosure beruang madu KM 23. Responden

secara keseluruhan yaitu 100% memberikan antusias bahwa keberadaan enclosure beruang madu Km 23 sangat penting.

Apabila dilihat dari tingkat ketergantungan terhadap lokasi enklosur beruang madu Km 23 saat ini, kelompok operator (travel) dan warga sekitar sangat bergantung dengan memberikan respon keseluruhan responden (100%) menyatakan tergantung. Untuk pengunjung hanya 40 % saja dari responden yang menyatakan tergantung dan sisanya sebanyak 60 % tidak terlalu bergantung. Ketidaktergantungan pengunjung terhadap KWPLH beruang madu sebagai tujuan wisata disebabkan masih adanya alternatif tujuan wisata di Balikpapan seperti wanawisata di Km 10, *Woddy Park*, aneka pusat perbelanjaan, dan sebagainya.

Kawasan Wisata Pendidikan Lingkungan Hidup (KWPLH) beruang madu di Balikpapan dinilai memiliki cara konservasi *ex-situ* yang terbaik di Asia. Pendapat pengunjung lain dapat dilihat dalam Dokumen Buku Tamu KWPLH (2012). Beberapa pernyataan pengunjung terkait dengan enklosur beruang madu adalah: (1) bagus, (2) *save* beruang madu, (3)lestarikan cagar alam budaya, selamatkan beruang madu, jangan merusak hutan, (4) *Alhamdulillah*, kita dapat informasi yang banyak dan detail, (5) Kalau kesini boleh ditambah unsur pendidikannya, (5) *Nice place*, (6) Harus dilestarikan habitatnya, (7) Lebih dilestarik lagi, (8) *Ziet er nog steeds pracktip mit.*

Berdasarkan uraian di atas, secara fisik, ekologis, dan aspek sosial-budaya masyarakat, KWPLH beruang madu KM 23 cukup baik sebagai habitat buatan untuk konservasi beruang madu secara *ex-situ*. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa secara umum kondisi KWPLH beruang madu di KM 23 ini relatif baik dan berfungsi optimal dengan keterbatasan yang dimilikinya, terutama terhadap lahan yang berada di atas lahan Kawasan Lindung Sungai Wain.

Keterbatasan yang lain adalah belum terwujudnya kemampuan beruang madu untuk bereproduksi. Kemampuan reproduksi beruang madu merupakan salah satu indikator keberhasilan konservasi *ex-situ*. Penyebab belum berhasilnya beruang madu bereproduksi menurut penjelasan Hamsuri (2013, komunikasi pribadi) diduga disebabkan dua hal yakni kondisi fisik dan kurang luasnya enklosur. Pertama, beruang madu di kawasan ini berasal dari hasil sitaan, sehingga secara fisik ada bagian tubuh yang cacat. Kedua, kurang luasnya enklosur yang hanya 1,3 hektar untuk wilayah jelajah (*home range*). Menurut Frederickson (2005a) beruang madu betina perlu wilayah jelajah minimal 5-10 km² dalam satu tahun. Sedangkan beruang jantan memerlukan sekitar 15-25 km². Untuk terjadi proses perkawinan, diperlukan area yang lebih luas. Sementara penelitian Garshelis (2012) yang mengamati pergerakan tiga ekor beruang madu selama tahun 1999-2003, wilayah jelajah (periode 12 bulan) adalah 4-5 km² dengan tumpang tindih antara wilayah jelajah masing-masing individu cukup besar,

