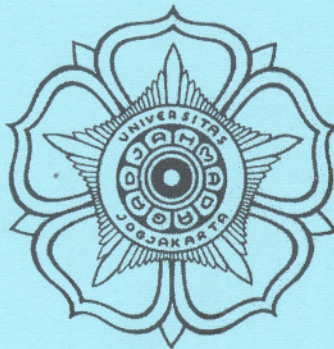


**KONTRIBUSI BIOLOGI DALAM PENGELOLAAN
DAN PENGEMBANGAN DANAU
DI INDONESIA**



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
pada Fakultas Biologi
Universitas Gadjah Mada**

oleh:

Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, S.U.

Handwritten:
2015/15

**KONTRIBUSI BIOLOGI DALAM PENGELOLAAN
DAN PENGEMBANGAN DANAU
DI INDONESIA**



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
pada Fakultas Biologi
Universitas Gadjah Mada**

**Diucapkan di depan Rapat Terbuka Dewan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
pada tanggal 26 Mei 2015
Yogyakarta**

oleh:

Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, S.U.

Assalamu'alaikum warakhmatullahi wabarakatuh.

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua.

Yang saya hormati:

Ketua dan Sekretaris Majelis Wali Amanat

Ketua dan Sekretaris Dewan Guru Besar

Ketua dan Sekretaris Senat Akademik

Rektor dan Para Wakil Rektor,

Para Dekan dan Wakil Dekan,

Para Direktur dan Kepala Pusat Studi,

Tamu undangan, teman sejawat, pegawai, keluarga, mahasiswa, dan hadirin yang berbahagia.

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah Swt., Tuhan Yang Mahakuasa; atas kasih dan sayang-Nya membimbing jiwa-raga kita memasuki ruang Balai Senat Universitas Gadjah Mada yang terhormat ini dalam keadaan sehat. Pada hari ini akhirnya saya mendapat kesempatan dari Dewan Guru Besar untuk menyampaikan Pidato Pengukuhan Guru Besar pada Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, atas kepercayaan pemerintah, dalam hal ini Menteri Ristek dan Dikti RI (SK. No. 182260/A4.3/KP/2014 tanggal 1-10-2014), Dewan Guru Besar, Senat Akademik, Rektor, dan Senat Fakultas. Oleh karena itu, saya dan keluarga menghaturkan terima kasih. Pada kesempatan ini, perkenankanlah saya menyampaikan Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam Bidang Ekologi di depan Dewan Guru Besar dan undangan lainnya.

Hadirin yang saya hormati

Ekologi merupakan cabang ilmu biologi yang dikenalkan oleh Ernst Haeckel (biolog berkebangsaan Jerman) pada tahun 1869. Ekologi berasal dari bahasa Yunani *oikos* (tempat tinggal) dan *logos* (pengetahuan). Jadi ekologi adalah ilmu yang mempelajari rumah tangga organisme di tempat tinggalnya sehingga dimaknai kajian tentang interaksi antarorganisme dalam habitatnya. Dalam

perkembangannya, muncul batasan ekologi, yaitu ilmu yang mempelajari tentang struktur dan fungsi alam. Demikian pula ilmu yang mengkaji tentang distribusi dan kelimpahan organisme di alam (Odum, 1971). Untuk memahami ekologi, seharusnya kita terlebih dahulu mengetahui konsep-konsep ekosistem (Subagja, 1998). Dalam Pidato Pengukuhan Guru Besar ini, saya memilih danau sebagai mikrokosmos, dengan judul:

KONTRIBUSI BIOLOGI DALAM PENGELOLAAN DAN PENGEMBANGAN DANAU DI INDONESIA

Pada kesempatan ini saya menyampaikan bagian dari ekologi yang mengkaji tentang perairan pedalaman (*inland water*), selanjutnya dikenal sebagai limnologi. Limnologi adalah salah satu ranting ilmu hayati. Kajian limnologi termasuk di dalamnya perairan danau air tawar/air asin, muara, sungai, telaga, rawa, air dalam gua, bahkan air dalam kantong semar (*Nepenthes*).

Hadirin yang saya hormati

Di Indonesia terdapat 500 danau dan 52 reservoir. Penelitian tentang danau di Indonesia dimulai sejak ekspedisi Ruttner dan Thienemann, tahun 1928–1929 (Goltenboth *et al.*, 2012). Awal sejarah terjadinya danau sarat dengan informasi komponen fisik seperti proses tektonik, sesar, vulkanik, dataran banjir, meander, dan lain-lain. Bersamaan dengan perjalanan umur danau maka kondisi perairan berubah, diikuti bertambah banyaknya organisme yang ditemukan. Pada awalnya danau bersifat basa karena tersingkapnya batuan, seiring perjalanan waktu terjadilah perkembangan organisme perairan. Semakin banyak organisme dalam perairan maka semakin kompleks permasalahan yang terjadi, yaitu perombakan dan dekomposisi, kandungan bahan organik terakumulasi sehingga perairan semakin asam.

Perairan dilihat dari permukaan tampak tenang, sementara di dalam badan air betapa dinamisnya proses interaksi antarorganisme dan metabolisme perairan. Sekelompok organisme melayang di badan

air dengan gerakan pasif. Organisme ini dikenal sebagai plankton. Plankton dibedakan antara plankton nabati (fitoplankton) sebagai produsen (autotrof) dan zooplankton (heterotrof). Berdasarkan ukuran dibedakan: ultra-, nano-, mikro-, meso-, makro-, dan megaplankton. Megaplankton dapat dilihat dan mudah ditangkap karena ukurannya besar dan gerakan lambat (contoh: ubur-ubur, Coelenterata). Perbedaan komposisi spesies fitoplankton tergantung nutrien dan perbedaan zooplankton pemangsanya (Haupt *et al.*, 2009). Williamson *et al.* (2011) menambahkan, migrasi vertikal harian zooplankton adalah terluas/terbesar bagi hewan di dunia. Migrasi pada gradien vertikal habitat menginspirasi peneliti ekologi dan evolusi untuk mengetahui mekanisme seleksi habitat dan konsekuensi interaksi spesies. Migrasi ini berimplikasi pada kualitas air, produksi perikanan, dan berlangsungnya proses siklus biogeokimia (Krebs, 2009).

Organisme yang menempati permukaan air, yaitu neston (supraneston: anggang-anggang dan infraneston: larva nyamuk). Nekton adalah penghuni perairan yang bergerak aktif sehingga sulit ditangkap (ikan, reptil, insekta, mamalia). Perifiton menghuni di kawasan tepi perairan (*littoral*) yang masih terdapat tumbuhan berakar.

