



PROSIDING 3rd Symbion

Symposium on Biology Education 2019
“Bio-Literacy and Education
for a Sustainable Life”



Yogyakarta, 31 Agustus 2019

Bekerjasama dengan:



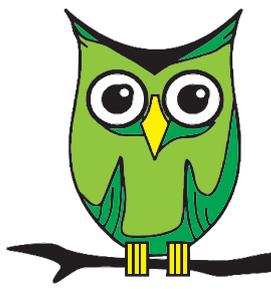
KEMENTERIAN
LINGKUNGAN HIDUP & KEHUTANAN
REPUBLIK INDONESIA



BIOSFER JURNAL PENDIDIKAN BIOLOGI
JURNAL BIOLOGI
BI-GENESIS



Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan
Kampus IV, Jl. Ringroad Selatan,
Banguntapan, Bantul, Yogyakarta 55191.



PROSIDING
3rd Symbion

Symposium on Biology Education 2019
“Bio-Literacy and Education
for a Sustainable Life”



Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan

DEWAN REDAKSI

Tim Editor:

Destri Ratna Ma'rifah (Universitas Ahmad Dahlan)
Isna Rasdianah Aziz (UIN Alauddin Makassar)
Purwanti Pratiwi Purbosari (Universitas Ahmad Dahlan)
Rizal Maulana Hasby (UIN Sunan Gunung Djati)
Yahya Hanafi (Universitas Ahmad Dahlan)

Tim Reviewer:

Trikinasih Handayani (Universitas Ahmad Dahlan)
Trikinasih Handayani (Universitas Ahmad Dahlan)
Trianik Widyaningrum (Universitas Ahmad Dahlan)
Novi Febrianti (Universitas Ahmad Dahlan)
Nani Aprilia (Universitas Ahmad Dahlan)
Hani Irawati (Universitas Ahmad Dahlan)
Hendro Kusumo Eko Prasetyo Moro (Universitas Ahmad Dahlan)
Much Fuad Saifuddin (Universitas Ahmad Dahlan)
Etika Dyah Puspitasari (Universitas Ahmad Dahlan)
Rio Christy Handziko (Universitas Negeri Yogyakarta)
Nur Ismirawati (Universitas Muhammadiyah Parepare)
Atok Miftachul Hudha (Universitas Muhammadiyah Malang)
Ahmad Fauzi (Universitas Muhammadiyah Malang)
Miftahul Ilmi (Universitas Gadjah Mada)
Agus Muji Santoso (Universitas Nusantara PGRI Kediri)
Anita Rahajeng (UIN Raden Patah)
Rizhal Hendi Ristanto (Universitas Negeri Jakarta)
Murni Saptasari (Universitas Negeri Malang)
Deny Setiawan (Universitas Negeri Malang)
Ipah Budi Minarti (Universitas PGRI Semarang)

Tim Layout:

Aulida Zulaikha Hidayati
Festa Zulfa Aldila
Perkasa Gadik Puriadi

symbion@pbio.uad.ac.id

<http://seminar.uad.ac.id/index.php/symbion>



Symposium on Biology Education 2019

DAFTAR ISI

	Halaman
PERBANDINGAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN ANTOSIANIN DAGING BUAH NAGA <i>Hylocereus costaricensis</i> DAN SIRUP BUAH NAGA <i>Hylocereus costaricensis</i> Titin Aryani, Isnin Aulia Ulfah Mu'awanah	1
PERANAN METAKOGNITIF DALAM PEMBELAJARAN DAN PENGAJARAN BIOLOGI DI KELAS Lina Listiana, Ruspeni Daesusi, Sandha Soemantri	8
PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN PBL TERHADAP MINAT DAN HASIL BELAJAR LEVEL C1-C4 SISWA KELAS VII SMPN 2 SRUMBUNG MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN Firdayanti Luftiana, Hani Irawati	20
MIKROORGANISME SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI LIMBAH MERKURI (Hg) PENAMBANGAN EMAS Anggi Reza Pramesti, Sella Mustika, Nurul Habibah, Sofia Puspitarini, Meichica Serlie, Oktira Roka Aji	32
PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR LIMBAH PADAT BAKPIA DAN CAIR TEMPE TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI HIJAU (<i>Brassica rapa</i> L.) Eka Supriyatin, Ambar Pratiwi	38
PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR KULIT BUAH PISANG KEPOK (<i>Musa paradisiaca</i> L. Var. <i>balbisina colla</i>) TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN BAYAM (<i>Amaranthus gracilis</i> Desf) Rana Ashma Nabilah, Ambar Pratiwi	48
PENGARUH PEWARNA ALAMI KULIT BUAH NAGA MERAH (<i>Hylocereus polyrhizus</i> (F.A.C. Weber) Briton & Rose) TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN NATA DE COCO Hilyatuz Zahro, Novi Febrianti	59
AKTIVITAS ANTIJAMUR IN VITRO EKSTRAK KULIT JERUK NIPIS (<i>Citrus aurantifolia</i> (Cristm.) Swingle.) TERHADAP <i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht. em. Syd. & Hans. Rizki Wuri Widaryuni, Oktira Roka Aji	68
KEANEKARAGAMAN JENIS VEGETASI STRATA SEMAK DI KAWASAN GUNUNG API PURBA MUJIL GIRIMULYO KABUPATEN KULON PROGO SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI BERBASIS KEARIFAN LOKAL Trikinasih Handayani, Dwi Noviana, Hendro Kusumo Eko Prasetyo Moro	75
OPTIMASI STERILISASI EKSPAN PADA KULTUR IN VITRO GINSENG JAWA (<i>Talium paniculatum</i>)	87

Karen Natasha, Ratih Restiani	
PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR LIMBAH IKAN NILA (<i>Oreochromis niloticus</i>) TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN BAYAM HIJAU (<i>Amaranthus viridis</i> L.) Sultonyah, Ambar Pratiwi	96
PENGARUH MODEL PROBLEM BASED LEARNING TERHADAP KEMAMPUAN C1-C4 KELAS XI MIA MATERI SISTEM EKSKRESI MANUSIA Erlita Ambarwati, Destri Ratna Ma'rifah	107
PENGEMBANGAN AWETAN INVERTEBRATA DISERTAI PANDUAN PRAKTIKUM SEBAGAI SUMBER BELAJAR Nabela Fikriyya, Sulistiyawati	115
PENINGKATAN KEMAMPUAN OBSERVASI SISWA DENGAN ORAL DAN WRITTEN FEEDBACK DALAM ASESMEN KINERJA PADA MATERI LINGKUNGAN Widamayanti, Ana Ratna Wulan, Sariwulan Diana	126
PENINGKATAN KERJA SAMA DAN HASIL BELAJAR RANAH CI-C4 SISWA PADA MATERI SISTEM EKSKRESI MANUSIA MELALUI MODEL PEMBELAJARAN STUDENT TEAM ACHIEVEMENT DIVISION (STAD) DI KELAS VIII C SMP NEGERI 2 SRUMBUNG MAGELANG Yuli Kartika, Destri Ratna Ma'rifah	137
EFEK PROTEKTIF LABU KUNING TERHADAP GAMBARAN HISTOPATOLOGIK HEPAR TIKUS PUTIH YANG DIPAPAR UAP ROKOK ELEKTRIK Nurul Azizah, Novi Febrianti	148
STUDI ADAPTASI TUMBUHAN SECARA ANATOMI TERHADAP KONDISI LINGKUNGAN YANG EKSTRIM Rina Hidayati Pratiwi	158
ANALISIS KEBUTUHAN MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATERI EVOLUSI UNTUK PESERTA DIDIK SMA KELAS XII Mutiah Putri Kuvita Rani, Hendro Kusumo Eko Prasetyo Moro	166
MISKONSEPSI IPA BIOLOGI PADA GURU SEKOLAH KELAS V SEKOLAH DASAR Maria Ayu Dwi Lestari, Wahyu Wido Sari, Eny Winarti	173
MISKONSEPSI IPA BIOLOGI PADA GURU KELAS IV SEKOLAH DASAR Lidwina Tutusari Mieke, Wahyu Wido Sari, Eny Winarti	183
PENGARUH PEWARNA ALAMI KULIT BUAH NAGA MERAH (<i>Hylocereus polyrhizus</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose) TERHADAP KADAR TOTAL FENOL DAN VITAMIN C NATA DE COCO Inayah Rizkia Lailiati, Novi Febrianti	194
LITERASI INFORMASI DALAM KONTEKS 21 st CENTURY SKILLS PADA SISWA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) DI KABUPATEN BANYUMAS	200

Rita Riyanti, Listika Yusi Risnani

LITERASI MEDIA DALAM KONTEKS 21st CENTURY SKILLS PADA SISWA SEKOLAH
MENENGAH ATAS (SMA) DI KABUPATEN BANYUMAS 215
Risa Maghfiroh Aulia R, Listika Yusi Risnani

EVALUASI PROSES PENYUSUNAN INSTRUMEN PENILAIAN KOGNITIF 233
Rahma Putri Jati, Nani Aprilia

PENINGKATAN MOTIVASI INTRINSIK DAN KEMAMPUAN KOGNITIF LEVEL 245
ANALISIS MELALUI PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN GROUP
INVESTIGATION (GI)
Widya Pursetianingsih, Nani Aprilia

INVENTARISASI KASUS SAAT KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR PELAJARAN IPA DI 259
SMP MUHAMMADIYAH 1 DAN SMP MUHAMMADIYAH 2 KALIBAWANG
Septi Asri Lestari, Anik Wulandari, Mutiah Putri Kuvitarani

MULTIPEL REPRESENTASI TIPE NATURE OF MODELS (NOM) DALAM BUKU AJAR 263
BIOLOGI KELAS XI SEMESTER 1
Riyadhotus Sholihah, Fenny Roshayanti, Ipah Budi Minarti

PEMBENTUKAN KARAKTER SISWA SMP MELALUI LITERASI SAINS 273
Hirnanda Agustawan, Etika Dyah Puspitasari

TARUB SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI KEANEKARAGAMAN HAYATI DAN 282
KONSERVASI BERBASIS KEARIFAN LOKAL BUDAYA JAWA
Milade Annisa Muflihaini, Suhartini

PEMANFAATAN SAMPAH ORGANIK SEBAGAI MEDIA PAKAN LARVA *Tenebrio* 289
molitor (ULAT HONGKONG)
Asri Nur Azizah, Pranoto, MTh Sri Budiastuti

ISOLASI FUNGI ENDOFIT DAUN MANGROVE *Avicennia marina* DAN UJI 298
AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIFUNGI TERHADAP *Candida albicans* ATCC
Dwi Khalimah, Erny Qurotul Ainy

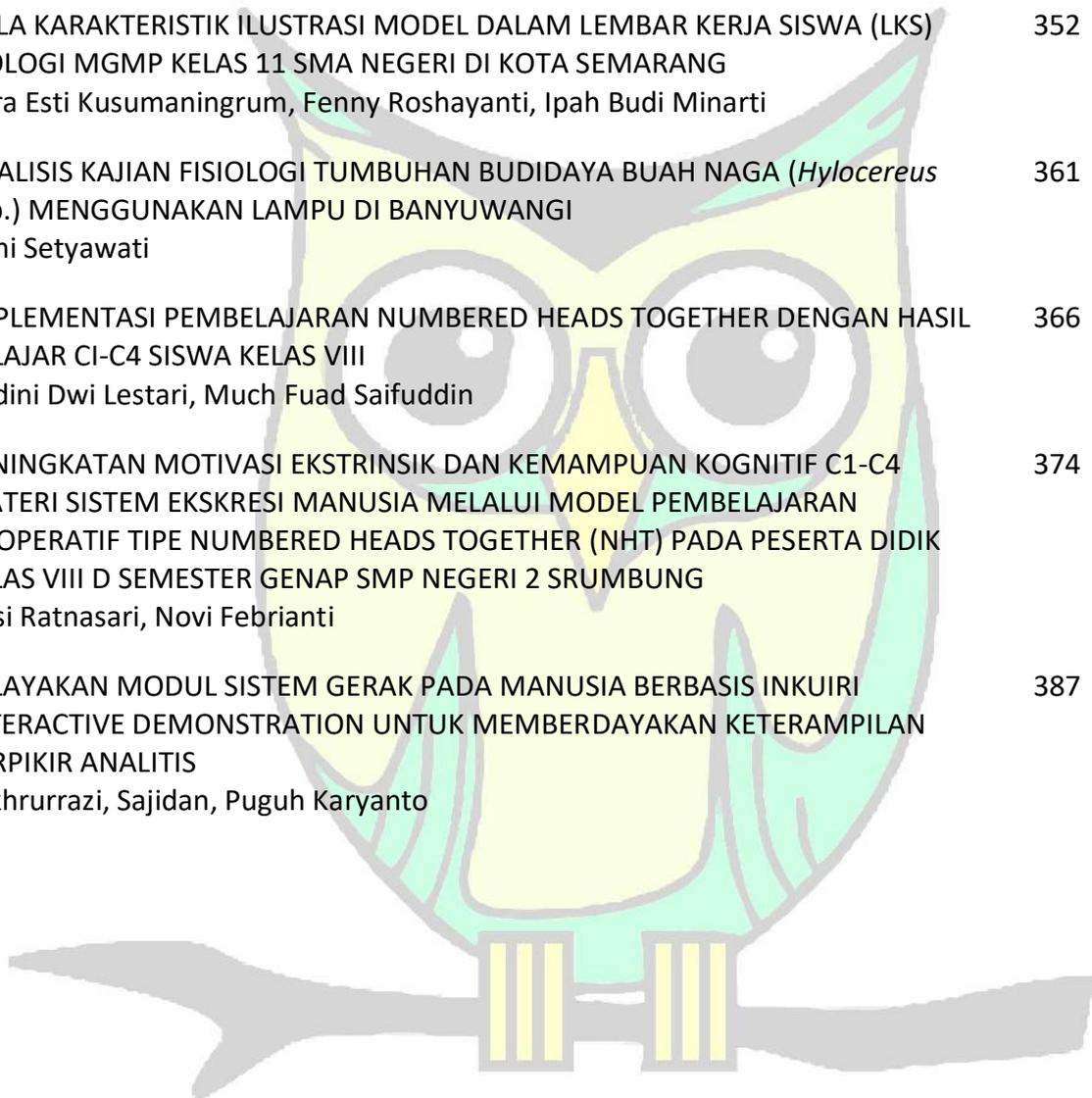
ISOLASI FUNGI ENDOFIT KULIT MENTIMUN (*Cucumis sativus* L.) DAN EVALUASI 306
AKTIVITAS PENGHAMBATANNYA TERHADAP PERTUMBUHAN *Candida albicans*
ATCC 10231
Baru Dwi Yuanwar, Erny Qurotul Ainy

IDENTIFIKASI SARANA DAN PRASARANA PENDUKUNG PELAKSANAAN SEKOLAH 316
ADIWIYATA DI SMA NEGERI KOTA YOGYAKARTA
Fairuzzabadi Amrullah, Mohamad Joko Susilo

ANALISIS POTENSI TANAMAN DI SEPANJANG SUMBU FILOSOFIS KERATON 323
YOGYAKARTA SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI BERBASIS BUDAYA

Arif Kurniawan

PEMETAAN POLA PERTUMBUHAN UNTUK EFEKTIVITAS FISILOGIS DAN EFISIENSI PEMANFAATAN AIR TANAMAN SORGUM Desty Dwi Sulistyowati, Wahyu Widiyono, Satya Nugroho	330
EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN JIGSAW BERBASIS LESSON STUDY SEBAGAI UPAYA PERBAIKAN PROSES DAN HASIL BELAJAR MAHASISWA Mufida Nofiana, Arief Husin, Arum Adita, Listika Yusi Risnani	337
POLA KARAKTERISTIK ILUSTRASI MODEL DALAM LEMBAR KERJA SISWA (LKS) BIOLOGI MGMP KELAS 11 SMA NEGERI DI KOTA SEMARANG Mira Esti Kusumaningrum, Fenny Roshayanti, Ipah Budi Minarti	352
ANALISIS KAJIAN FISILOGI TUMBUHAN BUDIDAYA BUAH NAGA (<i>Hylocereus</i> spp.) MENGGUNAKAN LAMPU DI BANYUWANGI Heni Setyawati	361
IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN NUMBERED HEADS TOGETHER DENGAN HASIL BELAJAR CI-C4 SISWA KELAS VIII Andini Dwi Lestari, Much Fuad Saifuddin	366
PENINGKATAN MOTIVASI EKSTRINSIK DAN KEMAMPUAN KOGNITIF C1-C4 MATERI SISTEM EKSRESI MANUSIA MELALUI MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE NUMBERED HEADS TOGETHER (NHT) PADA PESERTA DIDIK KELAS VIII D SEMESTER GENAP SMP NEGERI 2 SRUMBUNG Desi Ratnasari, Novi Febrianti	374
KELAYAKAN MODUL SISTEM GERAK PADA MANUSIA BERBASIS INKUIRI INTERACTIVE DEMONSTRATION UNTUK MEMBERDAYAKAN KETERAMPILAN BERPIKIR ANALITIS Fakhrurrazi, Sajidan, Puguh Karyanto	387



Proses berpikir sistem dalam pendidikan biologi

Nuryani Y. Rustaman

Pendidikan Biologi-FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia

¹ nuryanirustaman@upi.edu*; nuryani.yogipranata@gmail.com

*korespondensi penulis

PENDAHULUAN

Disampaikan dalam bukunya tentang target belajar di abad ke 21 ini antara lain adalah *knowledge, reasoning, performance skills, products, dan disposition* (Stiggins & Chappuis, 2012). *Knowledge* mencakup konten materi subyek untuk dipahami (*knowing and understanding*), contoh-contoh pengetahuan sains, kausa kata dan struktur sintaktik kebahasaan, pengetahuan tentang bilangan dan sistem numerisasi. *Reasoning* diperlukan untuk menggunakan pengetahuan dan pemahaman untuk mendeteksi dan menyelesaikan masalah, seperti *scientific inquiry*, penyelesaian masalah *matematik algorithmic*. Pemahaman bacaan, dan menyusun teks yang original. Dalam *performance skills* dikembangkan keterampilan-keterampilan perilaku atau *process skills*, seperti memainkan instrumen musik, membaca secara akurat, fasih berbicara dalam bahasa asing, atau menggunakan keterampilan-keterampilan psikomotorik. Kemampuan untuk menciptakan produk-produk yang menantang seperti makalah semester, model-model pameran sains, dan produk seni yang memenuhi standard kualitas tertentu tercakup dalam target *product*. Perkembangan sikap, minat dan intensi motivasional yang mendukung keberhasilan belajar tercakup dalam *Dispositions*. Dimanakah posisi berpikir sistem?