sehingga berpotensi untuk terjadinya konflik antar individu. Wilayah jelajah yang lebih kecil ini diduga berhubungan dengan pola makan yang didominasi oleh serangga, dan tidak adanya panen raya buah di hutan selama penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa secara fisik, ekologis, dan aspek sosial masyarakat, KWPLH beruang madu Balikpapan cukup baik sebagai habitat untuk konservasi beruang madu, sekaligus sebagai kawasan untuk pembelajaran lingkungan hidup. Cara konservasi ini layak digunakan sebagai model konservasi satwa liar yang lain.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara fisik, ekologis, dan aspek sosial masyarakat, KWPLH beruang madu Balikpapan cukup baik sebagai habitat untuk konservasi beruang madu, sekaligus sebagai kawasan untuk pembelajaran lingkungan hidup. Cara konservasi ini layak digunakan sebagai model konservasi satwa liar yang lain. Saran yang dapat disampaikan adalah perluasan area enklosur beruang madu sesuai dengan daerah jelajahnya, sehingga diharapkan dapat bereproduksi secara normal. Dengan demikian keberhasilan konservasi secara *ex-situ* dapat dicapai.

b. Konservasi Buaya Muara (Crocodylus porosus)

Buaya muara merupakan salah satu jenis dari 4 jenis buaya di Indonesia. Indonesia memiliki empat jenis buaya yaitu *Tomistoma schlegelii*, *Crocodylus siamensis*, *Crocodylus*

novaeguineae, *Crocodylus porosus* . Keempat jenis buaya tersebut dilindungi oleh undang-undang berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 327/Kpts/Um/5/1978 dan Nomor 716/Kpts/Um/10/1980 (Ripai *et al.*, 2016). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 7 Tahun (1999) mengenai jenis-jenis tumbuhan dan satwa yang dilindungi, satwa reptilia buaya muara merupakan salah satu buaya dengan status dilindungi oleh Negara Republik Indonesia. Buaya muara merupakan salah satu hewan target konservasi (Gambar 12)



Gambar 12. Buaya Muara (Webb *et al.*, 2010)

Secara historis penduduk Indonesia telah memanfaatkan buaya muara untuk berbagai tujuan non-komersial. Penduduk asli Papua berburu buaya muara secara tradisional hanya mendapatkan

tambahan protein hewani dalam menu makan mereka. Pemanfaatan buaya muara untuk tujuan komersial oleh penduduk asli Papua merupakan fenomena yang berlangsung sekitar tahun terakhir, yaitu sejak Pemerintah Indonesia melihat bahwa komersialisasi buaya muara dengan memanfaatkan kulitnya merupakan kontribusi yang nyata untuk meningkatkan perekonomian masyarakat lokal dan Propinsi Papua. Buaya muara termasuk satwa liar yang dilindungi, maka keberhasilan konservasi buaya muara dengan berprinsip pada pemanfaatan berkelanjutan diperlukan strategi manajemen yang cocok dan dapat mudah diterapkan pada budaya masyarakat (Kurniati 2008).

Manfaat dari buaya muara yaitu daging yang dapat digunakan sebagai sumber protein yang tinggi. Bagian kuku dan gigi dari buaya muara dapat dijadikan sebagai aksesoris, sedang bagian empedu, tangkur dan lemaknya dijadikan untuk obat tradisional. Kulit buaya muara dapat dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan seperti tas, ikat pinggang, sepatu, jaket (Arifin 2008).

Menurut Sarwono (2010) nilai ekonomi tinggi inilah yang menyebabkan permintaan terhadap buaya muara terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini menimbulkan rangsangan kepada masyarakat untuk mengeksploitasi buaya muara sebanyak mungkin dari alam. Penangkapan dan perburuan terhadap buaya muara merupakan salah satu penyebab utama kepunahan. Oleh karena itu

perlu dilakukan upaya perlindungan melalui kegiatan Lembaga Konservasi agar eksploitasi buaya muara dari alam dapat dikurangi.

Berkurangnya populasi buaya muara disebabkan oleh beberapa faktor antara lain yaitu kerusakan habitat, perburuan secara liar, dan lemahnya pengetahuan dari masyarakat setempat mengenai konservasi lingkungan.