Organisme dasar perairan disebut bentos (zoobentos dan fitobentos), penghuni permukaan dasar perairan digolongkan *epifauna* (kepiting, kerang, larva insekta), yang masuk ke dalam substrat, *in-fauna* (larva/pupa insekta, kerang, cacing). Kedua golongan tersebut dapat dimiliki oleh satu spesies, Chironomidae (*blood-worm*). Peneliti Indonesia langka mengenal Chironomidae, di kawasan subtropik banyak dikaji karena mempunyai peranan besar di perairan. Kajian larva Chironomidae di Indonesia sangat jarang karena dianggap tidak mempunyai manfaat langsung bagi manusia (Hadisusanto, 2006). Padahal larva Chironomidae sangat penting dalam proses metabolisme perairan dan menjadi referensi rekonstruksi kondisi di masa lampau (Brooks dan Pirk, 2004).

Organisme tetap eksis apabila kebutuhan minimum terpenuhi (Hukum Minimum Liebig), tetapi Liebig tidak menyebut nilai optimum untuk tumbuh dan berkembang. Selanjutnya, Shelford melengkapi eksistensi organisme pada kisaran toleransinya, dikenal

sebagai Hukum Toleransi Shelford (Odum, 1971). Contoh distribusi ikan tergantung kedalaman air, temperatur, oksigen terlarut, dan lain-lain.

Eksistensi komunitas di ekosistem perairan lentik tidak sama dengan komunitas di perairan lotik (mengalir). Hal yang membedakan keduanya adalah faktor pembatas. Komunitas di perairan tergenang (danau, telaga) sangat ditentukan oleh kandungan oksigen terlarut, sedangkan organisme di perairan mengalir, arus air sebagai faktor pembatas.

Hadirin yang saya muliakan

Food-Chain dan Food-Web

Rantai makanan (*food-chain*) adalah gambaran teoretis yang menyederhanakan kondisi senyatanya di alam yang sangat kompleks, yaitu jaring-jaring makanan (*food-web*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada korelasi tetap antara kelimpahan ikan Percidae dengan banyaknya larva khironomid dan makanan utama Salmonidae. Analisis lambung ikan Percidae diperoleh larva khironomid 31%, Cladocera 21%, sisanya larva Corethra, dan lain-lain (Brock, 1985). Jaring-jaring makanan mempunyai karakteristik untuk setiap badan air. Hal ini akan diperkuat apabila ada sifat endemisitas. Contoh: di Danau Sano Nggoang (Manggarai Barat) tidak ada komunitas ikan. Hal ini diduga karena sifat limnologis, di beberapa lokasi muncul air panas dan nilai pH 2–3.

Produktivitas Primer dan Sekunder

Produktivitas primer adalah laju energi radiasi yang disimpan oleh aktivitas fotosintetik dan kemosintetik oleh produsen dalam bentuk substansi organik. Produktivitas primer kotor adalah total laju fotosintetik termasuk massa organik digunakan dalam respirasi selama periode tertentu (total fotosintetik/total asimilasi). Produktivitas primer bersih adalah total laju penyimpanan bahan organik dalam jaringan tumbuhan, tidak termasuk energi untuk respirasi tumbuhan

selama satu periode waktu (asimilasi bersih). Produktivitas sekunder adalah penimbunan energi pada tingkat konsumen (heterotrof).

Lepas dari sejarah terbentuknya danau, tipe danau sangat menentukan kapasitas produktivitas primer. Secara umum *basin* danau dapat dibedakan menjadi empat tipe: 1) tipe piring (Danau George, Uganda), luas 250 km², rerata jeluk 2,5 meter dan terdalam 3 meter. Penetrasi cahaya menembus ke seluruh dasar perairan sehingga fotosintesis berlangsung di seluruh lapisan badan air; 2) tipe mangkuk (Danau Beratan, Bali), ada stratifikasi temperatur, ada zona fotik dan zona afotik; 3) tipe guci (Telaga Balekambang, Dieng), permukaan air sempit, tetapi bagian dalam badan air meluas, fotosintesis hanya berlangsung di dekat mulut danau, produktivitas rendah; 4) tipe palung (Danau Tiwu Nua Muri, Ende), luas 10 ha dan jeluk 127 meter, berlokasi di lereng gunung, produktivitas primernya juga rendah.

Hadirin yang saya hormati

Daya Dukung dan Daya Tampung

Setiap sistem ekologi mempunyai daya dukung (*carrying capacity*), secara umum diartikan sebagai kemampuan suatu lahan untuk mendukung kehidupan seluruh penghuninya. Pada ekosistem perairan dapat dipahami bahwa suatu kolam mampu mentransfer energi untuk eksistensi semua organisme, khususnya heterotrof. Secara logika energi yang diproduksi harus lebih besar dibandingkan yang dikonsumsi sehingga ada akumulasi energi. Kelebihan energi ini menjadi cadangan. Daya tampung (*supporting capacity*) mencapai batas maksimal apabila daya dukung disentuh dengan inovasi ilmu dan teknologi.

Umur danau dapat diduga dengan status eutrofikasi. Kriteria status perairan danau berdasarkan fisik antara lain transparansi dan sedimentasi; dari aspek kimia di antaranya rasio N-P, konsentrasi oksigen, dan pH. Aspek biologi untuk penentuan status trofik perairan tergenang antara lain mengetahui densitas dan diversitas fitoplankton per satuan volume. Organisme lain, yaitu Chironomidae (Diptera),

pada fase larva khususnya instar-2 dan 3 dapat digunakan sebagai indikator status trofik. Apabila larva ini didominasi *Stictochironomus*, *Tanytarsus*, *Diamesa*, dan *Orthocladius*, berarti status perairan oligotrofik. Status mesotrofik ditandai melimpahnya *Stictochironomus*, *Chironomus*, dan *Ablabesmyia*. Status eutrofik ditandai dengan dominannya genus *Chironomus* dan *Polypedilum* (Hadisusanto, 2006).