1. Latar Belakang

Semakin dalam dipelajari masalah-masalah utama zaman ini, makin disadari bahwa masalah-masalah itu tidak dapat dipelajari secara terpisah. Masalah-masalah tersebut merupakan masalah sistemik, artinya bahwa semuanya saling terkait dan saling bergantung satu sama lain (Capra, 2002). Umpamanya menstabilkan populasi dunia hanya mungkin apabila kemiskinan dikurangi di seluruh dunia. Kepunahan binatang dan spesies tumbuhan dalam skala besar-besaran akan terus berlanjut selama belahan dunia selatan terjerat utang yang bertumpuk-tumpuk. Kelangkaan sumber daya dan degradasi lingkungan ditambah dengan pertumbuhan pesat populasi menimbulkan kerusakan komunitas-komunitas lokal, kekerasan etnis, dan kelompok budaya yang sudah menjadi ciri utama era pasca perang dingin. Dari sudut pandang sistemik, satu-satunya solusi yang patut dilaksanakan ialah solusi

yang berkelanjutan (*sustainable*). Konsep keberlanjutan ini merupakan konsep kunci dalam gerakan ekologi dan memang sangat penting.

Selama abad ke-20, para biolog organismik yang menentang mekanisme ataupun vitalisme, menggarap persoalan-persoalan bentuk biologis dengan semangat baru dan menghasilkan pemikiran sistem dari hasil refleksi mereka. *Woodger* dan banyak tokoh lainnya menekankan bahwa salah satu ciri utama pengaturan organisme hidup adalah sifat hierarkinya (*Haraday et al.* dalam *Capra*, 2012). Satu sistem utama seluruh kehidupan ialah tendensi membentuk struktur sistem multi-level di dalam sistem-sistem. Masing-masing sistem merupakan sebuah keseluruhan sejauh menyangkut bagian-bagiannya, sementara pada saat yang sama menjadi bagian dari suatu sistem yang lebih besar. Dengan demikian, sel-sel bergabung membentuk jaringan, jaringan-jaringan membentuk organ, organ-organ membentuk sistem organ, dan sistem organ-sistem organ membentuk organisme. Hal ini juga terjadi dalam sistem-sistem sosial dan ekosistem (*Odum* dalam *Capra*, 2002). Di seluruh jagad kehidupan, dijumpai sistem-sistem hidup yang berada di dalam sistem-sistem hidup yang lain.

Berbagai pemikiran tersebut membantu melahirkan suatu cara berpikir baru – “pemikiran sistem” dalam rangka keterkaitan, hubungan-hubungan, konteks. Menurut pandangan sistem, sifat-sifat dasar suatu organisme atau sistem hidup, adalah sifat-sifat menyeluruh, yang tidak dimiliki oleh bagian-bagian (*Capra*, 2012). Sifat-sifat itu muncul dari interaksi oleh hubungan antara bagian-bagian. Sifat-sifat itu akan rusak ketika sistem tersebut dibedah (secara fisik atau teoretis) menjadi unsur-unsur yang terpisah-pisah. Meski bagian-bagian individual dalam sistem dapat dikenali, namun bagian-bagian ini tidak terpisah-pisah dan sifat dasar keseluruhan senantiasa berbeda-beda dari sekedar jumlah bagian-bagiannya.

Kejutan besar bahwa sistem-sistem tidak dapat dimengerti melalui analisis. Sifat-sifat bagian bukan sifat-sifat intrinsik, tetapi yang dapat dimengerti hanya di dalam konteks keseluruhan yang lebih besar. Dalam pendekatan sistem, sifat-sifat bagian dapat dimengerti hanya dari pengaturan keseluruhan. Jadi, pemikiran sistem tidak terkonsentrasi pada balok-balok dasar bangunan, tetapi lebih pada prinsip-prinsip dasar organisasi. Pemikiran sistem lebih bersifat “kontekstual” yang merupakan lawan dari pemikiran analitis. Analitis berarti memisahkan sesuatu untuk dapat memahaminya; pemikiran sistem berarti menempatkan sesuatu itu ke dalam konteks sebuah keseluruhan yang lebih besar (*Capra*, 2002).

2. Istilah-Istilah Terkait Sistem

Pada literatur internasional ditemukan beberapa istilah yang sering dipakai terkait sistem di antaranya *system thinking*, *system science*, *system theory*, dan *systemic reasoning* (*Tripto et*

al., 2013; Raved & Yarde, 2014), sehingga istilah tersebut membingungkan penggunaannya. Bahkan pada beberapa artikel, istilah-istilah tersebut sering dicampur-aduk penggunaannya. Secara umum istilah sistem dibagi menjadi tiga bagian besar, yaitu: pengetahuan tentang sistem (i), berpikir tentang system (ii), dan penalaran sistem (iii).

Pengetahuan tentang sistem merupakan bagian dari kajian ontologi yang mendeskripsikan sebuah sistem. Sistem dinyatakan sebagai sebuah konsep atau gagasan sains atau keilmuan lainnya yang telah lama muncul dan memiliki sejarah yang panjang (Bertalanffy, 1972 dalam Capra, 2002). Pengetahuan tentang sistem merupakan pengetahuan tentang semua sistem yang ada di muka bumi. Contohnya, sistem sains, sistem tubuh manusia, sistem bumi, sistem ekonomi, sistem sosial bahkan sistem berpikir (Hahlweg, 1983).

Sains merupakan sebuah sistem. Berpikir tentang sains dan fenomena sains berarti berpikir tentang sistem. Pendidikan sains yang baik merupakan pendidikan yang dapat menumbuhkan keterampilan berpikir sistem karena berpikir sistem merupakan bagian dari epistemologi sains (Hahlweg, 1983). Namun keterampilan berpikir sistem sulit dicapai jika tidak dipahami terminologi dan konsep sistem serta pendekatan sistem baik secara ontologi maupun epistemologi, karena sistem dan pendekatan sistem merupakan paradigma epistemologi sains yang berbeda dengan paradigma pendekatan reduksi (Hahlweg, 1983; Lücken & Sommer, 2010).

Pendekatan sistem yang lahir dari berpikir sistem (atau sebaliknya), merupakan upaya memahami sistem (dunia) yang kompleks dengan cara mempelajari hubungan antar-komponen dari sesuatu secara menyeluruh, bukan dengan mengisolasinya. Pada pendekatan reduksi, kebenaran sains dideskripsikan berdasarkan hal-hak yang dapat diobservasi atau dengan cara melakukan observasi (Lücken & Sommer, 2010). Dengan kata lain pada pendekatan sistem hasil pengamatan pada sebuah fenomena sains dideskripsikan sebagai sebagian dari kebenaran sains, bukan kondisi sebenarnya dari fenomena tersebut. Pendekatan sistem membantu memahami dan memetakan hubungan semua elemen, antar-elemen dan proses timbal balik yang terjadi dalam sebuah fenomena dalam suatu sistem .

Systemic reasoning atau penalaran sistemik dalam beberapa jurnal sering disamakan dengan istilah berpikir sistem. Namun untuk membedakannya dengan berpikir sistem maka istilah *systemic reasoning* yang dirujuk pada tulisan ini merupakan istilah yang menunjukkan tingkatan penalaran yang diperlukan agar seseorang mampu berpikir tentang sistem. *Systemic reasoning* merupakan tingkatan awal dari *post formal operational* yang merupakan

perkembangan lebih lanjut dari perkembangan tingkat kognitif manusia dewasa (Common *et al.* 1983; Common, 2006). Perkembangan kognitif manusia terbagi dalam empat tahapan yaitu berpikir sensorik-motorik, pra-operasional, berpikir operasi konkret, dan berpikir operasi formal (Inhelder & Piaget, 1968). Tingkat perkembangan kognitif tersebut merupakan tingkat perkembangan dari bayi hingga remaja dan berada pada zona logis yang tunggal (Inhelder & Piaget, 1972). Pada penelitian lebih lanjut, Piaget mengakui adanya perkembangan kognitif pada usia dewasa (Piaget, 1972; Piaget, 1980; Andrew & Kuhn, 2006), yang dikenal dengan post formal operation. Tingkat perkembangan *post formal operational* itu berupa *systemic reasoning*, *metasystemic reasoning*, *paradigmatic reasoning* dan *cross paradigmatic reasoning* (Common *et al.*, 1983; Common, 2006).

3. Tujuan Pemaparan Gagasan dan Pemikiran terkait Berpikir Sistem

Makalah ini disusun dengan fokus pada pemikiran sistem, bahkan proses berpikir sistem. Diharapkan hal ini dapat membantu para biologiwan dan pendidik biologi dalam rangka memahami sistem-sistem dalam biologi (dan kehidupan) sebagai materi subyek yang diajarkan dan dipelajari, maupun memahami masalah-masalah sosial dan ekosistem yang terjadi di masyarakat yang banyak dijumpai di zaman ini.

PENGERTIAN BERPIKIR SISTEM DAN PROSESNYA DALAM KONTEKS BIOLOGI

1. Berpikir Sistem (*System Thinking*)

Berpikir sistem diartikan sebagai kemampuan dalam melihat masalah secara keseluruhan (holistik) dengan memperhatikan hubungan timbal balik dari komponen penyusun masalah tersebut (Shaked & Scchechter, 2017). Selain itu untuk dapat memahami sistem tidak perlu dipecah menjadi beberapa bagian, tetapi memfokuskan perhatian pada bagaimana komponen saling berhubungan dan berkembang membentuk sistem lebih besar sampai yang paling besar. Dengan kata lain *system thinking* menyediakan sarana untuk melihat sistem sebagai komponen kompleks dan terintegrasi dari banyak komponen yang saling berhubungan dan perlu bekerja sama agar berfungsi secara keseluruhan.

Berpikir sistem yang disederhanakan seni kompleksitasnya, didefinisikan sebagai cara berpikir yang berfokus pada interkoneksi antar-komponen; struktur umpan balik, sebab-akibat dari komponen; dan mensintesisnya menjadi satu kesatuan (Assaraf & Orion, 2005). Berpikir sistem diartikan sebagai fokus terhadap interaksi komponen yang kompleksitas masalahnya dipengaruhi oleh hubungan antar komponen tersebut. Struktur umpan balik tersebut dan sebab akibat memberikan pemahaman bahwa *system thinking* berfokus pada

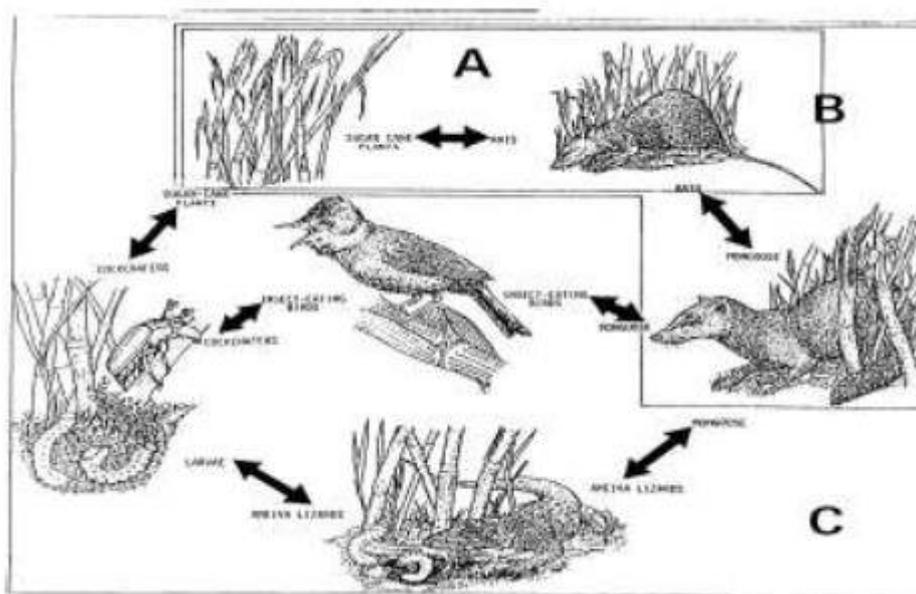
kejadian dan pola perilaku, juga pada struktur yang mendasari pola dan kejadian tersebut. Jadi berpikir sistem (*system thinking*) merupakan cara berpikir seseorang secara holistik dengan mempertimbangkan komponen yang membentuk sistem tersebut, hubungan antar komponen, tujuan yang akan dicapai serta perubahan-perubahan yang terjadi pada sistem sehingga membentuk suatu kesatuan sebuah sistem.

Berpikir sistem menghantarkan pada pengertian sebagai cara berpikir yang memiliki banyak kemampuan seperti mengenali inter-koneksi atau hubungan antar-komponen (Hopper & Stave, 2008; Squires *et al.*, 2011; Assaraf & Orion, 2011). Kemampuan ini merupakan kemampuan dasar dalam berpikir sistem yang melibatkan kemampuan untuk mengidentifikasi hubungan antar komponen yang membentuk suatu sistem (Arnold & Wade, 2015). Kemampuan lain yang merupakan bagian berpikir sistem adalah kemampuan berpikir secara holistik (Shaked & Schechter, 2007; Hidayatno, 2013). Berpikir sistem juga melibatkan berpikir secara dinamis atau multidimensi (Richmond, 1994; Sweeney & Serman, 2000; Hopper & Stave, 2007; Assaraf & Orion, 2010). Komponen yang menyusun sistem akan mengalami perubahan yang sedikit banyak mempengaruhi sistem itu sendiri (Meilinda, 2018).

2. Keterampilan Berpikir Sistem

Keterampilan Berpikir Sistem (KBS) tidak dapat didefinisikan secara jelas dan tegas. Biasanya perbedaan definisi ini diatributkan pada perbedaan domain dan bidang, misalnya KBS pada bidang teknik, sosial atau sistem biologi (Sweeney & Serman, 2009; Boersma dkk, 2011). KBS secara umum merupakan seperangkat keahlian untuk menganalisis secara sinergis sehingga dapat meningkatkan kemampuan mengidentifikasi dan memahami sistem, memprediksi perilaku sistem, dan merancang atau memodifikasi sistem untuk menghasilkan efek yang diinginkan. Menurut Meadow (2008) setidaknya pada KBS ada tiga bagian, yakni elemen (kasus, karakteristik), inter-koneksi (karakteristik yang saling berhubungan) dan/atau umpan balik satu sama lain, serta fungsi atau tujuan (Arnold & Wade, 2015).

Sebuah sistem memiliki beberapa karakteristik (Klir & Valach, 1967 dalam Schaefer, 1989). Karakteristik tersebut antara lain adalah: (i) sebuah sistem didefinisikan dalam ruang dan waktu, yang dapat dibedakan dari lingkungannya dengan suatu pembatasan yang dikonstruksi; (ii) suatu sistem terdiri atas elemen-elemen; (iii) di antara elemen-elemen tersebut terdapat kesaling-terhubungan. Ketiga komponen karakteristik tersebut di atas memiliki suatu *arbitrary components* dalam arti bahwa terdapat produk dari suatu proses subyektif yang dipilih oleh pengamat (observer).

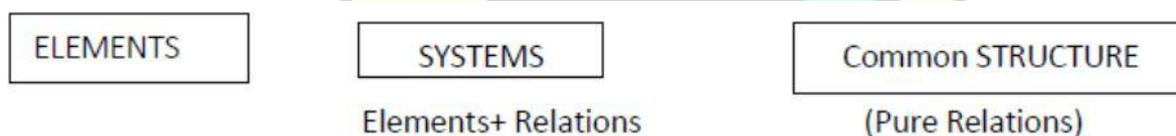


Gambar 1. Beberapa elemen penting dan hubungan dalam eko-sistem “Pabrik Gula Tebu” di Jamaica (Milne, 1965; digambar oleh Bayrhuber & Schaefer, 1980 dalam Verhoef, 2003). Subsystem A, B, C dilihat dari ukuran cenderung meningkat sebagaimana dikonsepsi oleh para petani.