Taman Margasatwa merupakan salah satu Lembaga Konservasi *Ex situ* dengan melakukan kegiatan penangkaran buaya muara. Penelitian mengenai konservasi *ex situ* di Taman Margasatwa sebagai Lembaga Konservasi masih sangat terbatas, dan mengenai publikasi keberhasilan dalam konservasi satwa secara *ex situ* juga masih sangat jarang dilakukan.

Berdasarkan studi pendahuluan di Taman Margasatwa Semarang (Januari, 2018), bahwa satwa reptilia yang ada dalam kategori dilindungi dan terancam punah keberadaannya adalah buaya muara. Bayi buaya yang berhasil ditetaskan pada tahun 2017. Bulan Februari tahun 2018 diperoleh data jumlah buaya muara jantan sebanyak tiga dan betina hanya ada satu dan pada tahun 2017 berhasil ditetaskan 36 bayi buaya muara.

Berdasarkan latar belakang di atas, penting dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengkaji (1) metode konservasi buaya muara, (2) faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat keberhasilan konservasi buaya muara, dan (3) tingkat keberhasilan

buaya muara dalam metode konservasi buaya muara di Taman Margasatwa Semarang.

Data yang dikumpulkan pada penelitian mencakup dua kategori yaitu data primer dan data sekunder.

Pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi lapangan, wawancara, studi literatur dan dokumentasi. Data mengenai aspek penetasan, pembesaran, perkandangan, pemberian pakan, dan perawatan kesehatan buaya muara dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif.

Indikator keberhasilan konservasi buaya muara dari aspek reproduksi apabila dapat menghasilkan keturunan. Analisis kuantitatif dilakukan untuk menghitung faktor biologis satwa yang meliputi daya tetas telur dan angka kematian anakan buaya muara (Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.19/Menhut-II/2005 tentang penangkaran tumbuhan dan satwa liar). Analisis kesejahteraan buaya di Lembaga Konservasi ditentukan dengan menelaah praktik pengelolaan buaya muara yang dikaitkan dengan prinsip kesejahteraan satwa (*Animal Welfare*) (Ripai *et al.*, 2016).

Hasil penelitian konservasi buaya muara di Taman Margasatwa Semarang dapat diringkas pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Konservasi Buaya Muara di TM. Semarang

Aspek	Deskripsi	Keterangan
Pengamatan		
Pemeliharaan	Kandang : 6 Kolam	Jumlah dan ukuran buaya muara berbeda Bayi buaya diletakkan dalam akuarium diisi sedikit air dan eceng gondok
Makanan	Hidup untuk buaya muara umur > 1-3 bulan Mati : untuk buaya muara umur > 3 bulan	Ayam, daging, ikan cincang atau utuh. Sekali dalam 1 minggu pada hari senin. Jumlah pakan mencukupi

Penyakit dan kesehatan	Tidak pernah ada kasus penyakit yang menyebabkan kematian	Mati karena cuaca dan musim atau perkelaian buaya karena berebut makanan karena sistem koloni
Perkebangbiakan	Kopulasi di dalam kolam berair dan sulit dideteksi. Telur ditimbun tanah dan seresah daun/ranting	Musin kawin: Agustus-Oktober Suhu optimal untuk menetas telur buaya muara antara 24.4oC dan 32.6oC (30.9 ± 2.3oC)
Keberhasilan Konservasi	Keberhasilan konservasi buaya muara adalah kandang, pakan, cuaca. Hujan paling berpengaruh pada penetasan	Tahun 2015 dan 2016 penetasan telur gagal karena membusuk akibat tanah basah oleh air hujan disertai air kolam meluap sehingga sarang

	telur buaya muara	buaya terendam air dalam kurun waktu yang cukup lama
Tingkat Keberhasilan Konservasi	Cukup berhasil	Dari aspek DTT = 55.4% (Sedang) Dan MR = 29% (rendah)