Perairan oligotrofik sangat berbeda dengan eutrofik dalam beberapa hal. Danau oligotrofik mempunyai jeluk dalam, sedangkan eutrofik relatif dangkal. Diversitas alga danau oligotrofik cukup tinggi, tetapi densitas rendah dan sering didominasi Chlorophyceae. Sebaliknya, eutrofik diversitas rendah, densitas tinggi, dan didominasi Cyanobacteria. Hal ini yang menyebabkan jarang terjadi ledakan populasi di danau oligotrofik, tetapi sering kali terjadi di eutrofik. Tinggi rendahnya nutrien didukung oleh suplai fosfor dan nitrogen yang masuk ke dalam perairan danau. Apabila air danau berwarna hijau tua dan menyebabkan gatal-gatal, menunjukkan indikasi tingginya senyawa *scenedesmin* yang dilepas ke perairan oleh genus *Scenedesmus*.

Kandungan klorofil merupakan salah satu penanda status trofik perairan danau. Setiap status mempunyai kandungan klorofil yang berbeda (Lampiran). Tingginya status trofik di Danau Rawa Pening dikarenakan terjadinya proses eutrofikasi dalam waktu yang lama (Suprobowati *et al.*, 2012). Status Rawa Pening saat ini adalah hipertrofik, suatu tanda-tanda alam yang disampaikan kepada khalifah di bumi untuk menyusun komitmen dan rancang bangun agar eksistensi perairan danau dapat dipertahankan.

Faktor lingkungan perairan yang sangat penting adalah intensitas cahaya, temperatur air, ketersediaan pakan, dan tekanan predasi. Nilai relatif faktor lingkungan berbeda dan lebih sistematis pada setiap gradien transparansi perairan. Penelitian tentang hubungan amplitudo migrasi vertikal harian zooplankton dengan transparansi air sangat sedikit. Eutrofikasi dapat mengubah struktur migrasi vertikal harian zooplankton yang berkaitan dengan kandungan oksigen terlarut, perubahan intensitas sinar ultraviolet, dan abundansi predator serta distribusi jeluk.

Penurunan kualitas air meningkatkan berbagai patogen yang kemudian dianggap sebagai wabah menurunkan produktivitas bagi agen hayati khususnya golongan komoditas (udang dan ikan). Patogen yang terdapat di perairan umumnya bakteri, virus, jamur, dan protozoa. Dalam hal ini pakar biologi dituntut untuk melakukan penelitian biologi dasar agar memahami kualitas air, sehingga mampu mengatasi masalah perairan.

Suksesi Danau

Suksesi danau adalah proses alam biasa, tetapi apabila proses alam dipercepat oleh aktivitas antropogenik maka perlu diantisipasi jauh sebelumnya. Danau sebagai *basin* salah satu bentuk badan air tergenang harus tetap eksis walaupun bila dibandingkan dengan hutan (luas yang sama) danau akan menunjukkan angka produktivitas dan nilai aset (PAD) yang lebih rendah. Konversi danau menjadi hutan membawa risiko tidak sedikit dari aspek mana pun. Pendangkalan danau bukan hanya danau secara fisik hilang tetapi sekian banyak spesies mengikutinya. Danau Limboto, Tondano dan Rawa Pening mengalami hal yang sama, eutrofikasi. Eutrofikasi adalah kondisi perairan yang mengandung nutrien berlebihan (khususnya N dan P). Kelebihan nutrien di atas normal ini dapat terjadi antara lain karena pemupukan (*fertilizer*) dan senyawa sintesis pembasmi hama (pestisida, khususnya insektisida) di kawasan hulu secara berlebihan yang pada akhirnya terakumulasi di danau.

Perlu diketahui bahwa petani tradisional sangat sederhana dalam memahami pemupukan. Pemberian pupuk dan/atau pestisida umumnya melebihi aturan dengan harapan pemberian pupuk yang lebih banyak akan membuat tanaman lebih cepat tumbuh besar dan segera panen. Petani tradisional tidak paham bahwa kemampuan tumbuhan menyerap (*up-take*) pupuk sangat terbatas dan tidak tahu bahwa sisa pupuk yang tidak terserap itu menjadi residu. Residu inilah yang terbawa aliran air dan mencapai jauh ke arah hilir, akhirnya terakumulasi di suatu ruang yang relatif stabil. Kelebihan nutrien ini memacu pertumbuhan alga dan memberi kesempatan berkembangnya tumbuhan air berakar dan mengapung, eceng gondok (*Eichhornia*

crassipes). Pertumbuhan eceng gondok yang sangat cepat dapat menutup seluruh permukaan air. Kondisi ini menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan sehingga proses metabolisme perairan terganggu. Proses metabolisme berlangsung lambat dan tidak sempurna. Fotosintesis terhambat maka produktivitas primer tidak lancar; fitoplankton menurun tajam. Hal ini akan mengakibatkan kelimpahan zooplankton semakin rendah dan tidak ada lagi gambaran migrasi vertikal harian zooplankton (Huber *et al.*, 2011). Populasi ikan semakin turun, pada akhirnya biomassa ikan tangkap rendah dan berdampak pada masyarakat yang selama ini menggantungkan hidupnya pada ada/tidak adanya ikan. Hal ini membuktikan bahwa terganggunya ekosistem danau berlanjut di kehidupan terestrial. Kehidupan sosial-ekonomi terpengaruh, contoh hasil dari penjualan ikan tangkap semakin sedikit, padahal hasil tersebut sudah disiapkan untuk berbagai kebutuhan keluarga antara lain makan, pakaian, bahkan membayar sekolah. Apabila pendapatan ikan tangkap gagal maka kewajiban membayar sekolah tertunda atau diutang. Keadaan seperti ini apabila berlangsung terus dapat memunculkan awal perilaku kriminal. Oleh karena itu, pakar biologi harus turut berperan aktif mempertahankan kestabilan perairan secara ekologis. Pengaturan agen hayati yang berada di perairan danau dapat memperlama proses pendangkalan. Pendapat logis bahwa pakar biologi menduga umur suatu danau akan lebih singkat dibanding dugaan pakar fisik karena pendangkalan bukan hanya sekadar kiriman material erosi, tetapi dipercepat adanya proses eutrofikasi.

✓ Kasus fenomenal dan fantastik adalah hilangnya danau di Dataran Tinggi Dieng. Pada tahun 1927, di Dieng terdapat 28 danau; Tahun 1981 tinggal 14 telaga; tahun 2004 tinggal 10 telaga; dan tahun 2010 tinggal 7 telaga. Dalam waktu sembilan dekade Dataran Tinggi Dieng kehilangan 21 telaga, jadi setiap 10 tahun ada 4 telaga yang hilang. Pada tahun 2010 masih ditemui Telaga Cebongan, Warna, Pengilon, Merdada, Nila, dan Dringo serta Balekambang yang tersisa. Pada tahun 1987 diameter > 50 meter, tahun 2010 tinggal 4 meter.