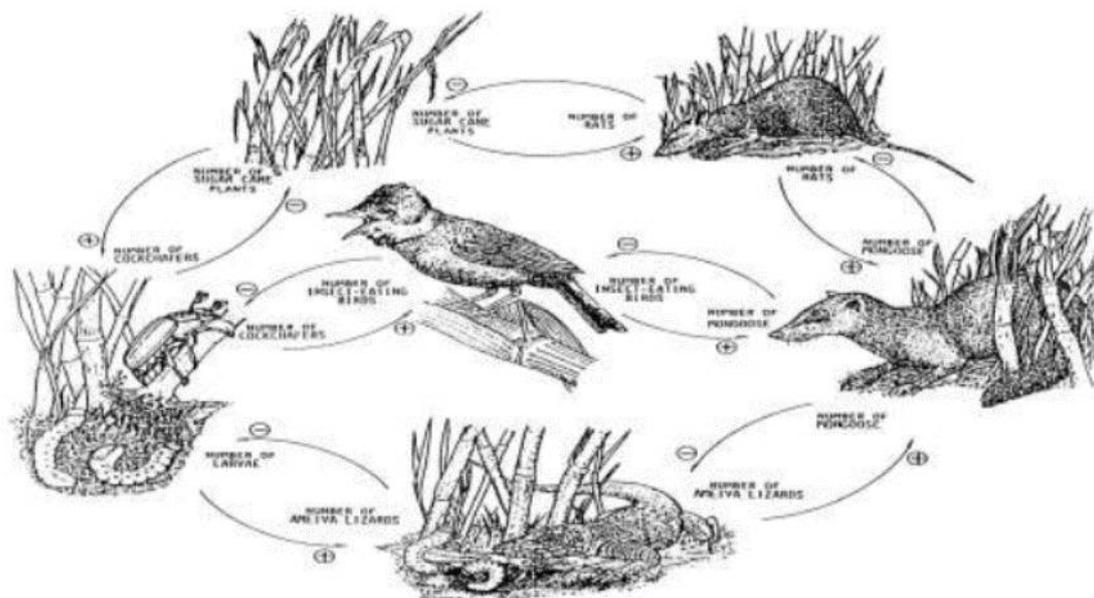
Berkenaan dengan objek, sistem dan struktur dapat dijelaskan sebagai berikut. Jika seorang guru membawa sebuah akuarium kecil yang masih hidup (sebagai sebuah miniatur ekosistem) yang mengandung ikan, tumbuhan, siput air dan lainnya, siswa akan secara normal per-orangan berminat dan merasa gembira ketika mereka mengamati akuarium dan apapun yang terjadi di dalamnya. Mereka terlibat dalam suatu pengalaman, suatu peristiwa. Jika mereka tidak dilibatkan dengan pengalaman ini, maka perasaan, interpretasi, dan ekspektasi pribadi, yakni komponen subyektif, tetap ada bagian sebuah “tujuan” (lebih tepatnya, suatu intersubyektivitas) yang seyogianya menjadi independent bagi pengamat: obyeknya. Akuarium selanjutnya dianggap sebagai sebuah obyek yang identik bagi semua siswa, dan guru tidak akan ragu-ragu berharap bahwa siswa yang berbeda, yang cara pandang, pengalaman, dan reaksi-nya berbeda akan menemukan identitas ini setelah beberapa pengkajian. Proses objektivasi berlangsung terus dan konsekuensinya adalah suatu *specific property of science*. Tidak berarti bahwa dikotomi objek atau subyek merupakan bagian dari hakikat itu sendiri, melainkan bagian dari berpikir manusiawi dan juga merupakan suatu basis esensial dari berpikir sistem.

Seandainya beberapa guru tidak berintensi untuk mengajarkan tentang akuarium secara keseluruhan, tetapi hanya tentang rantai makanan antara alga hijau, udang, dan ikan. Guru-guru tersebut akan memilih elemen tertentu dari akuarium dan mengajarkan hubungannya

(aliran biomassa, perkawinan, dan reproduksi, hubungan predator/mangsa), dan semua ini akan dipelajari dalam batas-batas “dinding” akuarium belaka. Dengan melakukan itu, guru-guru tersebut menciptakan suatu sistem di luar objeknya (Gambar 2 paling atas). Gambar 2 juga mengilustrasikan kesaling-terhubungan secara umum antara beberapa konsep (sistem, elemen, hubungan, dan struktur). Berbeda perangkat elemen senantiasa membentuk sistem yang berbeda, sebab melalui elemen-elemen substansi, karier sistem didefinisikan. Jadi, dimungkinkan terbentuk hubungan yang serupa atau berbeda di antara elemen-elemen tersebut (suatu struktur yang serupa atau identik). Sebuah struktur merupakan komposisi dari hubungan murni, terlepas (independent) dari elemen-elemen sistem yang konkret.



Gambar 2. Elemen-elemen dan Hubungan-hubungan Membentuk Sebuah System. Hubungan-hubungan sendiri membentuk suatu struktur.



Klasifikasi sistem: ada system terbuka dan ada system tertutup.

Sebuah struktur merupakan hasil dari suatu proses abstraksi dimana kespesifikan elemen-elemen sistem digabungkan. Jadi elemen-elemen konkret yang dapat digantikan simbol aljabar formal, menunjukkan bahwa struktur merupakan suatu istilah aljabar. Dengan kata lain

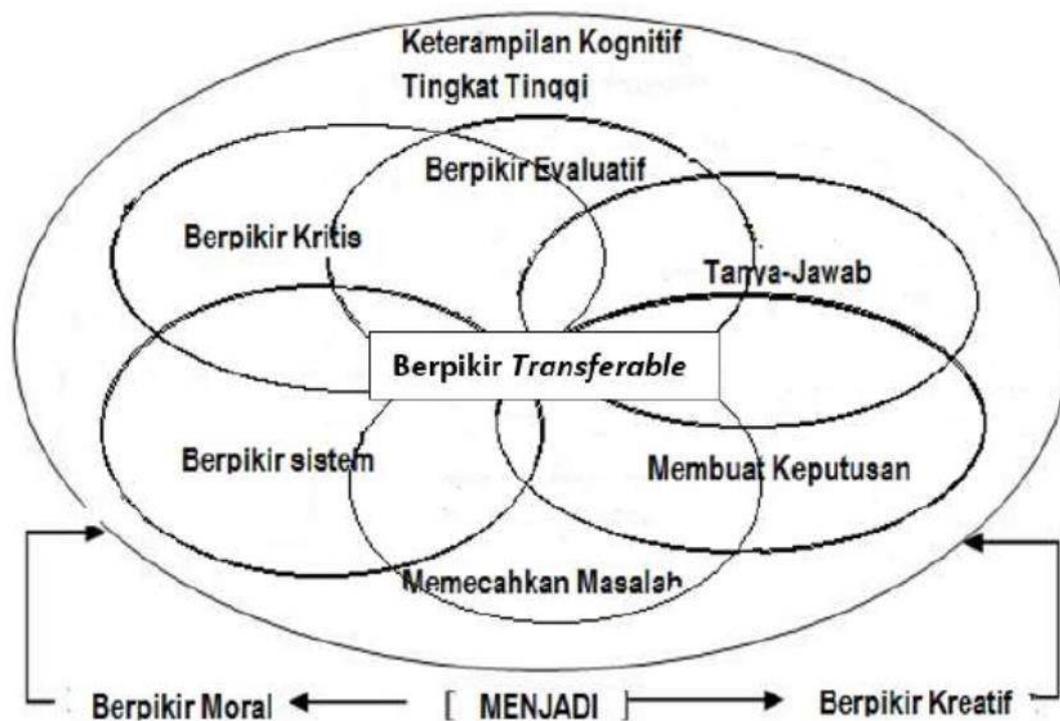
apabila sebuah sistem terbentuk dari elemen-elemen dan hubungan-hubungan-nya, maka struktur umum yang biasanya merupakan hubungan murni yang dibangun dari sistem-sistem bagiannya, dapat digantikan oleh simbol aljabar formal, mendemonstrasikan bahwa struktur adalah suatu istilah aljabar.

3. Hubungan Keterampilan Berpikir Sistem dan Keterampilan Berpikir Lainnya

Pentingnya keterampilan berpikir sistem (KBS) dalam sains/biologi ditekankan pada asesmen keterampilan abad ke 21. Perkembangan dunia yang begitu cepat dengan sistem yang kompleks menjadikan setiap bangsa saling berhubungan, pertumbuhan globalisasi sistem sosial, perdagangan internasional, kebijakan politik, perkembangan teknologi sehingga membutuhkan keterampilan berpikir sistem, disingkat menjadi KBS (Arnold & Wade, 2015). KBS ini sejalan dengan tujuan pendidikan sains termasuk penelitian Biologi dengan memberikan pemahaman kepada siswa mengenai kompleksitas lingkungan yang ada di sekitarnya (Boersma *et al.*, 2011; Dauer & Dauer, 2016; Agustina *et al.*, 2018). KBS ini penting untuk dibekalkan kepada siswa dan masyarakat agar mereka terbiasa memberikan keputusan dalam menyelesaikan permasalahan kehidupan yang kompleks (Dawidowicz, 2012; Habron *et al.*, 2012; Agustina *et al.*, 2018).

Keterampilan berpikir Sistem (KBS) dan kreativitas merupakan kebiasaan berpikir (*habits of mind*) yang dikembangkan pada abad ke 21 ini (Bybee, 2010; Capra, 2002; Griffin *et al.*, 2012; Rustaman *et al.*, 2018; Agustina *et al.* 2018; Agustina *et al.* 2019;). KBS penting dibekalkan kepada siswa, mahasiswa, dan masyarakat. Pembekalan KBS dimaksudkan agar supaya mahasiswa (dan siswa) dapat memberikan keputusan dalam menyelesaikan permasalahan kehidupan yang kompleks (Dawidowicz, 2012; Habron *et al.*, 2012).

Berpikir sistem merupakan jenis berpikir yang kompleks sehingga perlu penjabaran yang lebih rinci tentang aspek-aspek yang terhubung dengan hal tersebut (Richmond, 1993, Zoller & Nahum, 2012). Kompleksitas dan keter-hubungan berpikir sistem dengan aspek lainnya tergambar dari adanya peneliti yang menghubungkan antara berpikir sistem dengan berpikir kritis (Richmond, 1993) dan dengan *Higher Order Thinking* lainnya (Zoller & Nahum, 2012) seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Posisi Berpikir Sistem pada Konteks Berpikir Tingkat Tinggi
(Sumber: Zoller&Nahum, 2012)

Gambar 3 memperlihatkan secara skematis kompleksitas *Higher Order Thinking* (HOT) yang mengacu pada kemampuan kognitif secara generik yang saling terkait.

BERPIKIR SISTEM DAN PEMBELAJARAN BIOLOGI

1. Teori-Teori Sistem

Teori Umum Sistem adalah suatu ilmu umum mengenai “keseluruhan” yang hingga kini dianggap suatu konsep yang kabur, samar-samar, dan semi-metafisik. Dalam bentuknya yang yang terperinci akan menjadi sebuah disiplin matematis, yang dalam dirinya sendiri sepenuhnya bersifat formal namun dapat diterapkan pada berbagai macam ilmu empiris. Karena ilmu pengetahuan berurusan dengan “keseluruhan-keseluruhan yang teratur”, teori sistem umum akan sama pentingnya dengan teori probabilitas karena ilmu pengetahuan berkenaan dengan “kemungkinan-kemungkinan peristiwa (Bertalanffy, dalam Capra, 2002). Lebih jauh dikemukakan tentang sistem tertutup dan sistem terbuka dalam sistem. Organisme hidup merupakan sistem terbuka karena mereka membutuhkan aliran materi dan energi yang berasal dari lingkungannya agar dapat bertahan hidup. Berbeda dengan sistem tertutup yang tetap dalam keseimbangan termal, sistem terbuka mempertahankan diri jauh dari keadaan keseimbangan yang mantap ini yang dicirikan oleh aliran dan perubahan yang terus menerus

yang disebut sebagai *Fliessgleichgewicht* (Jerman: “kesimbangan mengalir”) untuk mendeskripsikan suatu keadaan keseimbangan yang dinamis tersebut.

Teori sistem umum akan menjadi, suatu alat yang penting untuk mengendalikan dan mendorong transfer prinsip-prinsip suatu bidang ke bidang lainnya, dan ia tidak perlu menduplikasi atau mentriplikasi penemuan prinsip yang sama dalam bidang yang berbedayang terisolir satu sama lain. Pada saat yang sama, dengan merumuskan kriteria tertentu, teori sistem umum akan mencegah dilakukannya analogi-analogi yang dangkal yang tak berguna bagi ilmu pengetahuan. Sibernetika berasal dari bahasa Yunani *Kyvernetes* (‘pengemudi’), sehingga sibernetika didefinisikan sebagai ilmu tentang ‘kontrol dan komunikasi dalam hewan dan mesin’ (Wiener dalam Capra, 2002). Penyelidikan tentang sibernetika mengarah pada konsep-konsep umpan balik (*feedback*) dan pengendalian diri, dan kemudian pada konsep pengaturan diri sendiri (*self organization*). Von Neuman (seorang matematikawan) terpesona dengan berbagai proses otak manusia dan memiliki keyakinan besar akan kekuatan logika dan keyakinan kuat akan teknologi, dan berusaha mencari struktur-struktur logis niversal pengetahuan ilmiah (Capra, 2002). Bersama Wiener dan sibernatis lainnya, Bateson memelopori penerapan pemikiran sistem pada terapi keluarga, mengembangkan model sibernetika untuk alkoholisme (*a.l. the double blind theory mengenai skizofrenia dalam psikiater*) → *Artificial intelligence* (Capra, 2002). Semakin meningkat teknologi, semua bentuk kebudayaan menjadi tunduk pada teknologi, dan inovasi teknologis, ketimbang meningkatkan kesejahteraan manusia, yang lebih telah menjadi sinomin dengan kemajuan.

2. Mengajarkan Prinsip-prinsip Biologi Berdasarkan Berpikir Sistem

Partnership for 21st century skills membuat suatu kerangka kompetensi abad 21 yang menjelaskan bahwa berpikir sistem (*system thinking*) merupakan salah satu bagian dalam keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan pada abad 21. Partnership for 21st century skills mendefinisikan berpikir kritis sebagai alasan yang efektif (menggunakan berbagai penalaran), berpikir sistem (menganalisis komponen yang saling berinteraksi untuk menghasilkan keseluruhan dalam sistem yang kompleks), membuat penilaian dan keputusan (mengevaluasi secara efektif dan bukti dan argument) serta pemecahan masalah (mengidentifikasi dan mengajukan pertanyaan penting yang mencari solusi yang tepat dari berbagai sudut pandang) (National Education Association, 2012; Ventura & Dicerbo, 2017). Berpikir sistem merupakan bagian dari berpikir kritis karena memerlukan penalaran (*reasoning*) kuat berupa konseptualisasi, analisis, dan sintesis informasi yang didapat dari berbagai sumber untuk mengambil keputusan. Penyusunan argument ini memerlukan

kemampuan dalam menyusun pertanyaan-pertanyaan yang relevan dalam struktur logis, sebuah proses yang menghantarkan pada berpikir sistem.

Setelah didemonstrasikan, dengan bantuan sejumlah contoh konkret, bagaimana konsep sistem dan deskripsi sistem dapat diaplikasikan pada pengajaran biologi, perlu untuk ditunjukkan bahwa penggunaan berpikir sistem dalam biologi tidak berarti suatu superimposition terhadap materi subyek biologi tentang “*technical structures*” sebagaimana dinyatakan oleh guru-guru yang skeptis), yakni suatu *self-alienation of biology*. Sebaliknya, berpikir kritis mengekspresikan secara eksplisit apa yang hadir secara implisit dan berpotensi dalam semua jenis organisme dan sistem-sistem: Struktur vital (penting menjadi relevan secara khusus ketika dicoba diformulasikan prinsip dasar kehidupan yang secara normal dibatasi dalam buku teks (*textbook*) biologi pada topik pertumbuhan, metabolisme, iritabilitas, reproduksi, dan hereditas.

Analisis yang berhati-hati terhadap semua dimensi yang dapat dibedakan yang merupakan karakteristiknya dengan berbagai manifestasi, dilanjutkan dengan suatu daftar tentang satu prinsip ditambah satu meta-prinsip (Shaafer, 1986).

- a. *polarity (controversy in unity; meta-principle permeating all the others),*
- b. *order/chaos,*
- c. *autonomy/dependence,*
- d. *energy upgrading/degrading,*
- e. *movement/quiescence,*
- f. *adaptation/persistence,*
- g. *individuality (variation) /conformity,*
- h. *complexity/simplicity,*
- i. *opening/closing of borders (controlled sub-division),*
- j. *ranking/equalization of values (hierarchical orders),*
- k. *semantic/syntactic perception (sign and meaning),*
- l. *storage and reproduction/removal of information.*

Jika kita berlanjut memformulasikan prinsip-prinsip ini dengan cara umum serupa itu, bahwa dapat digunakan pada berbagai jenis kehidupan, materi biologis serta bentuk-bentuk social dan psikologis, maka itu merupakan bukti untuk menggunakan peristilahan sistem yang didefinisikan sebagai suatu alat yang praktis. Ini mendemonstrasikan bahwa prinsip ketiga (autonomi) dengan menggunakan istilah “umpan balik positif dan negatif”. Pada Tabel

2, kedua belas prinsip kehidupan dan kontribusi berpikir sistem menawarkan pengertian dari yang terdapat dalam daftar.