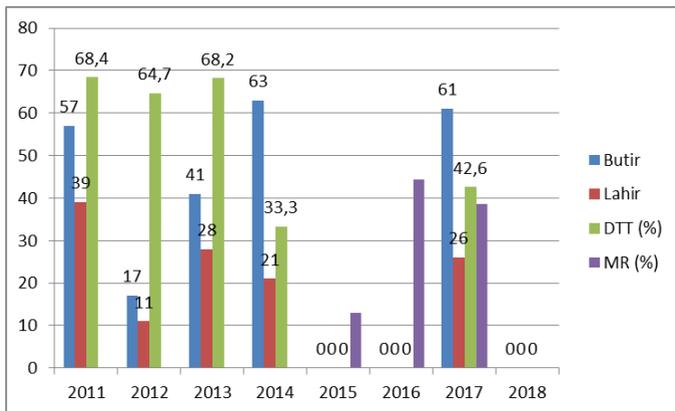
Berdasarkan tabel di atas, dapat dinyatakan bahwa konservasi buaya muara di TM Semarang termasuk kategori cukup berhasil. Kendala utama pada penetesan telur adalah cuaca hujan dan banjir. Hal ini sesuai dengan penelitian Magnusson (1982) bahwa sebagian besar kematian telur buaya di Australia disebabkan oleh banjir.

Induk buaya juga akan makan anaknya. Oleh karena itu, telur buaya muara diambil petugas ketika akan menetas ± 7-10 hari telur akan diambil agar telur bisa menetas dengan baik, tidak tertindih indukan. Menurut Kusyanto (komunikasi pribadi, 2017). Buaya muara harus menetas dengan sendirinya, tidak boleh dipaksa keluar walaupun cangkang telurnya sudah pecah. Jika dipaksa keluar dengan kondisi bayi buaya muara belum

beradaptasi maka akan mengakibatkan kematian setelah menetas.

Data penetasan telur dari tahun 2011-2017 tersaji dalam Gambar 10. Tingkat mortalitas buaya muara juga sangat tinggi karena dari 25% telur yang menetas hanya 54% dari yang muda akan bertahan hidup sampai satu tahun (Kumar *et al.*, 2012).

Gambar 10 menunjukkan bahwa sejak tahun 2011-2017 Taman Margasatwa Semarang telah berhasil menetasakan telur buaya muara kecuali pada tahun 2015 dan 2016. Pada tahun tersebut penetasan gagal karena telur busuk, busuknya telur diakibatkan karena faktor cuaca (musim hujan) sehingga air kolam meluap dan mengakibatkan sarang buaya terendam air dalam kurun waktu yang cukup lama.



Gambar 13. Grafik penetasan telur dari tahun 2011-2017 (Setyowati *et al.*, 2018)

Berdasarkan indikator keberhasilan konservasi di Taman Margasatwa Semarang dari aspek reproduksi, buaya muara secara kualitatif dinyatakan berhasil karena buaya muara dapat menghasilkan keturunan. Dari aspek kuantitatif, persentase DTT 55,4% termasuk kategori sedang; dan MR 29% termasuk kategori rendah. Kesimpulannya adalah konservasi buaya muara di Taman Margasatwa Semarang cukup berhasil

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006. *Leaflet* Kawasan Wisata Pendidikan Lingkungan Hidup. Bermain, Belajar, Bertamasya. [www,beruangmadu.org](http://www.beruangmadu.org).
- Anonim, 2018. Gambar varietas Mawar (*Rosa hybrida*): manusianormal.wordpress.com.
- Anonim. 2018. rumushitung.com
- Anonim. 2018. big.com
- Anonim. 2018. databoks.katadata.co.id
- Anonim. 2018. goriou.com
- Arifin. 2008. Crocodile Husbandary in Papua New Guinea. FAO. Port Moresby.
- Bappenas. *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan* (IBSAP): Strategi dan Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati Indonesia 2003-2020. Jakarta: Bappenas
- Engelmann F & Engles JMM. 2002. Technology and strategies for *ex situ* conservation. In: Ramanatha Rao V, Brown AHD, Jackson MT (eds). *Managing plant genetic diversity*. Wallingford, Roma, CAB International, IPGRI, hal. 89-104.
- Engelmann F. 2011. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. *In vitro Celluler and Developmental Biology Plant* 47 (1): 5-16.