Danau Semayang di Kalimantan Timur pada tahun 1994 sudah penuh dengan *Mimosa pigra*. Danau Tondano tahun 1991 perairannya sudah penuh dengan *E. crassipes*. Di Danau Limboto (Gorontalo)

pada tahun 2011 hampir 80% permukaan perairannya sudah dipenuhi oleh *E. crassipes*. Pemberantasan eceng gondok di Danau Rawa Biru (Merauke) memanfaatkan serangga herbivor (*Neochetina bruchi* Hustache), tetapi kurang efektif karena eceng gondok tumbuh lebih cepat dibanding kapasitas konsumsinya. Di Danau Sentani mulai terlihat eceng gondok di beberapa lokasi akibat munculnya restoran apung.

Konservasi Sumber Daya Air dan Keanekaragaman Hayati

✓Telaga Ranjeng di lereng barat Gunung Slamet, Jawa Tengah adalah danau alami pada ketinggian 1.200 meter di atas permukaan laut dengan jeluk > 100 meter. Paham yang sangat kuat tentang penyelamatan ekosistem danau ini terkait ikan lele (*Clarias batrachus* L.). Paham tersebut adalah barangsiapa yang berani makan ikan lele dari telaga tersebut maka akan mati. Muatan mistis yang mempunyai pesan moral untuk kearifan lokal (*local wisdom*). Proses demistifikasi itu perlu, tetapi tidak bijaksana apabila dihapus secara frontal.

Danau Semayang dan Jempang di Kalimantan Timur pada saat musim hujan kondisi airnya penuh, jeluk sekitar 20 meter layak untuk aktivitas pesut mahakam (*Orcaella brevirostris*). Pada musim kemarau permukaan air menurun drastis hingga dangkal dan pH rendah (asam). Pesut mahakam dengan kemampuan instingnya bermigrasi ke Sungai Pela (panjang 3 km) yang menghubungkan Danau Semayang dengan Sungai Mahakam. Apabila migrasi terlambat maka pesut dapat terjebak di danau dan dapat mengakibatkan kematian. Pesut menghadapi tiga beban berat sekaligus, yaitu fluktuasi nilai pH, pendangkalan karena sedimentasi, dan berkembangnya *M. pigra* serta hilir mudik perahu masyarakat. *M. pigra* berkembang cepat sekali menjadi pulau-pulau terapung, selanjutnya mengakibatkan pendangkalan danau. Dengan demikian, para pakar biologi harus memikirkan penyelamatannya.

Penambahan spesies belum tentu pertanda baik. Banyaknya eceng gondok yang berkembang di Waduk Mrica merupakan ancaman bagi operasional turbin pembangkit listrik (Piranti *et al.*, 2012). Pihak otoritas menduga terganggunya operasional turbin PLTA Waduk

Mrica dikarenakan ada aktivitas budi daya kentang di hulu Serayu. Petani kentang pun membela diri, siapa yang lebih dahulu beraktivitas, PLTA atau budi daya kentang. Hal ini mirip dengan perdebatan antara Balai Taman Nasional Wasur dengan PDAM Merauke yang menyedot air bahan baku dari Danau Rawa Biru di zona inti sejak zaman kolonial.

Ledakan populasi eceng gondok pernah terjadi di Danau Kerinci. Hal ini dapat diatasi dengan mendatangkan ikan koan (*Ctenopharyngodon idela*) dari Jawa Barat sehingga dalam waktu relatif cepat eceng gondok bersih. Setelah dilakukan penelitian tentang diversitas spesies ikan, terdapat dua spesies ikan yang populasinya menurun tajam. Cara ini ternyata kurang bijak karena introduksi spesies harus mengenali sifat-sifatnya secara cermat. Dapat dikatakan bahwa ikan introduksi ini mempunyai sifat yang tidak terlihat (*hidden nature*) yang perlu diwaspadai. Spesies ikan yang populasinya menurun adalah *Hampala macrolepidota* dan *Osteochillus vittatus*.

Danau Sentarum yang dikelilingi oleh Danau Belida, Danau Seriang, Danau Melayu, dan puluhan danau tipe tapal kuda di hulu Sungai Kapuas identik dengan suatu gugus kepulauan di tengah samudra. Pada setiap danau dalam gugus dapat diduga mempunyai spesies ikan endemis.

Hadirin yang saya muliakan

Sempadan Danau/Jalur Hijau

Pelestarian dan pemanfaatan danau selalu berjalan bersama dan keduanya harus berimbang. Pemanfaatan dalam berbagai bentuk seperti penangkapan ikan harus dipantau untuk dapat menjalankan kuota berimbang. Terjadinya krisis moneter tahun 1997–1998 menyebabkan banyak danau menjadi korban akibat diolahnya sabuk hijau menjadi lahan tanaman semusim sehingga terjadi percepatan erosi dan berisiko mempercepat pendangkalan danau. Setelah krisis moneter berlalu penanaman kentang hingga di bibir Danau Merdada tetap berlangsung, tidak dikembalikan seperti semula yang berpijak pada paham konservasi lingkungan. Hal ini perlu dievaluasi oleh

pemerintah lokal demi keberlanjutan ekosistem perairan. Tidak bijaksana apabila hal ini diserahkan kepada tenaga pelaksana saja.

Perairan danau yang ideal adalah perairan yang dihuni oleh banyak spesies sehingga keseimbangan ekologi terpenuhi. Ada korelasi positif antara diversitas spesies dengan transpor biomassa. Kajian biologi tentang dinamika nutrien dan biomassa dari darat ke air dan sebaliknya penting sekali karena dapat digunakan sebagai acuan untuk menyusun strategi pengelolaan danau. Dudgeon (2002) menyatakan bahwa larva Chironomidae sangat penting dalam memelihara keteraturan sirkulasi materi organik dan dinamika aliran energi danau. Instar-1 (*planktonik*) bergerak sebagai zooplankton dari permukaan air menuju dasar perairan; instar-2 sebagai bentos (*epifauna*); instar-3 dan instar-4 sebagai bentos (*in-fauna*). Fase pupa berubah bentuk dan siap bergerak menuju permukaan air, gesekan tubuh pupa dengan udara akan memunculkan tekanan internal. Selanjutnya pupa pecah dan individu terbang sebagai imago. Secara periodik jutaan individu khironomid dewasa berpindah dari ekosistem perairan ke atmosfer. Migrasi massal ini mengurangi beban badan air akan tingginya kandungan bahan organik. Larva khironomid mendominasi suatu subsistem yang memperlambat degradasi kualitas air dan mencegah eutrofikasi secara alami dan komposisi fauna berkorelasi dengan status trofik sepanjang Danau Balaton (Hungaria). Status trofik danau adalah oligo-mesotrofik dan didominasi oleh *Chironomus plumosus* (Devai, 1990). *Chironomus* ditemukan cukup melimpah di sekitar kawasan karamba jaring apung di Waduk Gajah Mungkur dan Kedungombo (Hadisusanto dan Yuningsih, 2008).