Tabel 2.
12 Prinsip-prinsip Kehidupan dan Hubungannya dengan Konsep Sistem

No	Principle of Life	Corresponding systems concepts
1	<i>Polaritas</i> (kontroversi dalam kesatuan)	Batas-batas sistem; struktur; simetri; kesetimbangan dinamis; transformasi; transformasi inversi
2	<i>Order/ chaos</i>	<i>Entropy, negentropy, structure, syntactic information, statistical probability</i>
3	<i>Autonomy/dependence</i>	<i>Feedback (+, -); causal cycle; cyclic causality; reinforcement; regulation, stability, equilibration; system border, internal/external control.</i>
4	<i>Energy upgrading/degrading</i>	<i>Energy quality, entropy, context energy.</i>
5	<i>Movement/ quiscence</i>	<i>Dynamic system, static system static, transformation</i>
6	<i>Adaptation/ Persistence</i>	<i>Structure, configuration; affinity, similarity, equivalence; homomorphism; transgormation; function,</i>
7	<i>Individuality, variability, conformity</i>	<i>System border, open system, closed system; diversity, variance</i>
8	<i>Complexity/ Simplicity</i>	<i>Element, relation, structure</i>
9	<i>Opening/closing of borders;</i>	<i>Controlled sub-division. System border, open system, closed system; control, function</i>
10	<i>Ranking/equalization (hierarchy)</i>	<i>Sub-ordinate, super-ordinate elements, function or concept; valuation, weighing of system parts</i>
11	<i>Semantic/ syntactic perception</i>	<i>Sign, meaning, codification; syntactic, semantic information; communication</i>
12	<i>Storage/ removal of Information</i>	<i>Information, structure; element; stability; redundance, noise.</i>

3. Keuntungan dan Bahaya Berpikir Sistem dalam Pendidikan Biologi

Beberapa struktur dinamik tentang alat vital yang penting bagi kehidupan seperti “siklus regulasi ganda terhadap satu atau dua siklus “*reinforcement*”, terjadi dengan cara yang sama pada sistem biologi. Pengetahuan tentang struktur umum memberikan suatu daya khusus di dalam biologi, dan juga di luar itu dalam *life sciences* lainnya. Pengetahuan serupa itu dapat diterapkan pada sejumlah contoh berbeda dan melayani sebagai alat berpikir yang ekonomis, seperti “*advance organizers*” (Ausubel dalam Dahar, 1989). Dalam biologi yang ditandai oleh suatu variasi yang sangat besar dari obyeknya, sangatlah perlu “*cognitive tools*” yang sesuai untuk menstrukturkan memori manusia. Jika tidak, akan terjadi kebingungan akibat terlalu banyak contoh, variasi dan ekspektasi.

Berpikir sistem menawarkan cara-cara khusus dalam abstraksi dan reduksi data menuju hal yang paling inti/mendasar dalam subyek mater biologi. Gambaran umum berpikir yang dihasilkan oleh teori sistem tidak dibentuk secara artifisial yang jauh dari realitas, tetapi

mereka *immanen* dalam semua sistem biologi dan telah dibuat secara eksplisit hanya oleh berpikir sistem (ini seperti pemikiran revolusioner nya (Wiener dalam Capra, 2002).

Kejanggalan yang sama dari berpikir sistem yang memberikan terlalu banyak keuntungan terhadap pengajaran biologi, juga membatasi, yang sangat berbahaya. Abstraksi dan reduksi menukik pada esensi dari pembelajaran biologi berarti penyederhanaan dan generalisasi. Artinya terpisah dari bukti empiris, dari persepsi sensorik dan suatu perubahan (pemutar balikan) kepada *formalized thinking* dalam pola umum yang kadang-kadang jauh dari suatu objek individual. Sudah disadari pedagogi yang ada melalui semua jenis dan jenjang di sekolah-sekolah:

Guru-guru mendemonstrasikan suatu contoh spesifik dari suatu gejala kehidupan. Kemudian mereka mengabstraksi suatu pola umum dari spesimen ini. Pada akhirnya mereka menggunakan pola tersebut untuk mendeskripsikan kasus-kasus berulang pada fenomena lainnya.

Umpamanya, seekor tikus dicontohkan tidak hanya sebagai seekor tikus, tetapi sebagai suatu “*rodent*”, meskipun tidak ada contoh *rodent* lainnya yang pernah disebutkan. Jadi para siswa tidak menyadari proses abstraksi tersembunyi yang terjadi di dalam pikiran guru tersebut. Para siswa belajar secara verbal, dengan hanya mengasosiasikan, bahwa tikus termasuk takson *Rodentia* dan bahwa *rodentia* memiliki ciri, misalnya dengan satu ciri khusus dan pengaturan geliginya. Akibatnya para siswa dijejali ke dalam memorinya satu contoh spesifik (yakni suatu pengalaman sensoris, tikus yang diobservasi), bersama dengan suatu pola yang digeneralisasi agar menjadi cocok dengan contoh. Apa yang tidak dipelajari oleh para siswa dengan cara pengajaran ini adalah representasi tinggi oleh sejumlah subspecies berbeda dan modifikasi-modifikasi bahwa suatu ciri di dunia kehidupan dan seringkali memecah suatu pola umum menjadi bagian-bagian.

Oleh karena salah satu tujuan pendidikan berhierarki tinggi dalam pengajaran biologi dalam pengembangan berpikir fleksibel (“berpikir inklusif” daripada “berpikir eksklusif”, “berpikir populasi” daripada “berpikir tipologik”, “berpikir empiris” daripada “berpikir aksiomatik”), berpikir sistem harus diterapkan pada pengajaran biologi dengan lebih berhati-hati. Skema konseptualnya tawaran berpikir sistem seyogianya direfleksikan dan dimodifikasi berulang-kali dengan latar belakang realitas biologis yang berubah-ubah.

Jika seorang guru menyadari masalah pedagogi dan mengembangkan skema umum berpikir sistem mendahului suatu basis induktif yang luas, para siswa akan menyimpan dalam memori mereka suatu “pengetahuan ganda” pada variasi biologis yang tinggi di satu pihak,

serta generalisasi dan unifikasi yang tinggi di pihak lain. Dengan pengetahuan ganda ini dalam pikiran merekalah bahaya berpikir sistem, sebagaimana berpikir yang diformalkan lainnya (matematika, filsafat), dapat direduksi atau dihindari, dan bahkan powernya mungkin tumbuh. Dengan menggunakan berpikir sistem sebagai alat, proses dasar dalam sains, yang merupakan suatu interaksi, operasi deduktif dan osilasi induktif yang berkesinambungan, dapat divisualisasikan. Jadi, berpikir sistem menjadi tujuan utama pengajaran sains.

4. Proses Berpikir Sistem

Khususnya pada karakter keilmuan dan pembelajaran biologi yang bersifat kompleks mulai dari tingkat molekuler sampai ekosistem, aspek-aspek penting dalam proses KBS (Schaefer, 1989; NRC, 2009; Dauer & Dauer, 2016) antara lain: proses berpikir pada tingkat organisasi (i); proses berpikir melibatkan interaksi fenomena konkret dan pemodelan abstrak (ii); proses berpikir dalam perspektif sistem (iii). Proses berpikir pada tingkat organisasi melibatkan obyek dalam kajian biologi yang merupakan organisasi kehidupan dari tingkat mikromolekul hingga biosfer. KBS dilibatkan dalam kajian dan pembelajaran biologi sehingga obyek kajian dapat ditinjau sebagai suatu kesatuan yang berperan dan berpengaruh terhadap organisasi kehidupan yang disusunnya. Dalam proses berpikir yang melibatkan interaksi fenomena yang konkret dan pemodelan abstrak, KBS tidak hanya memandang pemodelan sebagai generalisasi dari temuan dan tafsiran terhadap obyek dan proses biologis yang konkret, melainkan obyek dan proses dapat ditinjau sebagai pengaruh pada perkembangan pemodelan suatu sistem. Pada proses berpikir dalam perspektif sistem, sistem sebagai karakter obyek kajian biologi, menyebabkan terjadinya proses berpikir yang menempatkan setiap fenomena yang dibahas pada biologi sebagai suatu sistem. Berpikir sistem merupakan cara berpikir yang sangat penting dalam kajian biologi.

Model sistem diperkenalkan pertama kali oleh Verhoeff (2003) pada siswa berusia 15-16 tahun yang didasarkan pada teori general sistem atau *general system theory* (GST). Teori general sistem ini menggunakan strategi pembelajaran pada model sistem sel, pengantar dan aplikasi model sistem. Tabel 2 menyajikan analisis teori sistem berdasarkan teori general sistem dan dicontohkan pada sistem biologi (Verhoeff, 2003; Boersma *et al.*, 2011).

Tabel 3
 Karakteristik Teori Sistem berdasarkan Hasil Kajian Teori

Teori Sistem	No	Karakteristik	Contoh
Teori General Sistem (GST)	1	Sistem memiliki identitas sebagai obyek, tetapi tidak selalu memiliki batas sistem yang jelas.	Sel dan organisme memiliki batas sistem yang berbeda; populasi & ekosistem tidak memiliki batas sistem.
	2	Sistem terdiri dari komponen atau sistem parsial yang sama dalam tingkatan atau berbeda kategori.	Sel dan ekosistem pada tingkat organisasi kehidupan
	3	Komponen sistem (<i>partial system</i>) membentuk fungsi dalam sistem	Organ pada organisme membentuk fungsi spesifik
	4	Komponen sistem (<i>partial system</i>) memiliki interaksi satu sama lain	Interaksi antara predator dan mangsa
	5	Perbedaan sistem dapat dibentuk antara sistem terbuka (<i>open systems</i> : perubahan materi, energi) dan sistem tertutup (<i>closed systems</i> : ekosistem).	Sistem terbuka: perubahan materi, perubahan energi. Sistem tertutup: aliran energi dan siklus materi dapat diidentifikasi
Cybernetics	6	Sistem dapat mengatur dirinya sendiri berupa mekanisme umpan balik untuk mencapai atau membentuk ekuilibrium atau kesetimbangan	Rata-rata ukuran populasi; proses pada tingkat sel dan organisme (= homeostasis).
Teori Sistem Dinamik	7	Sistem terbuka diartikan sebagai sistem yang mengorganisasi dirinya sendiri dan menghasilkan interaksi antar komponen atau antar sistem parsial.	Bentuk reproduksi pada tingkat organisasi kehidupan.
	8	Selama hidup sebuah sistem terbuka memiliki kesetimbangan untuk satu periode waktu (lebih terbatas).	Keberadaan gulma dan ketiadaan gulma di kolam/danau

(Sumber: Boersma *et al.*, 2011).

Berdasarkan analisis beberapa jurnal dan beberapa hal yang dilakukan selama penelitian ini maka dapat disimpulkan langkah menyusun satu seri rangkaian pembelajaran berbasis sistem di antaranya ialah:

- a. Pendekatan pembelajaran yang dilakukan harus berorientasi sistem, dapat menggunakan sistem yang telah ada seperti *living system* atau *earth system* (NRC, 2012) maupun sistem buatan seperti bathup pada konsep tentang aliran energi dan tekanan dalam pembelajaran fisika (Sweeney & Sterman, 2000)
- b. Memetakan konten dan konsep yang akan dipelajari baik berupa struktur, fungsi, maupun karakter sistem pada komponen maupun sub komponen dari sistem yang digunakan (Meilinda, 2018)
- c. Melibatkan beberapa tingkatan (level) (Verhoeff, 2003). Semakin banyak level yang dilibatkan, semakin kompleks pembelajaran yang dilakukan dan semakin rumit strategi pembelajaran yang harus diterapkan.

- d. Mengelompokkan beberapa komponen/sub komponen atau atau beberapa level untuk dikembangkan dalam satu seri pembelajaran untuk dipelajari pada satu atau dua kali pertemuan (Meilinda, 2018)
- e. Memulai dari sistem yang paling tinggi dan kontekstual (dalam bentuk kasus ataupun gambar) menuju sub sistem yang lebih abstrak (Brandstädter *et al.*, 2012).
- f. Memperhatikan penekanan konsep/konten pada karakter sistem dengan menggunakan frame SBF (*Structure-Behaviours-Function*) (Meilinda, 2018)
- g. Dianjurkan untuk mengacu pada indikator berpikir sistem (Brandstädter *et al.*, 2012).

PENELITIAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM DALAM BIOLOGI

1. Keterampilan Berpikir Sistem dalam Pembelajaran

Keterampilan berpikir sistem (KBS) merupakan alat saintifik proses terutama pada proses analisis dan sintesis (Schaefer, 1989). Kemampuan analisis dan sintesis merupakan bagian berpikir yang lebih tinggi atau higher order thinking (Rustaman et al., 2003). Pembekalan berpikir sistem pada pendidikan biologi dilakukan dengan memberikan pemahaman kepada siswa (mahasiswa) mengenai kompleksitas lingkungan yang ada di sekitarnya (Boersma dkk, 2011; Dauer & Dauer, 2016). KBS dapat menggunakan teori general sistem (*General System Theory/GST*) dan sibermetik (*cybernetics*), serta *dynamic system*. Teori *general system* meliputi kemampuan mengidentifikasi komponen-komponen dalam sistem, menjelaskan fungsi setiap komponen, menganalisis hubungan setiap komponen, menganalisis hubungan sistem dengan sistem lain, menganalisis siklus energi. Sibermetik berkaitan dengan keseimbangan zat antar batas sistem (homeostasis) (Verhoeff, 2003; Boersma et al., 2011).

Pembekalan KBS di manca negara telah banyak dilakukan, mulai dari tingkat sekolah dasar (SD) hingga perguruan tinggi (PT), serta pelatihan profesi guru (Agustina *et al.*, 2018). Pembekalan KBS pada biologi lebih sering dijumpai pada konten yang berkenaan dengan ekologi (Eilam, 2012), ekosistem menggunakan media akuarium (Jordan *et al.*, 2013), akuaponik (Junge *et al.*, 2014); ditekankan pada tubuh manusia (Assaraf *et al.*, 2013), khususnya sistem peredaran darah manusia (Raved & Yarden, 2014), homeostasis (Zion & Klein, 2014), penyakit pada hewan (Cheng *et al.*, 2015).

Pembelajaran KBS di berbagai negara mulai dibekalkan kepada siswa di pelbagai jenjang (Sembiring *et al.*, 2017). Pembekalan KBS juga dilakukan kepada para guru (Karaman, 2014) dan calon guru (Nursani, 2014; Meilinda *et al.*, 2017; Agustina *et al.*, 2018) untuk menunjang pembangunan berkelanjutan. Pembelajaran biologi khususnya memiliki kompleksitas obyek kajian sehingga tepat dilakukan dengan pembekalan KBS (Nursani, 2014; Dauer & Dauer,

2016; Agustina *et al.*, 2018). Bekal untuk KBS di antaranya berpikir logis. Berpikir logis berkaitan dengan penalaran supaya dapat berpikir sistematis dalam menyelesaikan masalah (Rustaman, 2013; Hidayatno, 2013; Agustina *et al.*, 2018). Lebih jauh pada orang dewasa diperlukan penyelidikan lanjut bahwa terdapat penalaran post-formal.

2. Keterampilan Berpikir Sistem dalam Bahan Ajar dan Asesmennya

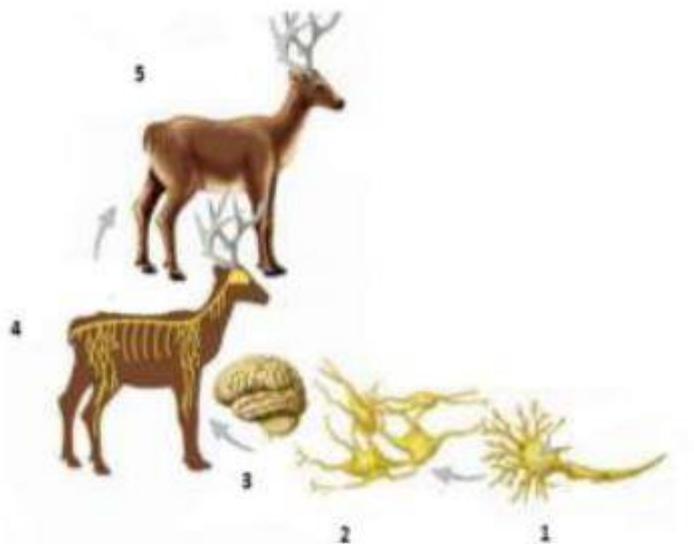
Dalam *framework* NGSS (2013) diungkapkan tentang “*systems dan system models*” sebagai salah satu unsur *cross-cutting concept*. Berarti untuk penelitian yang menggunakan pendekatan STEM dan memilih berpikir sistem, dapat juga ditentukan *framework* NGSS (2013) untuk diintegrasikan ke dalam bahan ajar yang sekaligus juga dirujuk untuk menyiapkan soalnya merujuk pada model tertentu, umpamanya model *system Thinking Hierarchical* atau STH (Assaraf & Orion, 2005; Sembiring, 2017).