Fachrul, M.F, 2007. Metode Sampling Bioekologi. Jakarta: PT Bumi Aksara

Freddriksson, G. 2012. *Effect of El Nino and Large-Scale Forest Fires on the Ecology and Conservation of Malayan Sun Bears (Helarctos malayanus)* in East Kalimantan, Indonesian Borneo. *Academisch Proefschrift*. Geboren te Amsterdam, Nederland.

_____ 2005a. Human-Sun Bears Conflicts in East Kalimantan. *Ursus (2005)*, 16: 130-137.

_____ 2005b. Predation on Sun Bears by Reticulated Python in East Kalimantan, Indonesian Borneo. *The Raffles Bulletin of Zoology (2005)*, 53(1):165-168.

_____ dan A. Redman (2009). *A Little Book about a Little Bear*. KWPLH Balikpapan.

Garshelis, D.L., 2012. Movement and Activity Patterns of Female Sun Bears in East Kalimantan, Indonesian Borneo: implications for Conservation, *dalam* Freddriksson G. (2012), *Effect of El Nino and Large-Scale Forest Fires on the Ecology and Conservation of Malayan Sun Bears (Helarctos malayanus)* in East Kalimantan, Indonesian Borneo. *Academisch Proefschrift*. Geboren te Amsterdam, Nederland.

Gopal J, Chamail A & Sarkar D. 2002. Slow-growth *in vitro* conservation of potato germplasm at normal propagation temperature. *Journal Potato Research*. 45 (2-4): 203-213.

- Hadiprayitno, Gito, Igde Mertha, dan Moh, Liwa Ilhamdi. 2016. Species Richness and Birds Conservation Priority in Mount Rinjani Areas, Lombok. *Biosaintifika*. 8(3): 270-277.
- Indrawan M, Primarck RB & Supriatna J. 2007. *Biologi Konservasi*. Edisi Revisi. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, Conservation International-Indonesia, PILI, Yayasan WWF
- Kumar, Akhilesh, Yasmin Kumar, Yasmin Fatima Zaidi & Amita Kanaujia. 2012. *A Review on Status and Conservation of Saltwater Crocodile (Crocodylus porosus) in India*. International Day for Biological Diversity: Marine biodiversity.
- Kurniati, Hellen. 2008. *Pembesaran dan Penangkaran Buaya Jenis Buaya Muara Crocodylus porosus dan Buaya Air Tawar Irian Crocodylus navaguineae*. Cibinong: LIPI.
- Kusrini, Mirza D. 2007. Konservasi Amfibi di Indonesia: Masalah Global dan Tantangan. *Media Konservasi*. 12(2): 89-95.
- Kuswanda, Wanda. 2010. Pengaruh Komposisi Tumbuhan Terhadap Populasi Burung di Taman Nasional Batang Gadis, Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 7(2): 193-213.

- Magnusson, William E. 1982. Mortality of The Crocodile *Crocodylus Porosus* in Northern Australia. *Journal of Herpetology*. 16(2): 121-130.
- Ngabekti, S., W. Setiono, Y. Ana, 2013. *Studi Kelayakan Relakasi Beruang Madu Kota Balikpapan*: PT Karsa Haryamulya.
- Ngabekti, S. 2013. Konservasi Beruang Madu di KWPLH Balikpapan. *Biosaintifika*. 5(2): 114-120.
- Ngabekti, S., 2018. *Ekologi dengan Pendekatan Jelajah Alam Sekitar*. Semarang: FMIPA
- Noerjito, M dan I. Maryanto, 2001. *Jenis-jenis Hayati yang Dilindungi Perundang-undangan Indonesia*. Bogor: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Odum EP. 2006. *Dasar-dasar Ekologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada Press.
- Peraturan Pemerintah Nomor 7 tahun 1999 tentang Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa Liar
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.31/Menhut-II/2012 Tentang Lembaga Konservasi
- Perrett, S. 1995. *Strategi Keanekaragaman Hayati Global*. Jakarta: PT Gramedia
- Rahayu ES & Fikriati UI. 2009. Induksi Kalus Embriogenik dari Eksplan Daun Karika Dieng dengan Penambahan BA dan NAA. *Biosaintifika* 1 (2): 121-129.