Pengelolaan Danau dan Daerah Aliran Sungai

Gambaran imajiner, seseorang sedang memancing ikan di tepi danau yang jernih. Tanpa disadari, pemancing akan melihat sedikit demi sedikit warna air danau berubah semakin tua dan akhirnya keruh. Hal ini membuat pemancing hanya memanfaatkan potensi ikan perairan danau tanpa memedulikan yang terjadi di belakangnya, yakni di kawasan hulu daerah aliran sungai (DAS). Banyak aktivitas antropogenik yang mengubah perairan sungai dari kualitas tinggi

menjadi rendah. Sehingga dapat digambarkan bahwa semua aktivitas masyarakat di sepanjang sungai membuang limbah ke dalamnya. Dengan demikian, wajar apabila kualitas perairan danau semakin menurun. Oleh karena itu, untuk mengelola perairan danau tidak dapat secara parsial, tetapi termasuk mengelola DAS. Kualitas perairan danau berkaitan dengan terpeliharanya penutupan vegetasi, luas dan jenis tumbuhan berpengaruh terhadap perairan danau sebagai muaranya karena DAS dan danau merupakan satu kesatuan (Sudarmadji, 2003; Brooks dan Birk, 2004).

Kondisi danau sangat dipengaruhi iklim. Pada bulan-bulan basah, curah hujan tinggi menambah volume air. Air bertambah sehingga ketinggian permukaan air naik. Dengan demikian, jeluk bertambah dalam. Di sisi lain, curah hujan tinggi menambah kecepatan arus, kemudian meningkatkan potensi erosi, akhirnya meningkatkan sedimentasi. Proses sedimentasi ini mengubah tekstur dan akumulasi kandungan nutrisi meningkat. Jeluk dan nutrisi berpengaruh terhadap distribusi dan kelimpahan larva benthos, sehingga terjadilah perubahan komposisi larva bentonik. Ketinggian dan fluktuasi air sangat berpengaruh terhadap kondisi danau termasuk kualitas air dan dinamika komunitas sebagai sumber pakan organisme pemangsa.

Hadirin yang saya muliakan

Tata Ruang dan Manajemen Danau

Penataan ruang kawasan merupakan suatu keharusan termasuk pada danau. Pemintakatan di kawasan danau secara umum dibedakan menjadi zona inti, zona lindung, zona penangkapan, zona intensif, dan zona penyangga (*buffer*). Pemintakatan danau tergantung geomorfologi dan tipe lanskap yang menentukan pola manajemen danau. Tidak semua danau mempunyai lembah, tetapi beberapa danau ada yang mempunyai lembah sangat luas. Lebar jalur hijau bagi danau antara 50–100 meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat (Kepres Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung).

Gulma adalah vegetasi yang tidak diharapkan tumbuh di lokasi tertentu. Pertumbuhan *E. crassipes*, *M. pygma*, dan *Salvinia molesta*, sejak awal harus diantisipasi. Pertumbuhan gulma air dapat melindungi biota sebagai *nursery ground*, dapat juga sebaliknya berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas air (Anonim, 2008). Ini berarti akan menimbulkan ketidakstabilan ekologis yang ditunjukkan dengan keguncangan komunitas.

Manajemen kualitas air danau yang dipantau adalah parameter lingkungan khususnya fisikokimia. Perairan tercemar tidak terjadi tiba-tiba, tetapi lewat proses baik fenomena alam maupun aktivitas manusia. Umumnya pencemaran air akibat antropogenik berdampak sangat besar dan berkelanjutan sehingga setiap perairan tercemar tidak pernah terbayangkan kondisi perairan kembali seperti semula.

Pencemaran air danau dapat dilihat di Rawa Jombor, Klaten. Danau yang tidak terlalu luas ini awalnya bebas dari aktivitas manusia (tahun 1985), kecuali memancing dan menjaring. Hasil penelitian di Rawa Jombor ditemukan 14 spesies gastropoda. Pada awalnya ada warga yang mencoba membuat tiang-pancang bambu dan dipasang paranet untuk budi daya ikan. Sebagian masyarakat membuka warung ikan bakar. Kedua usaha tersebut berhasil. Keberhasilan tersebut memicu naiknya aktivitas masyarakat baik tambak maupun restoran apung, jumlah tambak 30 unit dan restoran 48 (2012). Dapat dibayangkan berapa banyak limbah bahan organik sisa pakan ikan dan kuliner yang dibuang langsung ke perairan rawa. Akhirnya terjadi eutrofikasi yang memacu ledakan populasi alga hijau dan muncul perkembangan eceng gondok yang meluas menutupi permukaan perairan (Hadisusanto dan Setyaningsih, 2010). Masyarakat yang tidak memiliki modal, mempertahankan hamparan eceng gondok yang menutup permukaan perairan karena mereka dapat memanen keong emas (*Pomacea fulica*) hampir setiap hari. Hasil keong emas yang diperoleh sebagian untuk konsumsi masyarakat dan sebagian untuk pakan itik. Budi daya itik pun berkembang pesat. Eceng gondok ternyata menjadi habitat peneluran dan pembesaran anakan. Keong emas melakukan kawin sehari kurang lebih 24 kali dan fekunditas sebesar antara 101–236 butir. Keong emas makan tumbuhan makrofita, tetapi juga makan telur

atau juvenil siput jenis lain. Tumbuhan yang dimakan antara lain *Potamogeton striatus* dan *Chara contraria*.

Hasil penelitian Hadisusanto (2006) mendapatkan puncak populasi larva khironomid di Waduk Sempor pada bulan Februari, Mei, dan September. Larva khironomid adalah pakan alami ikan sehingga jika ada aktivitas pengerukan, sebaiknya selain bulan tersebut. Manajemen kawasan hulu dilakukan dengan mengelola DAS (*watershed*) dan daerah tangkapan air hujan (*catchment area*).