Pada pendidikan dasar, bahan ajar berupa buku pelengkap dilakukan oleh mahasiswa untuk siswa sekolah menengah pertama (SMP) dengan memilih topik Sistem organisasi kehidupan, khususnya pada tingkat sel. Bahan ajar tersebut disiapkan untuk melengkapi pembelajaran berbasis proyek terintegrasi STEM berbasis berpikir sistem. Penyusunan bahan ajar diawali dengan mengidentifikasi konsep-konsep penting yang diturunkan dari Kompetensi Dasar terkait di kelas VII, juga disiapkan indikator-indikatornya. Berdasarkan indikator disiapkan tes keterampilan berpikir sistem pada Sistem Organisasi Kehidupan bentuk pilihan ganda. Tes KBS yang terdiri dari 20 soal pilihan ganda tersebut divalidasi melalui pertimbangan pakar, dan diuji cobakan terhadap sejumlah siswa SMP yang sudah mempelajari materi pelajaran Sistem Organisasi Kehidupan ($n_1=56$) kelas VIII dari dua sekolah. Instrumen tes KBS dikembangkan dengan mengadaptasi model STH (*System Thinking Hierarchical*). Selanjutnya bahan ajar disusun berdasarkan hasil analisis konsep dan pemetaan konsep untuk bahan ajar dengan memperhatikan keterampilan berpikir sistem dan karakteristik pembelajaran STEM. Bahan ajar yang sudah direview oleh tiga pakar materi biologi kemudian diuji coba secara terbatas keterbacaannya terhadap sejumlah siswa kelas VIII ($n_2=36$), serta diminta tanggapan dari sejumlah guru IPA SMP.

Tabel 4
Keterampilan Berpikir Sistem dan Indikatornya

No	Keterampilan Berpikir	Sistem Indikator Berpikir Sistem
1	Menganalisis komponen sistem	a. Mengidentifikasi komponen-komponen dan proses dalam sistem.
2	Menyusun komponen-komponen sistem.	a. Mengidentifikasi hubungan antar komponen sistem. b. Mengidentifikasi hubungan dinamis di dalam sistem. c. Mengorganisasi komponen sistem, proses, dan interaksinya ke dalam kerangka hubungan.
3	Implementasi kemampuan berpikir sistem.	a. Mengenali dimensi tersembunyi dalam sistem (memahami fenomena melalui pola dan hubungan timbal balik yang tidak terlihat langsung). b. Membuat generalisasi tentang sistem c. Memprediksi akibat yang muncul dari perubahan yang terjadi pada sistem.

Contoh soal KBS untuk Sistem organisasi kehidupan disajikan berikut ini:

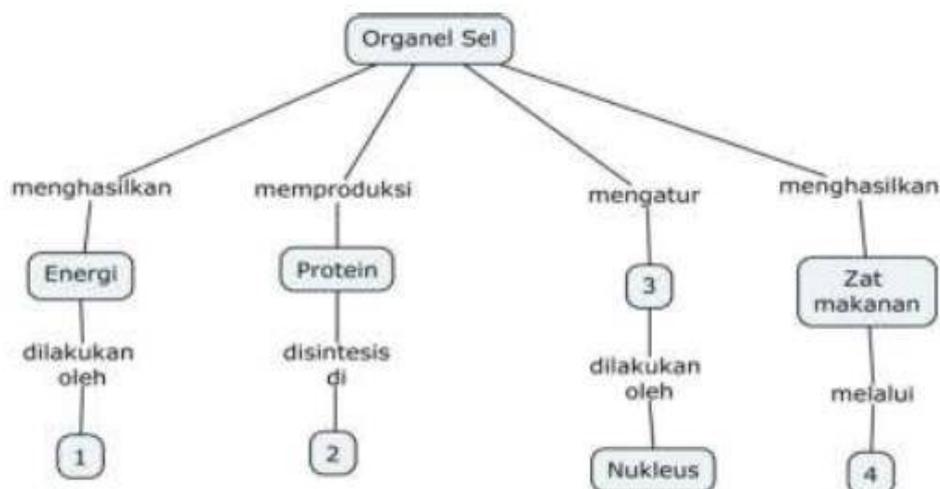


Gambar 10.1. Hierarki sistem organisasi kehidupan pada hewan.
sumber: www.desertbruchid.net.

Gambar 10.1 menunjukkan hierarki sistem organisasi kehidupan pada rusa. Manakah yang tepat untuk mengisi angka 5, 4, 3, 2, dan 1?

- Organisme, sistem organ, sistem jaringan, jaringan, dan sel
- Organisme, sistem organ, organ, jaringan, dan sel
- Organisme, organ, sistem jaringan, jaringan, dan sel
- Organisme, jaringan, organ, serabut, dan sel

11. Perhatikan peta konsep di bawah ini.



Manakah yang tepat untuk mengisi angka 1, 2, 3, dan 4 di atas secara berturut-turut?

- Mitokondria, ribosom, aktivitas sel, dan kloroplas.
- Lisosom, mitokondria, aktivitas sel, dan kloroplas.
- Mitokondria, ribosom, transportasi materi sel, dan klorofil.
- Membran sel, ribosom, sintesis protein, klorofil.

20. Ayah Neneng menggantung ayunan di cabang pohon besar yang tumbuh di halaman belakang rumahnya (seperti gambar 20.1). Ayah Neneng membuat tinggi dudukan (jarak antara dudukan ayunan dengan permukaan tanah) sebesar 50 cm.



Gambar 20.1 Ilustrasi ayunan Neneng
Sumber: www.3.bp.blogspot.com

Setelah sepuluh tahun, pohon tumbuh dan bertambah tinggi sebesar 1 meter. Menurut kamu, apakah tinggi dudukan ayunan juga bertambah?

- Ya, karena pertambahan tinggi pohon terjadi di pangkal batang pohon.
- Ya, karena pertambahan tinggi pohon terjadi di pucuk pohon.
- Tidak, karena pertambahan tinggi pohon terjadi di pangkal batang pohon.
- Tidak, karena pertambahan tinggi pohon terjadi di ujung batang pohon

Berkeenaan dengan asesmen untuk keterampilan berpikir sistem (KBS) dapat digunakan beberapa tipe dan bentuk instrumen. Pada contoh kasus di atas digunakan tes pilihan ganda dengan memberikan stimulus berupa gambar atau ilustrasi atau berupa peta konsep. Contoh-contoh semacam itu sesuai dengan kemampuan siswa SMP yang berusia sekitar 12-14 tahun. Untuk siswa yang lebih besar, dapat digunakan bentuk lain yang serupa dengan konteks yang lebih sesuai. Instrumennya dapat dibuat secara variatif. Untuk mahasiswa, instrumennya dapat berupa pembuatan peta konsep dan/atau soal berupa studi kasus tertentu.

Penelitian pada tingkat perguruan tinggi, yakni mahasiswa calon guru pernah digunakan beberapa instrument sebagai berikut.

a. Penggunaan Peta Konsep sebagai asesmen KBS

Peta konsep dianggap sebagai asesmen yang efektif untuk menganalisis KBS siswa atau mahasiswa (Brandstadter *et al.*, 2012; Tripto *et al.*, 2013; Raved & Yarden, 2014). Peta konsep harus dibuat oleh siswa berdasarkan bacaan hasil pemahamannya, diberi skor menurut *framework* tertentu. Peta konsep dinilai hierarki (5 per hierarki), jumlah proposisi (masing-masing 1), ikatan silang (10), dan contoh-contoh (skor 1 untuk masing-masing contoh yang valid). Total skor perolehan dibandingkan dengan skor total peta konsep rujukan dikalikan 100%. (Peta konsep rujukan untuk sistem Iklim, Lampiran 2).

b. Penggunaan Studi kasus dalam Tes dan Asesmen Alternatif sebagai asesmen KBS

Fenomena Empiris

Saat terjadi penyerangan tikus di perkebunan tebu Jamaica pada tahun 1870, pemerintah mempekerjakan ahli penangkap tikus. Oleh karena tidak berhasil maka diputuskan untuk melepaskan luwak sebagai musuh alami tikus. Namun seiring habisnya tikus, luwak memakan amfibi, ular, kadal dan burung yang bersarang di perkebunan tebu. Menghilangnya populasi burung mengakibatkan peningkatan populasi serangga yang merusak akar tanaman tebu, sehingga akhirnya dilakukan perburuan luwak dan pemusnahan serangga dengan menggunakan senyawa kimia (Schaefer, 1989).

→Dipilih satu indikator, lalu disiapkan pertanyaan yang relevan dengan indikator tersebut.

Tabel 5. Kriteria Kunci Suatu Sistem Hidup

No	Kriteria Kunci	Uraian
1	Pola Pengaturan	Konfigurasi hubungan-hubungan yang menentukan karakteristik dasar system
2	Struktur	Perwujudan fisik pola pengaturan sistem
3	Proses Kehidupan	Aktivitas yang dalam perwujudan terus-terus pola pengaturan

- c. Deteksi Learning Progression sebagai asesmen KBS (rencana, baru akan dilakukan)

SIMPULAN

1. Pemberdayaan Berpikir Sistem

Mengingat Berpikir sistem menjadi tujuan utama pendidikan sains, dan sangat terkait dengan karakteristik biologi dan berpikir dalam biologi, maka alangkah baiknya apabila berpikir sistem dan pendekatan sistem digunakan dalam pembelajaran dan penelitian. Berpikir sistem menempati posisi strategis dalam berpikir tingkat tinggi yang dapat ditransfer, dan juga berhubungan dengan moral dan kreativitas. Bahkan *systemic reasoning* merupakan lanjutan dari berpikir logis (tahap intelektual menurut Piaget), yang merupakan tahap awal penalaran post-formal (*systemic, meta-systemic, paradigmatic* dan *cross paradigmatic reasonings*) (Common *et al.*, 1983; Common, 2006).

2. Keterbatasan dan Prospek ke Depan

Dalam the New biology for 21st Century (NRC, 2012) dinyatakan bahwa terdapat empat bidang yang sangat potensial untuk dikembangkan dalam abad ke 21 ini. Keempat bidang tersebut adalah energi terbarukan, kesehatan, lingkungan dan pangan. Bagi Indonesia sangat penting untuk mengembangkan energi terbarukan (*green energy* melalui kajian biologi; memperhatikan kesehatan dalam konteks per orangan, masyarakat dan global terkait dengan reproduksi organisme pada tingkat sel dan organisme; lingkungan dengan menyelamatkan bumi sebagai satu-satunya planet yang dapat dihuni oleh manusia dengan nyaman dimana air terdapat dalam ketiga wujud (cair, padat, gas) nya; serta kemandirian pangan dalam rangka memenuhi kebutuhan warganegara, warga masyarakat dan warga dunia (Rustaman, 2019).

Dalam suatu sistem hidup komponen-komponennya berubah terus menerus. Terdapat aliran materi yang tak henti-hentinya melalui organisme hidup. Tiap sel terus menerus mensintesis dan menguraikan dan membuang produk-produk yang tak berguna. Jaringan dan organ-organ mengganti sel-sel dalam siklus yang tiada putus. Ada pertumbuhan, perkembangan dan evolusi. Dengan demikian sejak permulaan biologi, pengertian struktur yang hidup tak terpisahkan dari pengertian proses metabolis dan perkembangan.

Sifat mencolok sistem-sistem hidup ini menunjukkan proses sebagai kriteria ketiga bagi deskripsi komprehensif sifat dasar kehidupan. Proses kehidupan ialah aktivitas yang diperlukan dalam mewujudkan pola pengaturan sistem yang berlangsung terus menerus. Jadi kriteria proses adalah hubungan antara pola dan struktur. Kriteria proses melengkapi

kerangka konseptual sintesis munculnya teori tentang sistem hidup. Definisi ketiga kriteria tersebut: pola, struktur, dan proses.

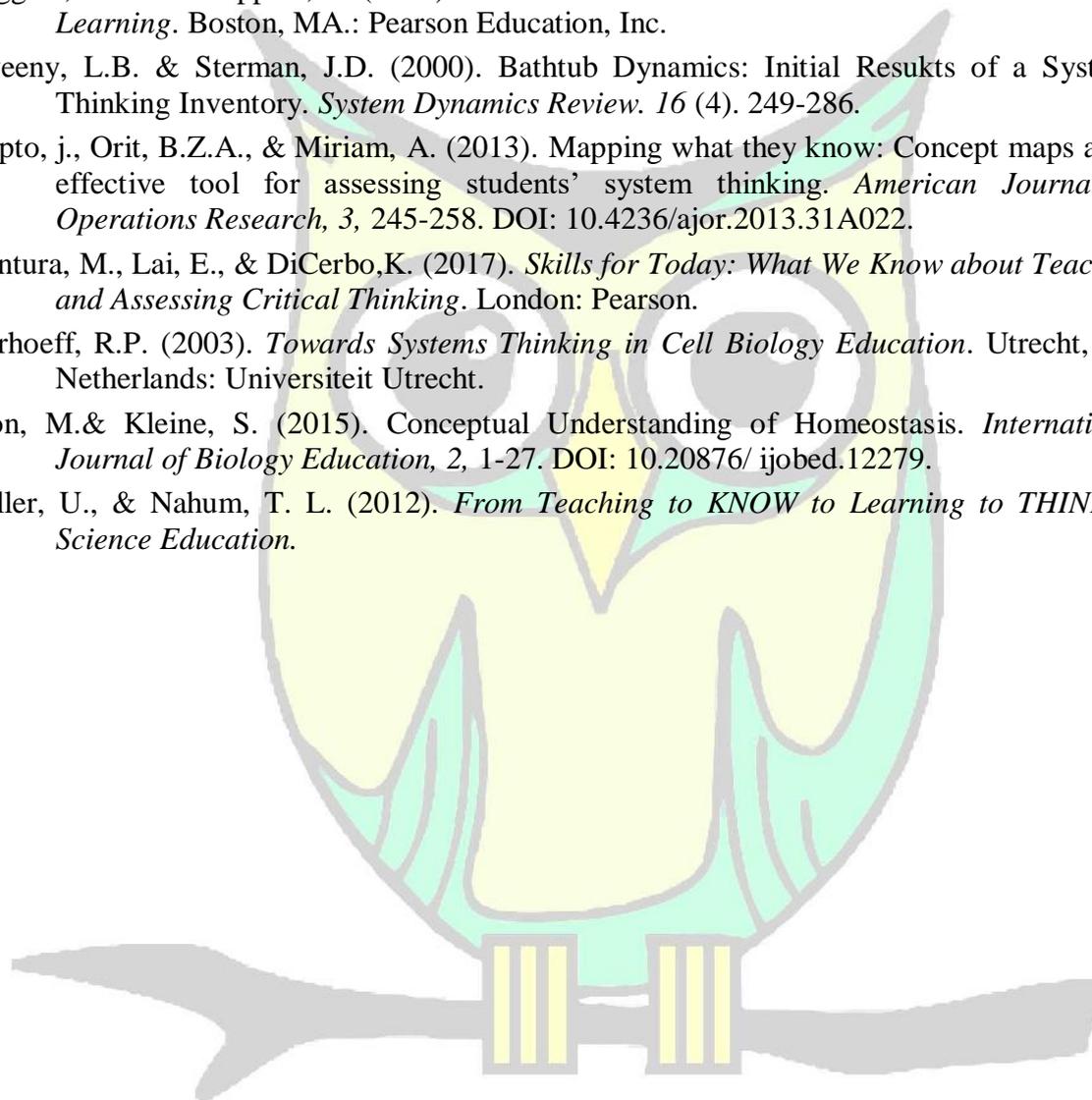
REFERENSI

- Agustina, T.W. , Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih, W. (2018). Traditional Biotechnology Content as a media in Engaging Students with System Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Sains: Scientiae Educatia*, 7 (2), 197-217. DOI: 10.24235/sc.educatia.v7i2.3099.
- Agustina, T.W. , Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih, W. (2019). Program Pembekalan Keterampilan Berpikir Sistem (KBS) dan Kreativitas Biologi Terapan (BIOCRE) dengan Pendekatan Science-Technology- Religion-Enginerring-Arts-Mathematics (STREAM). (*Disertasi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. Tidak diterbitkan*).
- Arnold, R.D. & Wade, J.P. (2015). A Definition of System Thinking: A Systems Approach. *Procedia Computer Science*, 44, 669-678. DOI: 10.1016/j.procs.2015.03.050.
- Assaraf, O.B.Z., Jeff, D., & Jacklin, T. (2013). High School Students' Understanding of the Humen Body System. *Journal Res Sci Edu*, 43, 33-56. DOI: 10.1007/s11165-011-9245-2.
- Assaraf, O.B.Z. & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of Earth System Education. *Journal of Research inScience Teaching*, 42 (5). 518-560.
- Assaraf, O.B.Z. & Orion, N. (2010). System thinking skills at the Elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (5). 540-563.
- Bertalanffy, L. V., (1968). *General system theory*. New York: George Braziller. [online]. Diakses dari: <http://books.google.es/books?id=N6k2mILtPYIC>
- Boersma, K., Arend, J.W., & Kees, K. (2011). The Feasibility of Systems Thinking in Biology Education. *Journal of Biological Education*, 45 (4), 190-197. DOI: 10.1080/00219266.2011.627139.
- Brandstadter, K., Harms, U., & Grobschedl, J. (2012). Assessing System Thinking through Different Concept-Mapping Practices. *International Journal Science Education*, 34 (140).DOI: 10.1080/09500693.2012.716549.
- Bybee, R.W. (2013). The Next Geeration Scence Standards and The Life Sciences. *NSTA's K-12 Journals*.
- Capra, F. (2002). *The Web of Life: A new Syntesis of Mind and Matter*. Yogyakarta: Fajar Pustaka Baru. London 1997: Flamingo.
- Cheng, L.T., Hung, J.F., & Liu S.Y. (2015). *Using Systems Thinking Strategy in an Environment Course*. US-China Education Review, 5 (1), 4651. DOI: 10.17625.
- Commons, M. L. (2006). *Introduction to the Model of Hierarchical Complexity and Its Relationship to Postformal Action*. World Futures, 64(5–7), 305–320.
- Commons, M. L., Richards, F. a., & Kuhn, D. (1983). *Systematic and metasystematic reasoning: a case for levels of reasoning beyond Piaget's stage of formal operations*. Child Development, 53(4), 1058.
- Dahar, R.W. (1989). *Teori-teori Belajar*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Dauer, J. & Dauer, J. (2016). A Framework for Understanding the Characteristics of Complexity in Biology. *Interational Journal of STEM Education*, 3 (13), 1-8. DOI:

- 10.1186/s40594-016-0047-y. Dawidowicz, P. (2012) The Person on the streets Understanding of Systems Thinking. *Journal System research and Behavioral Science*, 29, 2-13. DOI: 10.1002/sres.1094.
- Eilam, B. (2012). System Thinking and Feeding Relations: Learning with a life Ecosystem Model. *Journal Instr Sci*, 40, 213-239. DOI: 10.1007/s11251-011-9175-4.
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (Eds). (2012). *Assessments and Teaching of 21st Skills*. New York: Springer Publishing Company.
- Habron, G., Lissy, G., Laurie, T. (2012). Embracing the Learning Paradigm to foster System Thinking. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13, 378-393. DOI: 10.1108/1467637121126326.
- Hidayatno, A. (2013). *Berpikir Sistem: Pola berpikir untuk Pemahaman Masalah yang lebih baik*. Tersedia Online: <https://www.researchgate.net/publication/02412744>.
- Hopper, M. & Stave, K.A. (2007). *Assessing the Effectiveness of Systems thinking Interventions in the Classroom*. In *26th International Conference of the System Dynamics Society*. Tersedia: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1...> Diakses pada 3 Maret 2018
- Jordan, R.C., Silver, C.H., Liu, L., & Gray, S.A. (2013). *Fostering Reasoning about Complex Systems: Using the Aquarium to teach Systems Thinking*. *Applied Environmental Education & Communication*, 12: 55-64. DOI: 10.1080/1533015X.2013.797860.
- Jacobson, M. J., & Ph, D. (2001). Complex Systems: Differences between Experts and Novices. *Science*, 6(3), 41-49.
- Junge, R., Wilhelm, S., & Hofstetter, U. (2014). *Aquaponic in classrooms as a tool to promote system thinking*. *3rd Conference with International Participation Conference VIVU on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition Proceedings*. Naklo, November 14th-15th, 2014. Tersedia Online: <https://pd.zhaw.ch/publikation/upload/207533.pdf>.
- Karaman, A.C. (2014). Community Service Learning and the Emergence of Systems Thinking: A Teacher Education Project in an Urban Setting in Turkey. *Syst Pract Avtion Res*, 27, 485-497. DOI: 10.1007/s11213-013-9309-5.
- Meadows, D.H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing.
- Meilinda (2018). *Program Perkuliahan Perubahan Iklim dengan Model Yoyo System baed case dalam membekali penguasaan konten dan Keterampilan berpikir sistem*. Disertasi Doktor SPs UPI.
- National Education Association. (2012). *Preparing 21st Century Students for Global Society: An Educator's Guide to the "four Cs"*. Alexandria VA: National Education Association.
- National Research Council (NRC), (2009). *A new Biology for the 21st century*. Washinton D.C.: National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.

- National Education Association. (2012). *Preparing 21st Century Students for Global Society: An Educator's Guide to the "four Cs"*. Alexandria VA: National Education Association.
- NGSS Lead.(2013). *States Next Generation Science Standards: For states, By States*. Volume 1: The Standards-Arranged by Disciplinary Core Ideas and by Topics. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Nursani, Z. (2014). *Analisis Argumentasi dan Penguasaan Konsep dalam Menggambarkan Keterampilan Berpikir Sistem pada Pembelajaran Fisiologi Manusia (thesis)*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human development*, 15(1), 1-12.
- P21. (2015). *Framework for 21st Century Learning*. Tersedia: http://www.p21.org/storage/=documents/docs/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015.pdf. Diakses hari Rabu, 03 Juli 2019.
- Raved, L. & Yarden, A. (2014). Developing Seventh Grade Students's systems thinking skills in the context of Human Circulatory System. *Journal Frontiers in Public Health*, 2, 1-11. DOI: 10.3389/fpubh.2014.00260.
- Richmond, B. (1994). Systems Dynamics/System Thinking: Let's Just Get on with it. *In International Systems Dynamics Conference*. Sterling, Scotland.
- Rustaman, N.Y. (2019). "STEM-DSLMM in facilitating conceptual change and preventing misconception in Life Sciences". Paper presented as Invited Speaker in Joint Conference ICMSCE-ICoCed 2019, held in Grand Mercure Bandung, June 29, 2019
- Rustaman, N.Y. (2014). *Berpikir Sistem*. Modul 3 untuk Program S2 Pendidikan IPA bagi PGSD. Universitas Terbuka
- Rustaman, N.Y. (2013a). Integrasi Aspek Afektif-Kognitif melalui Pembelajaran Keanekaragaman Hayati Berorientasi Berpikir Sistem untuk Membekali Kemampuan Generalisasi dan Membuat Keputusan. *Makalah Utama* untuk disajikan dalam Kongres PBI XV, Seminar Nasional XXII, dan Simposium Internasional Biodiversitas Indonesia yang diselenggarakan oleh Perhimpunan Biologi Indonesia di Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, tanggal 31 Agustus – 1 September 2013.
- Rustaman, N.Y. (2013b). *The Roles of Classification Approach, Reasoning, and System Thinking in the development of students' Care and Understanding towards Biodiversity*. Paper presented as Keynotespeech in Universitas Syahkuala, Banda aceh, tanggal 22 Desember 2013.
- Rustaman, N.Y. (2003c). *Mengenal Keanekaragaman Tumbuhan Tinggi dalam Klasifikasi Rakyat menuju Klasifikasi Ilmiah melalui Penelitian untuk Mengembangkan Proses Berpikir*. Makalah Ilmiah, disajikan dalam Seminar Nasional Taksonomi Tumbuhan Indonesia di Surakarta, Desember 2003.
- Schaefer, G. (1989). System Thinking in Biology Education. *Science and Technology Education document series 33*. Paris: UNESCO.
- Sweeny, L.B. & Streman, J.D.b (2000). Bathtub dynamics: Intial Results of a systems thnking inventory. *System Dynamics Review*. 16 (4), 249-286.
- Schaefer, G. (1989). "Systems Thinking in Biology Education". *Science and Technology Education*. Division of Science Technical and Environmental Education. UNESCO, Paris.

- Sembiring, I. (2017). *Pengembangan Bahan Ajar Terintegrasi STEM pada materi pokok Sistem Organisasi Kehidupan untuk meningkatkan Kemampuan berpikir Sistem Siswa SMP*. Tesis Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana UPI. Bandung: Tidak Diterbitkan
- Shaked, H. & Schechter, C. (2017). "Definition and Development of System Thinking". In *System Thinking for School Leaders*. Springer, cham. 9-22
- Squires, A., Wade, J., Dominick, P., & Gelosh, D. (2011). Building a competency Taxonomy to Guide Experience Acceleration of Lead Program Systems Engineers. In *9th Annual Conference on Systems Engineering Research (CSER)*. 1-10.
- Stiggins, R.J. & Chappuis, J. (2012). *An Introduction to Student-Involved Assessment for Learning*. Boston, MA.: Pearson Education, Inc.
- Sweeny, L.B. & Sterman, J.D. (2000). Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory. *System Dynamics Review*. 16 (4). 249-286.
- Tripto, j., Orit, B.Z.A., & Miriam, A. (2013). Mapping what they know: Concept maps as an effective tool for assessing students' system thinking. *American Journal of Operations Research*, 3, 245-258. DOI: 10.4236/ajor.2013.31A022.
- Ventura, M., Lai, E., & DiCerbo, K. (2017). *Skills for Today: What We Know about Teaching and Assessing Critical Thinking*. London: Pearson.
- Verhoeff, R.P. (2003). *Towards Systems Thinking in Cell Biology Education*. Utrecht, The Netherlands: Universiteit Utrecht.
- Zion, M. & Kleine, S. (2015). Conceptual Understanding of Homeostasis. *International Journal of Biology Education*, 2, 1-27. DOI: 10.20876/ijobed.12279.
- Zoller, U., & Nahum, T. L. (2012). *From Teaching to KNOW to Learning to THINK in Science Education*.



Konservasi keanekaragaman hayati dalam dunia pendidikan

Dwi N. Adhiasto



KONSERVASI KEANEKARAGAMAN HAYATI dalam DUNIA PENDIDIKAN



Dwi N. Adhiasto
Wildlife Conservation Society



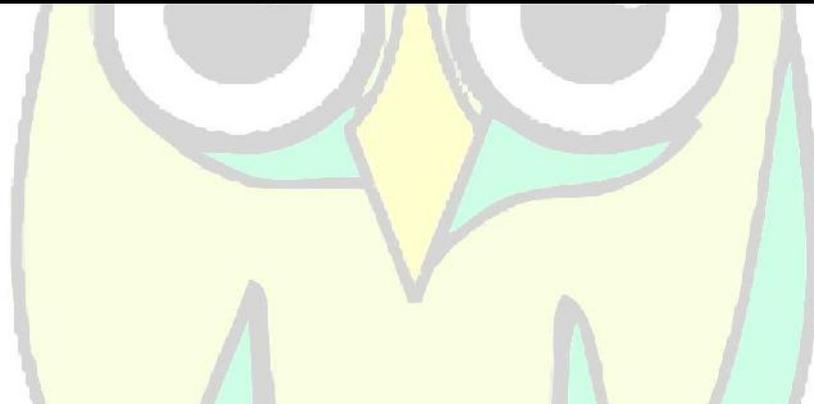
Indonesia

- **17,000** Islands, 990 permanently inhabited
- One of 17 **mega biodiversity** countries
- **566** protected areas (36 million hectares)
- Conserve more than **900** species (new list)
- **Threatened by extinction**



Konservasi

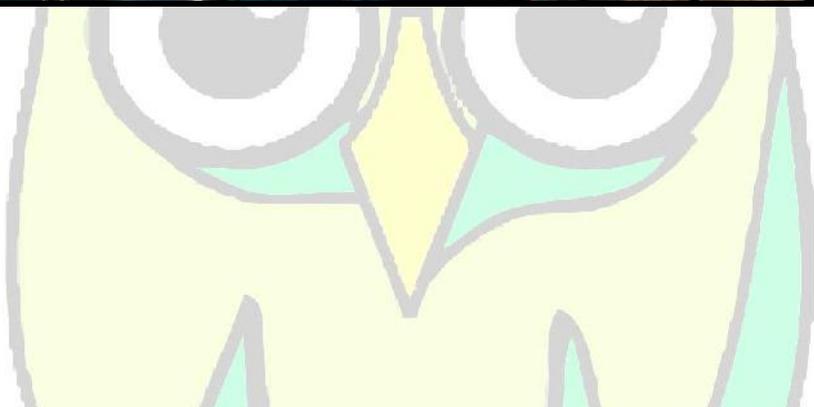
- Perlindungan : Melindungi supaya tidak mengalami degradasi
- Pengawetan : Mengawetkan supaya tidak merubah fungsi dan bentuk
- Pemanfaatan : Pemanfaatan berkelanjutan (*sustainable use*) untuk kesejahteraan



Isu Konservasi SDA

- Degradasi hutan (perambahan, logging, alih fungsi)
- Konflik pemanfaatan lahan
- Pencemaran lingkungan
- Pertambangan
- Biopiracy
- Perburuan dan peredaran ilegal hidupan liar
- Konflik manusia – satwa liar
- Status perlindungan satwa





Tantangan konservasi

- Jumlah penduduk yang besar
- Level pendidikan beragam – mempengaruhi pola pikir (55 persen anak usia 15 tahun di Indonesia secara fungsional buta huruf)
- Pendidikan konservasi tidak dari dini – membentuk kebiasaan/karakter buruk terhadap lingkungan
- Dunia akademisi kurang memperhatikan konservasi dalam pembentukan karakter murid – kurikulum kurang mengakomodir isu konservasi
- Penegakan hukum yang adil dan menciptakan efek jera



Pendidikan Konservasi

- Sebaiknya diwujudkan dengan kegiatan penanaman doktrin, penyebarluasan gagasan, serta aksi konservasi
- Mengarahkan dan merubah perilaku tidak peduli menjadi pro konservasi
- Merupakan kegiatan pencegahan kejahatan (*crime prevention/preventive*)
- Lebih murah dibandingkan kegiatan penanggulangan (*reactive*) dan pemulihan (*recovery*)
- Dilakukan di semua tahapan pendidikan (dasar – lanjut), dengan kurikulum yang akomodatif



Pendidikan Formal

- Pendidikan di sekolah (Biologi, IPA, IPS, Geografi)
- Pendidikan dan Latihan bagi professional/profesi (Diklat di KLHK, Kejaksaan, Kehakiman, Bea Cukai, Kepolisian, Karantina)
- Sekolah Alam (*Boarding school*)
- Peningkatan akuntabilitas dan kualitas pengajar

Pendidikan Non-Formal

- Komunitas pecinta alam
- Kelompok studi (kelautan, *herpetology*)
- Pusat Studi
- Ekstra kurikuler/unit kegiatan mahasiswa





Etnobiologi dan kearifan lokal masyarakat menjaga keanekaan hayati

Johan Iskandar

ETNOBIOLOGI DAN KEARIFAN LOKAL MASYARAKAT MENJAGA KEANEKAAN HAYATI

oleh: Johan Iskandar*)



*) Dosen Prodi Biologi FMIPA Unpad, Sekolah Pascasarjana Ilmu Lingkungan (Magiister dan Doktor Ilmu Lingkungan) Unpad, dan Peneliti CESS (Center For Environment and Sustainable Science), Unpad

KEANEKAAN BUDAYA DAN KEANEKAAN HAYATI DI INDONESIA (Iskandar 2018)

- INDONESIA MEMILIKI **LEBIH DARI 300 ETNIK** DENGAN **MEMILIKI 655 BAHASA IBU**, MENEMPATI **URUTAN KEDUA** DARI 25 NEGARA DI DUNIA DENGAN MEMILIKI KEANEKAAN BAHASA LOKAL ENDEMIK, SETELAH PAPUA NEW GUINEA (847 BAHASA IBU).
- KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA: INDONESIA BARAT, INDONESIA TIMUR, DAN INDONESIA TENGAH --- Dangkanan Sunda & Dangkanan Sahul – Aktivitas Geologi).



KETERKAITAN ERAT ANTARA KEANEKAAN BUDAYA MANUSIA DAN KEANEKAAN HAYATI

- PANDANGAN BARU SEJAK ERA TAHUN 1990-AN, BAHWA TERDAPAT HUBUNGAN YANG ERAT ANTARA KEANEKAAN HAYATI (*BIODIVERSITY*) DAN KEANEKAAN BUDAYA (*CULTURAL DIVERSITY*)----
-BIOCULTURAL DIVERSITY SYSTEM (CARLSON AND MAFFI 2004)
- TIDAK SELAMANYA AKTIFITAS MANUSIA MENYEBABKAN KERUSAKAN LINGKUNGAN. MANUSIA DAPAT PULA BERKONTRIBUSI SECARA LANGSUNG MAUPUN TIDAK LANGSUNG DALAM MEMELIHARA BAHKAN **MENCIPTAKAN KEANEKAAN HAYATI DALAM BERBAGAI EKOSISTEM.**
- MISALNYA **BERBAGAI LANSKAP** DICIPTAKAN ATAU **DIMODIFIKASI OLEH KREASI MANUSIA**, SEPERTI PENGELOLAAN HUTAN, BUDIDAYA TANAMAN DALAM BERTANI.