- Rahayu ES. 2009a. Kompetensi Antera dan Tunas Lateral dalam Induksi Kalus Embriogenik Karika Dieng dengan Perlakuan BA, NAA dan Pencahayaan. Makalah disampaikan pada Konggres Nasional XIV Perhimpunan Biologi Indonesia dan Seminar Nasional Biologi XX. Malang, 25 Juli 2009.
- Rahayu ES. 2009b. *In vitro* germination of mountain papaya (*Carica pubescens* Lenne & K.Koch) seeds. *Poster* presented at International Conference on Biological Science Faculty of Biology Universitas Gadjah Mada “Advances In Biological Science: Respect to Biodiversity from Molecular to Ecosystem for Better Human Prosperity. Yogyakarta, 16 Oktober 2009.
- Rahayu ES, Habibah NA & Herlina L. 2010. Pengembangan Media Pelestarian *in vitro* Pepaya lokal dieng (*Carica Pubescens* Lenne & K.Koch) melalui teknik pertumbuhan minimal. *Laporan Hasil Penelitian Program Hibah Strategis Nasional 2010 (Lanjutan)*. Lembaga Penelitian UNNES.
- Rahayu ES, Susanti R & Pribadi P. 2009. Perbandingan Kadar Vitamin dan Mineral dalam Buah Segar dan Manisan Basah Karika Dieng *Carica Pubescens* Lenne & K.Koch. *Biosaintifika* 2 (2): 91-100.
- Rahayu ES, Habibah NA & Retnoningsih A. 2011. Peningkatan periode sub-kultur pada penyimpanan *in vitro* karika dieng (*Carica pubescens* Lenne & K.Koch) melalui reduksi nutrisi dan kondisi fisik

kultur. *Laporan Hasil Penelitian Program Hibah Bersaing*. Lembaga Penelitian UNNES.

Rahayu ES & Pukan KK. 2011. Peningkatan efisiensi perbanyakan karika dieng melalui optimasi media regenerasi kalus dan pengakaran tunas secara *in vitro*. *Laporan Hasil Penelitian Program Dosen Senior*. Lembaga Penelitian UNNES.

Rahayu ES. 2012. Konservasi In-vitro Karika Dieng. Monograf. ISBN 978-602-18553-0-0. Semarang. Penerbit FMIPA UNNES.

Rahayu, 2017. Pelestarian in-vitro Plasma Nutfah Tumbuhan: Potensi dan Kontribusinya pada Universitas Berwawasan Konservasi. Pidato Pengukuhan Profesor FMIPA UNNES.

Rahayu dan Sudarsono (2015). In-vitri selection of drought tolerant peanut embryonic calli on medium containing polyethylene glycol and regeneration of drought tolerant peanut. *Emirate Journal of Food and Agriculture* 27(6): 475-487

Rajasekharan PE. 2008. *In vitro* conservation of horticultural crops. Senior Scientist, *In vitro* Conservation and Cryopreservation Facility Division of Plant Genetic Resources, Bangalore.

Retnoningsih A., S. Wilonoyodo, DL Setyowati, P. Hardati, NKT Martuti, M. Rahayuningsih, E. Handoyo, T. Yuniawan, H. Pratama, A.P.