Peran Pakar Biologi dalam Upaya Konservasi

Jacob (2005) menyatakan bahwa para pakar biologi tugasnya berbeda dengan praktikus biologi. Pakar biologi harus memikirkan masa depan yang teramalkan. Pakar biologi menghadapi berbagai kesulitan antara lain kekurangan air untuk kehidupan dan terkurasnya energi konvensional. Konversi dan destruksi hutan ditambah perubahan iklim sangat signifikan akhirnya berpengaruh terhadap hidrologi dan bermuara terhadap hidrobiologi.

Danau Kakaban (Kaltim) sangat menarik perhatian pakar biologi karena dalam perjalanan sejarahnya dari perairan salin menuju perairan tawar menyajikan contoh alami terjadinya evolusi pada tingkat ekosistem, spesies, dan genetik. Perubahan perairan salin menjadi perairan tawar diikuti oleh biodiversitas tingkat spesies dan genetik. Perubahan perairan mengalir (*lotik*) menjadi perairan tergenang (*lentik*) membawa risiko hayati. Proses abrasi, erosi, dan akumulasi saling berkaitan. Sungai yang banyak mempunyai kelokan, di suatu sisi mengalami pembukaan dan di sisi lain mengalami pemampatan. Bentuk *meander* berubah menjadi danau tapal kuda, banyak terbentuk di Sungai Kapuas, Memberamo, Mahakam, dan lain-lain. Proses boleh jadi telah selesai secara fisik, tetapi belum selesai secara hayati. Seorang pakar biologi harus mencermati sejak perubahan dari air mengalir menjadi air tergenang. Semua organisme secara alami beradaptasi. Spesies ikan yang terbiasa melawan arus sungai (rheotaksis positif), setelah menjadi perairan tergenang, tidak ada lagi respons yang muncul sebagai salah satu pola perilaku. Kandungan oksigen terlarut yang biasa melimpah menjadi faktor

pembatas. Dengan demikian, ada spesies yang akan hilang karena tidak mampu beradaptasi.

Horne dan Goldman (1994) menyatakan bahwa dahulu observasi limnologi memerlukan sejarah panjang, tetapi hanya diperoleh ilmu tersendiri pada dua abad terakhir. Saat munculnya mikroskop, jaring plankton dan termometer mulai ada tambahan data perairan pedalaman sebagai kehidupan mikrokosmos dengan struktur berbeda.

Kini, perairan pedalaman mempunyai peranan penting dalam penyelesaian masalah konstruksi dam, pengendalian pencemaran air, perikanan, dan satwa liar. Limnologi di masa mendatang sebaiknya lebih mendapat perhatian serius karena pendidikan perairan pedalaman penting untuk meningkatkan pengetahuan bagi pekerja yang perlu pengetahuan limnologi. Dengan demikian, pekerja akan lebih mengerti dan mampu mengaplikasikan konsep umum limnologi yang dikaitkan dengan ilmu lain.

Hadirin yang saya muliakan

Penutup

Saya mengangkat masalah danau dengan tujuan memberikan gambaran tentang pengelolaan perairan tergenang yang harus dilakukan secara komprehensif. Selama ini permasalahan danau seolah hanya diperankan oleh bidang: teknik sipil dari segi keamanan *basin* untuk menampung air; pertanian tentang distribusi air untuk irigasi; perikanan tentang intensifikasi dan pemenuhan kebutuhan protein hewani; energi tentang tenaga pemutar turbin PLTA; dan sosial-ekonomi tentang pengembangan wisata dan pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat. Di sisi lain, mulai dari permukaan air sampai dasar perairan dihuni oleh ribuan spesies organisme yang saling berinteraksi dan juga berinteraksi dengan media hidupnya.

Berdasarkan uraian di muka, kita pahami, walaupun sejengkal perairan tergenang yang dianggap tidak berarti secara ekonomi, tetapi sangat penting dari aspek ekologi. Fungsi ekologis seperti evapotranspirasi, biodiversitas, aliran energi, dan interaksi spesies.

Perlu kebijakan apabila akan dilakukan konversi ke bentuk lain dengan mengatasnamakan **kepentingan umum/meningkatkan PAD**. Rencana jangka panjang yang hanya memikirkan aspek ekonomi tanpa peduli ekologi berarti mengabaikan potensi bencana yang akan terjadi. Mitigasi bencana tanpa pakar biologi merupakan bentuk ketidakpahaman masyarakat secara komprehensif tentang alam untuk kesejahteraan manusia. Peringatan adanya bencana sebenarnya sudah lebih dari satu milenium yang lalu (Q.S. Ar-Rum Ayat 41).

Permohonan Maaf dan Ucapan Terima Kasih

Pertama saya mohon maaf kepada almarhum kedua orang tua dan kepada lembaga tempat saya bekerja (UGM, khususnya Fakultas Biologi) atas keterlambatan saya menduduki jabatan guru besar. Hal ini sebagai bukti bagi saya bahwa tidak mudah menjadi guru besar, prosesnya panjang dan berliku sehingga perlu perjuangan penuh. Hikmahnya adalah sebagai acuan untuk mendorong semua staf junior agar mempersiapkan jauh sebelumnya dan menuntut strategi tepat untuk meraih jabatan tertinggi ini.

Jabatan guru besar adalah kebutuhan mutlak bagi perguruan tinggi penyelenggara program doktor sehingga selama masih ada kesempatan harus diusahakan maksimal. Di sisi lain merupakan komitmen saya untuk mendukung UGM dalam upaya menghasilkan doktor.

Saya berterima kasih tidak terhingga kepada Almh. Ibu R., Sri Murdiati binti R.M. Hasan Prawiromihardjo; sehari sebelum wafat beliau berpesan "*kalau sudah berjalan jangan menengok ke belakang*". Kepada ayah saya, Alm. Bapak Soetomo Martosoetomo bin Tabri Madsini, mengajarkan agar tangan saya selalu di atas. Dua pesan tersebut bermakna luar biasa. Terima kasih kepada Bapak/Ibu R.M. Hupoyo S., S.H. Kepada keluarga yang saya cintai: istri, Indriawati Utami, S.P., anak: Yudhistira Brilianatama dan Sekarayu Tunggadewi Anugraputri, terima kasih atas pengertiannya selama ini. Kakak saya: Alm. Suwardi Hy. dan Sri Endaningsih; adik: Suherman, B.A., Ir. H. Suwito Wigiyanto (Alm.), Suratno, S.E., dan keluarga.