PEMANFAATAN DAN PENGELOLAAN KEANEKARAGAMAN HAYATI OLEH MASYARAKAT TRADISIONAL: BERBASIS "TEK" DAN "KEPERCAYAAN"

- PENGELOLAAN SDA HAYATI DAN LINGKUNGAN BERSIFAT MANAGEMEN ADAPTIF, DENGAN DAYA LENTING TINGGI DAN BERKELANJUTAN



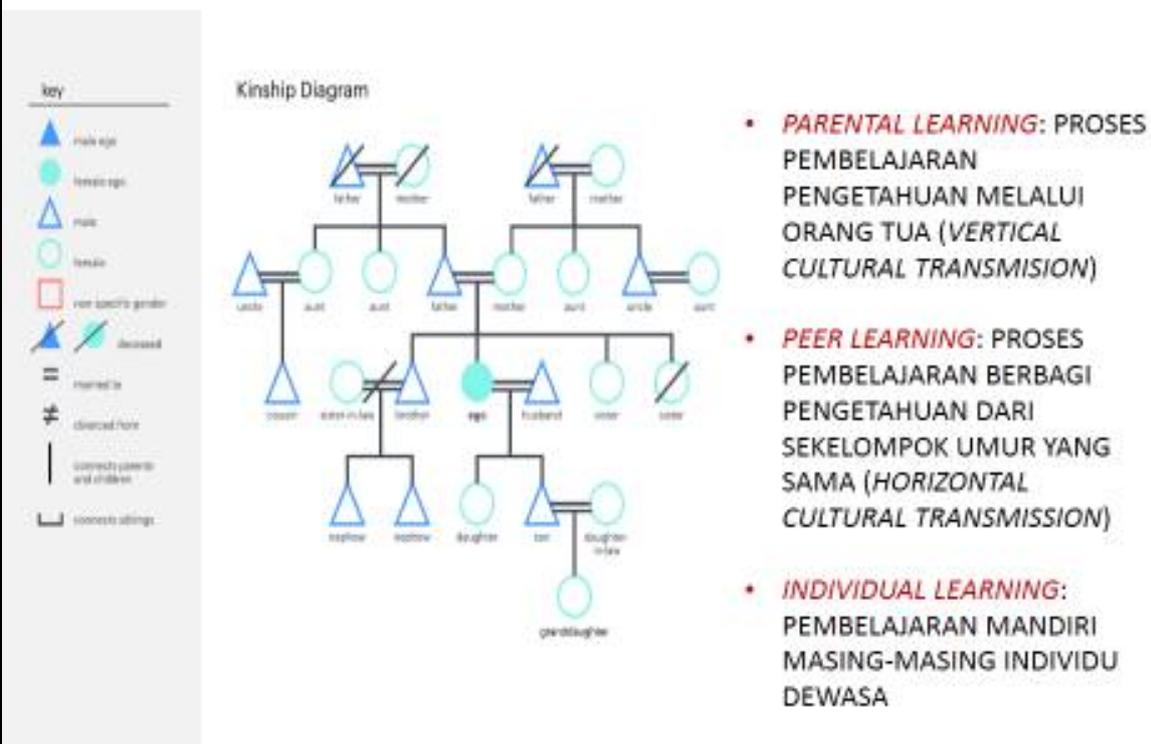
-Pemanfaatan dan Pengelolaan Kehati Berkelanjutan
(PRAXIS): Dipengaruhi Oleh Dinamika Sosekbud Masyarakat Lokal, pengetahuan (**CORPUS**), world view, kepercayaan (**BELIEFS**)

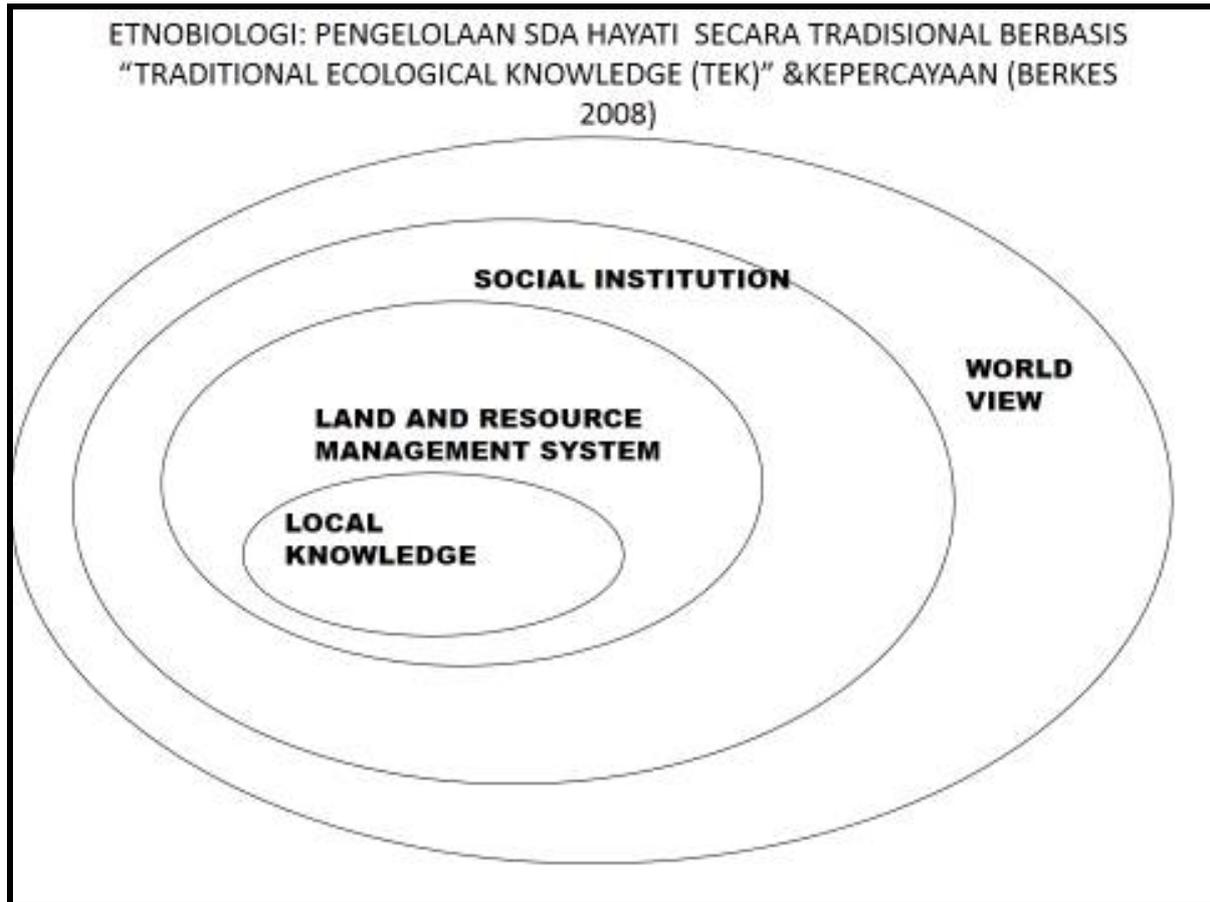
PENGELOLAAN (PRAXIS) SDA HAYATI – DILANDASI OLEH "KNOWLEDGE (CORPUS)" & KEPERCAYAAN' (BELIEFS) (TOLEDO, 2000; BERKES 2008; ISKANDAR 2018)

PENGETAHUAN "TRADISIONAL" PENDUDUK & KEARIFAN EKOLOGI

- **BEBERAPA ISTILAH PENGETAHUAN "TRADISIONAL" PENDUDUK:**
 - LOCAL KNOWLEDGE (LK), INDIGENOUS KNOWLEDGE (IK), FOLK KNOWLEDGE (FK), TRADITIONAL ECOLOGICAL KNOWLEDGE (TEK)
- **TEK:** PENGETAHUAN PENDUDUK YANG TERHIMPUN HASIL PEWARISAN SECARA TURUN TEMURUN DAN PENGALAMAN PRAKTIK SENDIRI DALAM BERINTERKASI DENGAN SESAMANYA DAN LINGKUNGANNYA, DISEBARKAN SECARA LISAN, SECARA LEKAT BUDAYA DAN DILANDASI OLEH KEPECAPAAN, DALAM UPAYA PROSES ADAPTASI DENGAN LINGKUNGANNYA SECARA DINAMIK (BERKES 2008)
- **KEARIFAN EKOLOGI:** ADAPTASI KULTURAL YANG DIAJARKAN DARI GENERASI YANG SATU KE GENERASI YANG LAIN YANG DINAMIK MENGIKUTI PERUBAHAN YANG TERJADI DI LINGKUNGAN.

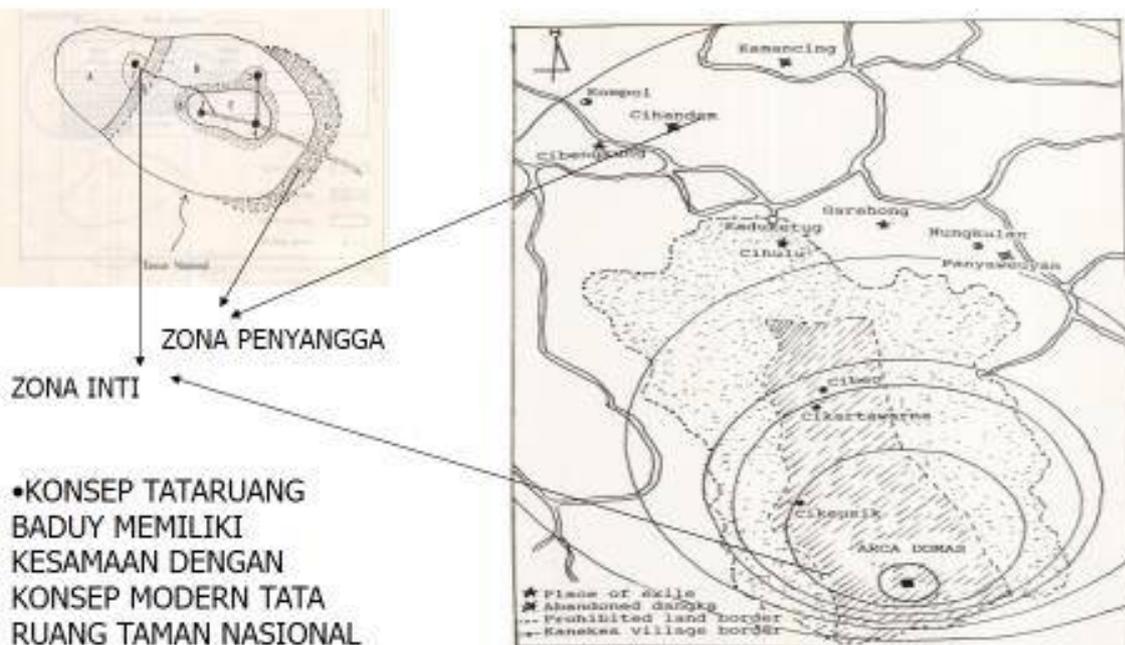
"TEK TRANSMISSION" PADA MASYARAKAT TRADISIONAL (PURI 1997)





CONTOH KONSEP PENGELOLAAN TATA RUANG BADUY ANALOGI DENGAN PENGELOLAAN TAMAN NASIONAL/CAGAR BIOSFER

ZONA INTI ANALOGI DENGAN DAERAH HUTAN SAKRAL BADUY DALAM; ZONA PEMANFAATAN TERBATAS ANALOGI DENGAN KAMPUNG BADUY LUAR, DAERAH PEMANFAATAN INTENSIF ANALOGI DENGAN BADUY LUAR; DAN DAERAH PENYANGGA ANALOGI DENGAN DAERAH DANGKA BADUY (ISKANDAR 2007).



PENGELOLAAN LADANG (*HUMA*) ORANG BADUY BERLANDASKAN PADA 'PANANGGALAN' (PRANATA MANGSA)



PENGETAHUAN PENDUDUK LOKAL TENTANG VARIETAS/"LANDRACE" PADI

-PADI LADANG DI ORANG BADUY BANTENSELATAN = 89 VARIETAS/LANDRACES (ISKANDAR 1999, 2001)



SECARA PANDANGAN 'ETIK'

PADI — ORIZA SATIVA L

-INDICA

-JAPONICA

-JAVANICA

FOLK CLASSIFICATION OF RICE (PANDANGAN EMIK)

- RASA KULINER PADI BIASA TIDAK LENGEKET DAN PADI LENGKET (KETAN, PULUT)

-EKOLOGIS:- TEMPAT TUMBUH: PADI DI DATARAN RENDAH, DATARAN TINGGI; UMUR: UMUR PANJANG (6 BULAN) DAN UMUR PENDEK (4-5 BULAN)

-MORFOLOGI- GABAH BERBULU DAN TIDAK BERBULU, BENTUK BIJI/ GABAH: BESAR, KECIL; WARNA BERAS: HITAM, MERAH, PUTIH; WARNA GABAH: KUNING, PUTIH, HITAM; WARNA JERAMI: BIASA DAN HITAM; WARNA BULU GABAH: BENTUK BULU GABAH.

FAKTOR DETEMINAN UNTUK MEMILIH VARIETAS: ANEKA RAGAM LINGKUNGAN (DATARAN RENDAH, DATARAN TINGGI), SOSEKBUD (UNTUK UPACARA, KUE-KUE TRADISIONAL)

FUNGSI ANEKA RAGAM SISTEM AGROFORESTRI TRADISIONAL BADUY: (A) 'DUKUH LEMBUR', (B) 'HUMA'; (C) 'REUMA NGORA', (D) 'REUMA KOLOT', DAN (E) 'HUTAN TUA/'KONSERVASI



(A)

(B)

(C)

(D)

(E)

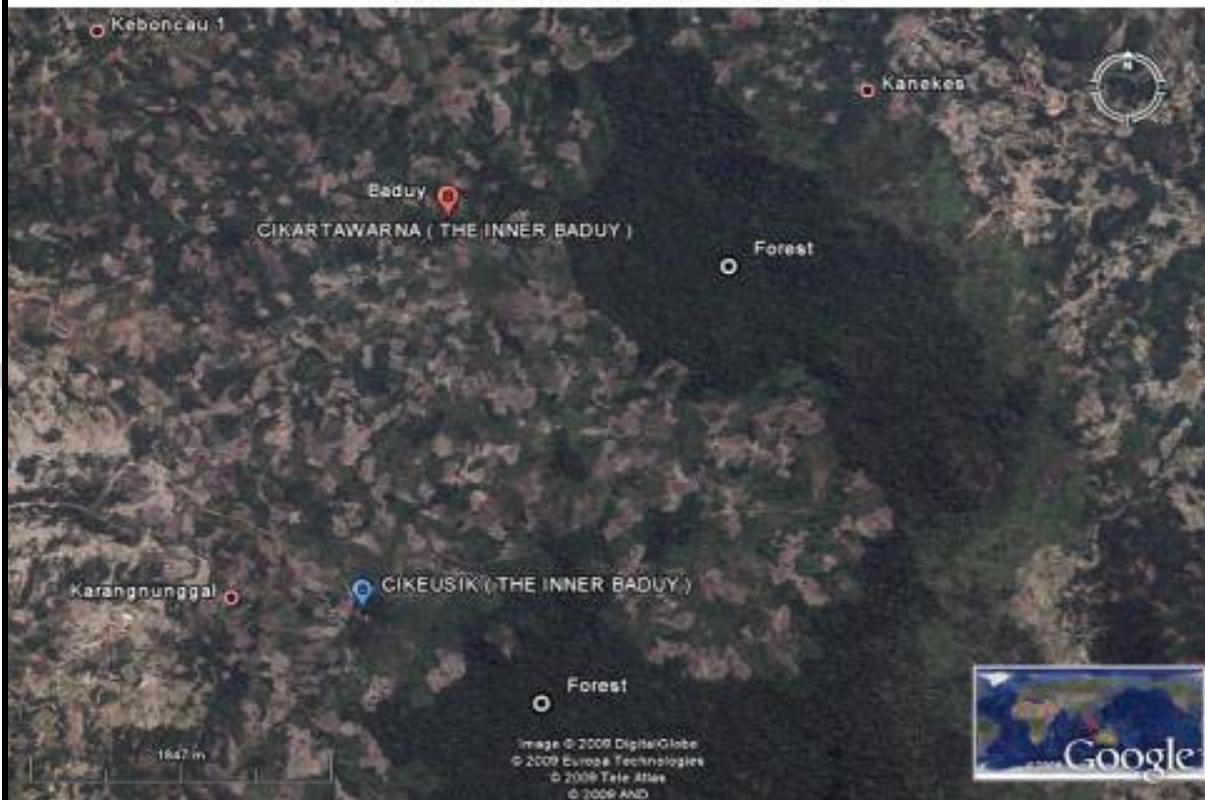
•FUNGSI SOSIAL EKONOMI
 DAN BUDAYA

•FUNGSI EKOLOGI

•FUNGSI EKOWISATA

- PRODUKSI SUBSISTEN: PANGAN, BUAH-BUAHAN, OBAT TRADISIONAL, LALAB/SAYUR, UPACARA,
- PRODUKSI KOMERSIL: DURIAN, PETAI, PISANG
- KONSERVASI PLASMA NUTFAH, HABITAT SATWA
- MENSTABILKAN IKLIM MIKRO, KETEDUHAN, KESEJUKAN, MENJAGA KESUBURAN TANAH,
- KEINDAHAN ALAM BANYAK DIKUNJUNGI TURIS

KAWASAN BADUY MASIH MEMILIKI KAWASAN HUTAN ALAM YANG MASIH LUAS, TERUTAMA DI BADUY DALAM



PENGELOLAAN PENDUDUK KAMPUNG NAGA, TASIKMALAYA, DENGAN MEMBAGI KAWASANNYA 3 ZONA: (1) KAWASAN SUCI (*LEUWEUNG LARANGAN*); (2) KAWASAN BERSIH, DAN KAWASAN KOTOR (ISKANDAR 2017)



KAWASAN KAMPUNG NAGA: (1) KAWASAN SUCI (*LEUWEUNG LARANGAN*); (2) KAWASAN BERSIH, DAN KAWASAN KOTOR (ISKANDAR 2017)



SISTEM AGROFORESTRI TRADISIONAL PEKARANGAN & PERUBAHAN IKLIM (CHRISTAANTY ET AL. 1986; ISKANDAR & ISKANDAR 2011)



FUNGSI SISTEM PEKARANGAN: PENGHASIL ANEKARAGAM PRODUKSI UNTUK SUBSISTEN DAN KOMERSIL; KONSERVASI ANEKARAGAM PLASMA NUTFAH, FUNGSI HIDROLOGI, IKLIM MIKRO, PENGHASIL OKSIGEN (O₂) DAN ROSOT KARBON, HABITAT SATWA LIAR.