- Yudoatomo. 2018. Pendidikan Konservasi Tiga Pilar. Semarang: UNNES Press.
- Sarwono. 2010. *Pemanfaatan Crocodylus porosus*. Indonesia: Pustaka Jaya.
- Setyowati, E. S. Ngabekti, B. Priyono (2018). Konservasi Buaya Muara di Taman Margasatwa Semarang. Makalah (dipresentasikan dalam Seminar Nasional Biologi). Semarang: Jurusan Biologi
- Shikhamany, 2006. Horticultural genetic resources: role of *ex situ* conservation. Makalah yang disampaikan pada ICAR Short Course on *In vitro* Conservation and Cryopreservation- New Options to Conserve Horticultural Genetic Resources, Banglore, India, 21-30 September 2006.
- Tiarani AM, S. Ngabekti, dan K. Santoso. 2014. Kesintasan Undur-undur pada Media Aklimatisasi. *Biosaintifika*. 6(1): 18-23.
- Undang-undang NO. 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan dan Pelestarian Lingkungan Hidup. Jakarta: KemenLH
- Undang-undang Nomor 5 tahun 1990 tentang Konservasi Keanekaragaman Hayati dan Ekosistemnya
- Undang-undang Nomor 41 tahun 1999 tentang Kehutanan
- Undang-undang Nomor 11 Tahun 2013 tentang Protokol Nagoya

- Verheij EWM & Coronel RE. 1997. *Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 2: Buah-buahan yang dapat dimakan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Walikota Balikpapan (2005) Surat Keputusan Walikota Balikpapan No. 188.45-72 (2005) tentang Penetapan Beruang Madu sebagai Maskot Kota Balikpapan.
- Warih AP, S. Ngabekti, dan Partaya. 2013. Pengaruh Berbagai Jenis Umpan Semut Terhadap Kesintasan Undur-undur. *Biosaintifika*. 5(2): 138-143.
- Wich S.A. and Trisno, 2006. Frugivory in Sun Bears (*Helarctos malayanus*) is linked to El Nino-related Fluctuation in Fruiting phenology. *Biological Journal of the Linnean Society*, 89 (3): 489-508.
- Wilson E.O.1995. Strategi Keanekaragaman Hayati. Dalam Perrett, S. 1995. Strategi Keanekaragaman Hayati Global. Jakarta: PT Gramedia
- Withers & Engelmann, 1997; Engelmann & Engles, 2002; Paunesca, 2009; Kaviani, 2010: Withers LA & Engelmann F.1997. *In vitro* conservation of plant genetic resources. In: Altman A (ed). *Biotechnology in Agriculture*, Marcel Dekker, NY, Hal. 57-88.
- WWF dalam Perrett, S. 1995. Strategi Keanekaragaman Hayati Global. Jakarta: PT Gramedia
- Yayasan Studi Kurikulum Biologi (3), 1984. Biologi Umum. Jakarta: PT Gramedia

GLOSARIUM

Aklimatisasi	tahap untuk memindahkan eksplan dari awalnya di lingkungan in vitro ke lingkungan luar
Cagar alam	kawasan suaka alam karena keadaan alamnya mempunyai kekhasan tumbuhan, satwa, dan ekosistemnya atau ekosistem tertentu yang perlu dilindungi dan perkembangannya berlangsung secara alami
Cagar biosfer	suatu kawasan yang terdiri dari ekosistem asli, ekosistem unik, dan atau ekosistem yang telah mengalami degradasi yang keseluruhan unsur alamnya dilindungi dan dilestarikan bagi kepentingan penelitian dan pendidikan
Ekosistem	tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh, menyeluruh, dan saling mempengaruhi dalam bentuk keseimbangan stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup.
Ekosistem buatan	Ekosisten yang mencakup danau, hutan tanaman, hutan kota, dan agroekosistem (sawah tadah hujan, sawah irigasi, sawah pasang surut, kolam, tambak, kebun, pekarangan, perkebunan)
Ekosistem suksesi	ekosistem yang terbentuk setelah terjadinya proses suksesi, terdiri dari ekosistem suksesi primer dan ekosistem suksesi sekunder
Habitat	lingkungan tempat tumbuhan atau satwa dapat hidup dan berkembang secara alami