Terima kasih kepada guru saya Bapak Y. Sugiyono, Bapak Kaswadi (Alm.), Ibu Umiyati (Almh.), Ibu SutiyeM, Ibu Retno Palupi, B.Sc., Bapak Toto Suwanto, B.E. Terima kasih Bapak Drs. Soetjipta, M.Sc. (Alm.), Bapak Prof. Dr. Jusup Subagja, M.Sc., pembimbing ke jenjang akademik tertinggi bersama Prof. Dr. Ir. Kamiso H.N., M.Sc. dan Prof. Dr. Sudarmadji, M.Eng.Sc.; Prof. drh. M.P. Eddy Moeljono, M.S.A., Ph.D., S.H. (Alm.) pembimbing S-2; Almh. Ibu Dra. Harminani SDT., Prof. Dr. Nyoman Puniawati S., S.U.; Ibu Dra. Hj. Mardiyah F. Marjiyo, S.U. Terima kasih kepada Prof. Santosa, Prof. Sukarti Moeljopawiro, Prof. M. Sagi, Prof. Issirep S., dan Prof. Istriyati. Terima kasih kepada Saudara Rochim, Bapak Asikin, Saudara Said Adista, Sdr. Jito bin Tar'an, dan Saudara Murdiyanto, B.Sc., pemberi semangat saya untuk terus menuntut ilmu. Pepatah Jawa mengatakan: *janma tan kena kinira*; dalam perjalanan hidup saya salah satunya. Senior saya, Prof. Sutiman BS., D.Sc., Drs. H.A. Latief B., MPSL., Dr. Muljana T., Drs. Subianto, M.Si., dan Alm. Drs. Wiwik Wijayanto.

Terima kasih, kepada keluarga besar: Bapak/Ibu H. Sunaryo; Bapak/Ibu H. Suwardi W., SH. Bapak (Alm.)/Ibu M. Soffa (Brebes); Bapak/Ibu (Almh) Suwanto (Purwokerto); Alm. Bapak/Ibu Sutrisno (Jogja); Alm. Bapak/Ibu Wagimin S.; Bapak/Ibu H. Makmuri Y. (Semarang); Almarhum Bapak/Ibu H. Sutari, dan Bapak dr. H. Hadi Setyo (Bumiayu).

Akhirnya, kepada hadirin yang mulia saya mengucapkan terima kasih atas kesabarannya dalam mengikuti Pidato Pengukuhan Guru Besar ini. Saya mohon maaf apabila dalam penyampaian banyak tutur kata yang tidak berkenan di hati hadirin semua. Semoga Allah membalas amal baik Bapak/Ibu diiringi limpahan hidayah dan rahmat-Nya.

Amin ya Robbal 'alamin.

Wassalamu 'alaikum warakhmatullahi wabarakatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1990. *Undang-Undang No. 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung*. KMN-LH.
- Anonim. 2008. *Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau*. KMN-LH RI.
- Brock, T.D. 1985. *A Eutrophic lake: lake Mendota*. New York, USA: Wisconsin. Springer-Verlag.
- Brooks, S.J. dan H.J.B. Birk. 2004. "Tracing Lake Trophic History with a Chironomid and Diatom Total Phosphorus Inference Model". *Freshwater Biology* Volume 46(4): 513–533.
- Devai, G. 1990. "Ecological Background and Importance of the Change of Chironomid Fauna (Diptera: Chironomidae) in Shallow Lake Balaton". *Hydrobiologia* Vol. 191: 189–198.
- Dudgeon, D. 2002. *Tropical Asian Streams, Zoobenthos, Ecology and Conservation*. Hong Kong Univ.
- Goltenboth, F.; K.H. Timotius; P.P. Milan; dan J. Margraf. 2012. *Ekologi Asia Tenggara, Kepulauan Indonesia*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Hadisusanto, S. 2006. "Distribusi dan Kemelimpahan Larva Bentonik Chironomidae (Diptera): Hubungannya dengan Jeluk dan Nutrien di Waduk Sempor, Kebumen, Jawa Tengah". Disertasi. UGM, Yogyakarta.
- Hadisusanto, S. dan W. Yuningsih. 2008. "The Abundance of Chironomids Larvae at the Three Reservoirs which Floating Net Cage, Central Java, Indonesia". *Paper on The 2nd USM Penang International Postgraduate Convention*. 18–20th June 2008. USM, Penang, Malaysia.
- Hadisusanto, S. dan H.M. Setyaningsih. 2010. "Status Kualitas Perairan Rawa Jombor, Klaten, Jawa Tengah". *Prosiding Seminar Nasional Biologi dalam Rangka Lustrum X dan melepas Guru Besar Purna Karya Fakultas Biologi UGM*.
- Haupt, F., M. Stockenretter, M. Baumgartner, M. Boersma, dan H. Stibor. 2009. "Daphnia Diel Vertical Migration: Implications Beyond Zooplankton". *J. of Plankton Research*. Vol. 31(5): 515–524.

- Horne, A.H. dan C.R. Goldman. 1994. *Limnology*. Second edition. New York: Mc Graw-Hill, Inc.
- Huber, A.M.R., F. Peeters, dan A. Lorke. 2011. "Active and Passive Vertical Motion of Zooplankton in Lake". *Journal of Limnology and Oceanography*, Volume 56(2) 695–706. The ASLO, Inc.
- Jacob, T. 2005. "Peranan Biologi dalam Pengembangan Ilmu dan Peningkatan Kesejahteraan". *Pidato Dies*. Disampaikan pada Lustrum X Fakultas Biologi UGM, Yogyakarta.
- Krebs, C.J. 2009. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 2nd Edition. USA: Pearson Education. Inc.
- Lehmusluoto, P., B. Mahbub, N. Tenggara, S. Rusmiputro, F. Ahmad, L. Boer, S.S. Brahmana, B. Priadi, B. Setiadji, O. Sayuman, dan A. Margana. 1995. *National Inventory of the Major Lakes and Reservoir in Indonesia*. Pamatus Keskus, Oy, Helsinki.
- Lotter, A.F., H.J.B. Birks, W. Hofmann, dan A. Marchetto. 1997. "Modern Diatom, Cladocera, Chironomid, and Chrysophyte Cyst Assemblages as Quantitative Indicators for the Reconstruction of Past Environmental Conditions in the Alps. I. Climate". *J. of Paleolim.* 18(4): 395–420. <http://www.ecre.ucl.ac.uk/content/view/236/17/10/2/2006,12:42>.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology*. London: W.B. Saunders Company.
- Piranti, A.S. Sudarmadji, A. Maryono, S. Hadisusanto. 2012. "Penentuan Kriteria Nutrien untuk Penilaian Status Trofik Perairan Waduk Mrica, Banjarnegara, Indonesia". *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Volume 19 No. 2: 184–192. Juli 2012. PSLH UGM, Yogyakarta.
- Subagja, J. 1998. "Konsep Ekosistem sebagai Konsep Dasar Ekologi. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta, 26 Oktober 1998.
- Sudarmadji. 2003. "Fungsi Waduk dalam Ekosisten Daerah Aliran Sungai dan Masalah yang dihadapi". *Seminar Nasional Optimalisasi Fungsi Danau sebagai Mikrokosmos*. Perhimpunan Biologi Indonesia Cabang Yogyakarta. 8 Februari 2003. *Prosiding Seminar*: 27–39 ISBN: 979-96953-4-1.