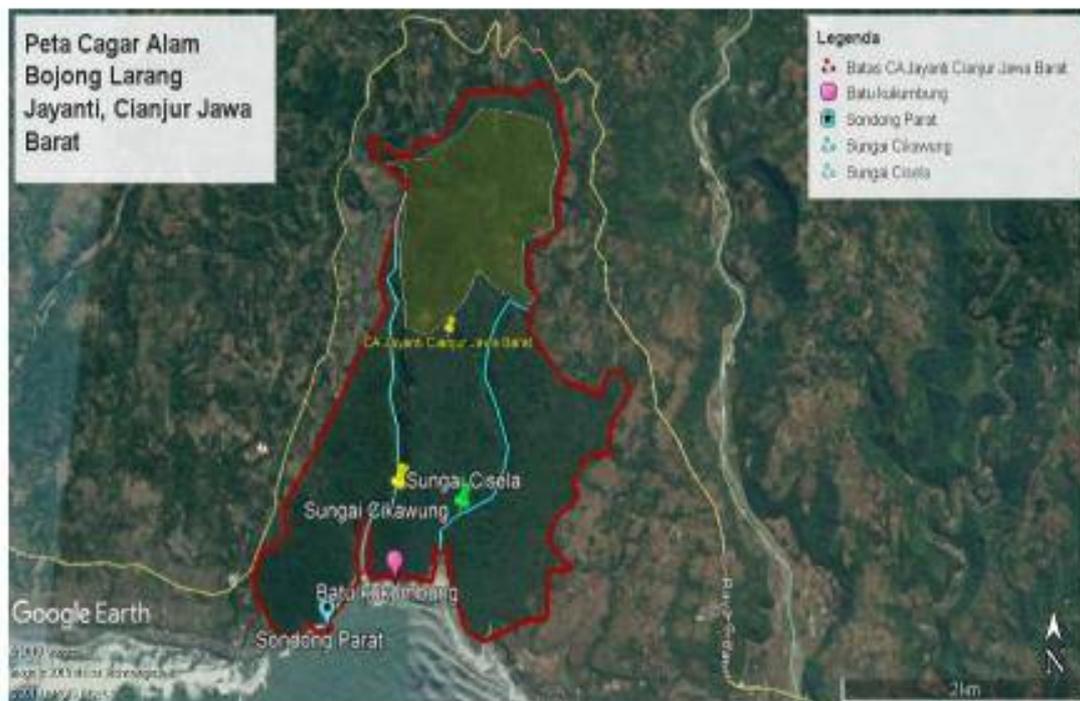
PRANATA MANGSA DAN PENGELOLAAN SAWAH PADA MASYARAKAT KAMPUNG NAGA (ISKANDAR 2018)



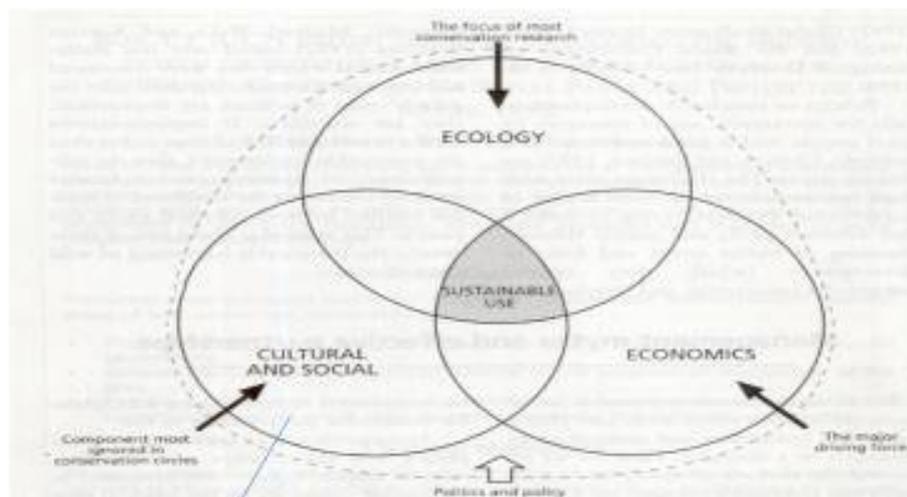
VARIETAS PADI LOKAL SEBELUM REVOLUSI HIJAU 24 VARIETAS, DAN PASCA REVOLUSI HIJAU 15 VARIETAS

- MASA LALU - TANAM PADI LOKAL: PADA KAPAT/KALIMA (SEPTEMBER-OKTOBER) DAN KASADASA (MARET-APRIL)
- PASCA REVOLUSI HIJAU-TAHUN AGEUNG /TANAM PADI LOKAL:SADA (JUNI)- KANEM (NOVEMBER) DAN TAHUN ALIT/TANAM PADI UNGGUL: KAPITU (JANUARI)-KASADA/MARET

CAGAR ALAM JAYANTI (750 HA) DI KAWASAN CIANJUR SELATAN, SEBAGIAN HUTAN
"DIKERAMATKAN" PENDUDUK SEHINGGA TERHINDAR DARI KERUSAKAN (ISKANDAR 2018)

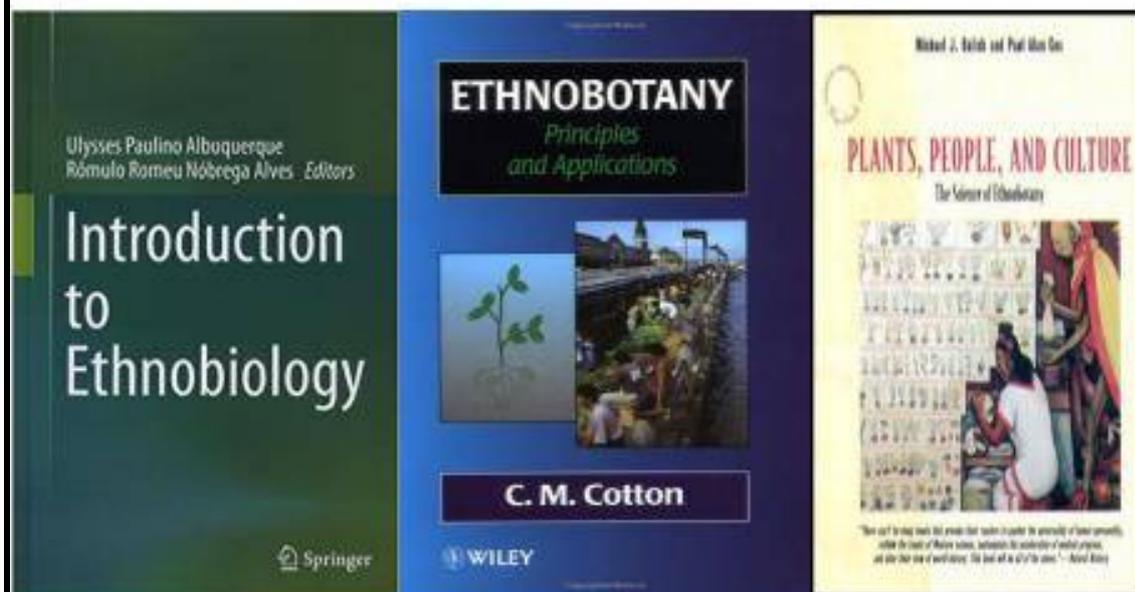


PENGAJIAN KONSEVASI HAJATI: ASPEK EKOLOGI, ASPEK EKONOMI, DAN SOSIAL BUDAYA (CUNNINGHAM 2001)

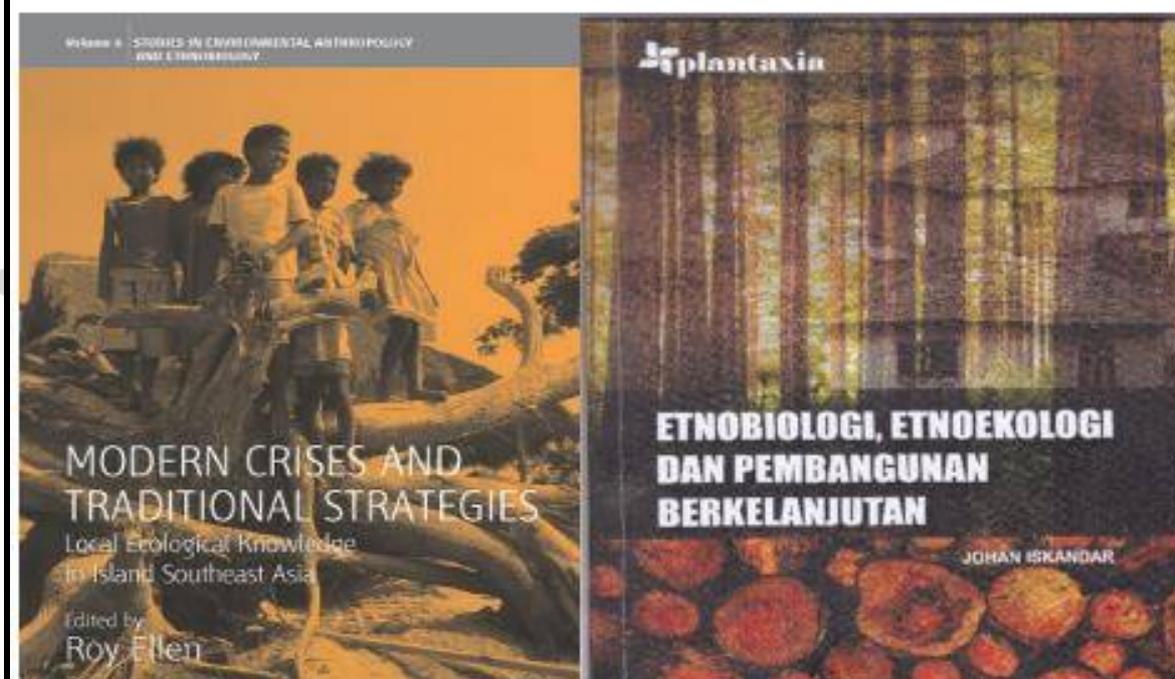


PENGAJIAN ASPEK SOSIAL BUDAYA-DALAM KONSERVASI HAYATI MASIH SANGAT KURANG

BEBERAPA LITERATUR UNTUK PENGAJIAN ETNOBIOLOGI



BEBERAPA LITERATUR PENGAJIAN ETNOBIOLOGI DI INDONESIA



PENTINGNYA STUDI ETNOBIOLOGI DAN ETNOEKOLOGI, SERTA KEARIFAN EKOLOGI
(ISKANDAR 2018)

- SECARA ILMU PENGEMBANGAN ILMU PENGETAHUAN--- STUDI ETNOBIOLOGI MENJADI KIAN HOLISTIK DAN MENJADI LEBIH TERINTEGRASI DENGAN BERBAGAI DISIPLIN ILMU LAINNYA, SEPERTI BIOLOGI, ANTROPOLOGI, EKONOMI, DLL
- SECARA PRAKTIS--- HASIL KAJIAN DAPAT DIGUNAKAN UNTUK Mendukung PROGRAM PEMBANGUNAN DALAM BERBAGAI BIDANG, SEPERTI BIDANG PANGAN DAN PERTANIAN, PENGOBATAN DAN KESEHATAN, PENGOBATAN PENYAKIT TERNAK, PENGEMBANGAN BIOPROPKSI, DAN KONSERVASI ANEKARAGAM HAYATI
- CONTOHNYA BERBAGAI HASIL STUDI ETNOFARMAKOLOGI-- TELAH DIKEMBANGKANNYA OBAT-OBAT BARU, SEPERTI OBAT TEKANAN DARAH TINGGI DARI TUMBUHAN *RAUVOLFIA SERPENTINA*, FAM.*APOCINACEAE*

KESIMPULAN

- INDONESIA MEMILIKI KEANEKAAN SDA HAYATI (*BIODIVERSITY*) & KEBUDAYAAN (*CULTURAL DIVERSITY*) SANGAT TINGGI
- PADA MASA LALU PENDUDUK PERDESAAN MEMANFAATKAN DAN MENGELOLA SDA HAYATI DAN LINGKUNGANNYA BERLANDASAKAN PENGETAHUAN LOKAL ("TEK") DAN LEKAT BUDAYA
- AKIBAT PERTAMBAHAN PENDUDUK PESAT, PERKEMBANGAN TEKNOLOGI, DAN EKONOMI PASAR, KINI TERJADI PERUBAHAN PEMANFAATAN SDA HAYATI & LINGKUNGANNYA
- MAKA STUDI MULTI DISIPLIN & TRANDISIPLIN, SEPERTI ETNOBIOLOGI, ETNOEKOLOGI & KEARIFAN EKOLOGI PENTING DILAKUKAN UNTUK MENUNJANG PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

REFERENSI

- ALBURQUERQUE UP, LVF CRUZ DA CUNHA, RF PAIVADE LUCENA, RR NOBEGA ALVES (EDS). 2014. METHODS AND TECHNIQUES IN ETHNOBIOLOGY AND ETHNOECOLOGY. SPRINGER SCIENCES + BUSINESS MEDIA, NEW YORK.
- ANDERSON EN, DM PEARSALL, ES HUNN, AND NJ TURNER (EDS). 2011. ETHNOBIOLOGY. JOHN WILEY & SONS, INC, HOBOKEN, NEW YORK.
- BERKES F. 2008. SACRED ECOLOGY. SECOND EDITION. ROUTLEDGE, NEW YORK AND LONDON.
- CARLSON TJS AND L MAFFI 2004. INTRODUCTION: ETHNOBOTANY AND CONSERVATION OF BICULTURAL DIVERSITY. THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN PRESS, NEW YORK.

REFERENSI

- CHRISTANTY L, OS ABDOELLAH, GG MARTEN & J ISKANDAR. 1986. TRADITIONAL AGROFORESTRY IN WEST JAVA: THE PEKARANGAN (HOMEGARDEN) AND KEBUN-TALUN (ANNUAL-PERENNIAL ROTATION) CROPPING SYSTEM. IN GG MARTEN (ED), TRADITIONAL AGRICULTURE IN SOUTH EAST ASIA: A HUMAN ECOLOGY PERSPECTIVE. WESTVIEW PRESS, BOULDER AND LONDON.
- COTTON CM 1996. ETHNOBOTANY: PRINCIPLES AND APPLICATION. JOHN WILEY AND SON LTD, ENGLAND.
- CUNNINGHAM AB. 2001. APPLIED ETHNOBOTANY: PEOPLE, WILD PLANT USE & CONSERVATION. EARTHSCAN PUBLICATION LTD, UK.
- ISKANDAR J. 2017. EKOLOGI MANUSIA DAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN. EDISI REVISI. PSDIL, UNPAD.
- ISKANDAR J. 2018. ETNOBIOLOGI, ETOEKOLOGI, DAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN. PLANTAXIA, YOGYAKARTA.

REFERENSI

- ISKANDAR J & BS ISKANDAR. 2011. AGROEKOSISTEM ORANG SUNDA. BUKU KIBLAT UTAMA PRES, BANDUNG.
- ISKANDAR J & ISKANDAR BS. 2016. ETHNOASTRONOMY-THE BADUY AGRICULTURAL CALENDAR AND PREDICTION OF ENVIRONMENTAL PRACTICES. BIODIVERSITY 17 (2):694-703.
- ISKANDAR J. 2017. EKOLOGI MANUSIA DAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN. EDISI REVISI. PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN, UNPAD.
- MARTEN GG.2001. HUMAN ECOLOGY: BASIC CONCEPTS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. EARTHSCAN, LONDON.
- PURI R. 1997. HUNTING KNOWLEDGE OF THE PENAN BENALUI OF EAST KALIMANTAN INDONESIA. PHD DISSERTATION OF THE DEPARTMENT OF ANTHROPOLOGY AT UNIVERSITY OF HAWAII.