Kawasan pelestarian alam	kawasan dengan ciri khas tertentu, baik di darat maupun di perairan yang mempunyai fungsi perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari keanekaragaman hayati dan ekosistemnya. Contoh: hutan lindung, hutan raya, taman nasional, suaka margasatwa.
Keanekaragaman hayati	keseluruhan gen, spesies dan ekosistem di dalam suatu wilayah
Keanekaragaman tingkat ekosistem	Keanekaragaman ekosistem merupakan bermacam-macam ekosistem dalam suatu wilayah
Keanekaragaman tingkat gen	keanekaragaman genotif dan fenotip dalam satu spesies, atau keanekaragaman tingkat populasi
Keanekaragaman tingkat gen	variasi genetik di dalam spesies, diantara populasi yang terpisah secara geografik, dan antara individu dalam populasi
Keanekaragaman spesies	bagian dari kekayaan spesies (<i>species richness</i>) yang menunjukkan jumlah spesies di suatu tempat atau habitat
Konservasi	upaya memelihara milik kita, dan menggunakan milik tersebut secara bijaksana
Konservasi	unsur-unsur hayati di alam yang terdiri dari keanekaragaman nabati (tumbuhan) dan keanekaragaman hewani (satwa) yang bersama dengan unsur non hayati di sekitarnya secara keseluruhan membentuk ekosistem

Konservasi ex situ	memeliharanya di luar habitat aslinya
Konservasi in situ	memeliharanya di habitat aslinya
Konservasi keanekaragaman hayati	adalah pengelolaan keanekaragaman hayati yang pemanfaatannya dilakukan secara bijaksana untuk menjamin kesinambungan persediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas keanekaragaman dan nilainya
Metode cair	teknik kultur jaringan dengan menggunakan media cair
Multiplikasi	merupakan kegiatan untuk memperbanyak calon tanaman baru dengan cara menanam eksplan yang telah dipilih ke media
Suaka alam	kawasan dengan ciri khas tertentu, baik di darat maupun di perairan yang mempunyai fungsi pokok sebagai kawasan pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya yang juga berfungsi sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan
Suaka margasatwa	kawasan suaka alam yang mempunyai ciri khas berupa keanekaragaman dan atau keunikan jenis satwa yang untuk kelangsungan hidupnya dapat dilakukan pembinaan terhadap habitatnya
Sumber daya alam	unsur lingkungan hidup yang terdiri atas sumber daya hayati dan non hayati yang secara keseluruhan membentuk kesatuan ekosistem
Sumber daya hayati	segala sesuatu yang berasal dari alam yang dapat digunakan untuk memenuhi

Sumber daya nonhayati	kebutuhan hidup manusia, termasuk di dalamnya komponen biotik, seperti hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme Sumber daya yang mencakup komponen abiotik, seperti minyak bumi, gas alam, berbagai jenis logam, air, dan tanah.
Tahap inisiasi	merupakan suatu proses pengambilan eksplan dari bagian pada tanaman yang akan dikultur
Taman hutan raya	kawasan pelestarian alam untuk tujuan koleksi tumbuhan dan atau satwa yang alami atau buatan, jenis asli dan atau bukan asli, yang dimanfaatkan bagi kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, budaya, pariwisata dan rekreasi
Taman nasional	kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata, dan rekreasi
Taman wisata alam	kawasan pelestarian alam yang terutama dimanfaatkan untuk pariwisata dan rekreasi alam
Teknik konservasi invitro	cara menyimpan atau memelihara bahan tumbuhan dalam bejana kaca yang berisi medium buatan disebut medium kultur jaringan.