- Suprobowati, T.R.; S. Hadisusanto; P. Gell; dan A. Zawadski. 2012. "The Diatom Stratigraphy of Rawapening Lake, Implying Eutrophication History". *American J. of Env.Sci.* 8(3): 334–344.
- Williamson, C.E., J.M. Fischer, S.M. Bollens, E.P. Overholt, dan J.K. Breckenridge. 2011. "Toward a More Comprehensive Theory of Zooplankton Diel Vertical Migration: Integrating Ultraviolet Radiation and Water Transparency into THR Biotic Paradigm". *J. of Limnology and Oceanography.* 56(5), 2011: 1603–1623.

BIODATA

Nama : Suwarno Hadisusanto
 Tempat/tanggal lahir : Bumiayu,
 16 November 1954
 NIP/NIDN : 195411161983031002/
 0016115402
 Jenis kelamin : Pria
 Agama : Islam
 Status perkawinan : Kawin

Pekerjaan : Dosen Fakultas Biologi UGM
 Pangkat/Golongan : Pembina Tk. I/IVb
 Jabatan : Guru Besar
 Alamat kantor : Laboratorium Ekologi dan Konservasi,
 Fakultas Biologi, UGM, Yogyakarta
 Alamat rumah : RT 02/35, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman,
 D. I. Y., Indonesia, 55581.
 E-mail : suwarnohs@ugm.ac.id
 Istri : Indriawati Utami, S.P.
 Anak : 1. Yudhistira Brilianatama
 2. Sekarayu Tunggadewi A.

Pendidikan

1967: SDN I Jatisawit, Bumiayu; 1970: SMPN I Bumiayu; 1973:
 SMAN I Brebes; 1980: B.Sc.; 1981: S-1 (Drs.) Fakultas Biologi
 UGM; 1987: S-2 (S.U.) Fakultas Pascasarjana UGM; 2006; S-3 (Dr.)
 Sekolah Pascasarjana UGM

Tambahan Pendidikan

1982 Kursus Penginderaan Jauh dan Survei Terpadu Angkatan VII
 (Juni 1982–April 1983), Fakultas Geografi UGM -
 BAKOSURTANAL

- 2000 *Short Course on Eutrophication of Lakes and Reservoirs, BIOTROP, Bogor, Indonesia*
- 2007 *Workshop on Eco-Social and Ecosystem Assessment for Dengue Research and Intervention, Mahidol Univ. WHO-IDRC, Bangkok, Thailand*
- 2009 *Short Course on Environmental Management Charles Darwin University, Darwin, Australia*
- 2012 *Visiting Professor on Freshwater Management, School of Biological Sci., USM, Penang, Malaysia*
- 2014 *Study Comparative with 4 Universities in Japan*

Pengalaman Pengabdian

- 1983–1985 Asisten Dosen Fakultas Biologi UGM.
- 1996–2001 Sekretaris Jurusan Biologi Lingkungan Fakultas Biologi UGM
- 2005–2007 Kepala Laboratorium Ekologi, Fakultas Biologi UGM
- 2005–sekarang Dosen Magister Pengelolaan Lingkungan UGM
- 2007–2009 Sekretaris Senat Fakultas Biologi UGM
- 2009–2011 Kaprodi Program Pascasarjana Biologi
- 2012–sekarang Tim Ahli Ekspedisi NKRI, Kopassus – UGM
- 2012–sekarang Dekan Fakultas Biologi UGM

Pengalaman Organisasi

- 2000–2015 Sekretaris Umum PBI Cabang Yogyakarta
- 2012–sekarang Ketua Konsorsium Biologi Indonesia (KOBI)
- 1980–1982 Ketua Umum Keluarga Pelajar Mahasiswa Daerah Brebes (KPMDB), Yogyakarta
- 2003–sekarang Ketua Harian YTI Cabang Yogyakarta.
- 2010–2012 Ketua Umum PP Keluarga Alumni Fakultas Biologi UGM (KABIOGAMA)
- 2011–sekarang Pembina Yayasan S. Martosoetomo, Bumiayu

Penghargaan

1992 Dosen Teladan I Fakultas Biologi UGM dari Rektor

1997 Satyalancana Karya Satya X dari Presiden RI

2007 Satyalancana Karya Satya XX dari Presiden RI

2008 Penghargaan Kesetiaan 25 Tahun dari Rektor UGM

LAMPIRAN

Tabel 1. Status trofik perairan danau berdasarkan kandungan klorofil-a (mg/m^3) menurut OECD

No.	Status	Rerata Klorofil	Maksimal Klorofil
1	Ultra-oligotrofik	< 1	< 2,5
2	Oligotrofik	< 2,5	< 8
3	Mesotrofik	2,5–8	8–25
4	Eutrofik	8–25	25–75
5	Hipertrofik	> 25	> 75

Tabel 2. Nilai parameter air danau di Indonesia

No.	Parameter	Satuan	Minimal	Maksimal
1	Konduktivitas	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1,74	22
2	pH	-	8,8	7,5
3	Transparansi	meter	0,7	9
4	N total	$\text{mg}/\text{l} -\text{N}$	0,14	0,69
5	Nitrat	$\text{mg}/\text{l} -\text{N}$	0	0,027
6	P total	$\text{mg}/\text{l} -\text{P}$	0	0,085
7	PO_4 total	$\text{mg}/\text{l} -\text{P}$	0	0,08
8	SO_4 total	$\text{mg}/\text{l} -\text{SO}_4$	0,5	650
9	Kalsium	$\text{mg}/\text{l} -\text{Ca}$	1,9	32
10	Klorofil-a	mg/m^3	0,57	5,59

(Lehmusluoto *et al.*, 1995)