

SISTEM INFORMASI BERBASIS *CITIZEN SCIENCE* UNTUK PENYEBARAN BURUNG KOTA BERBASIS WEB 2.0

Irya Wisnubhadra¹, Pramana Yuda², Y. Hendra Triatmaja³

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl Babarsari 44, Yogyakarta, Indonesia, 55281
Telp : (0274)487711, fax : (0274) 485223

²Program Studi Biologi, Fakultas Teknobiologi,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl Babarsari 44, Yogyakarta, Indonesia, 55281
Telp : (0274)487711, fax : (0274) 487748
Email: irya@mail.uajy.ac.id¹, pramyd@mail.uajy.ac.id²

Abstrak

Pembangunan wilayah untuk memenuhi kebutuhan dan pertumbuhan populasi manusia telah mengubah kawasan-kawasan alamiah menjadi kawasan binaan. Kawasan pedesaan juga terus berkembang menjadi kawasan perkotaan. Penduduk dunia yang tinggal di kota terus bertambah besar. Salah satu permasalahan perkotaan adalah berkurangnya keanekaragaman hayati, salah satunya adalah burung. Kehilangan keanekaragaman hayati yang diperkirakan sejalan dengan berkembangnya urbanisasi sering kali sulit diketahui. Kondisi ini memerlukan penelitian dan pemantauan jangka panjang. Penelitian yang dilakukan masih terkendala waktu dan biaya serta minimnya jumlah peneliti. Untuk mengatasi masalah ini peneliti di negara maju memanfaatkan para sukarelawan yang terlatih (citizen scientists) yang memanfaatkan teknologi internet berbasis Web 2.0 untuk berkolaborasi melaksanakan penelitian. Model ini selanjutnya diadopsi untuk dikembangkan dalam konteks penelitian burung kota di Yogyakarta dengan kolaborasi peneliti dari lingkungan perguruan tinggi dan klub pencinta burung. Penelitian ini telah berhasil mengembangkan prototipe sistem informasi berbasis citizen science untuk kolaborasi penelitian dengan analisis kebutuhan yang didapatkan dari para peneliti burung di Yogyakarta. Prototipe sistem informasi telah dideploy untuk keperluan pengujian di lingkungan pengembang, dan akan terus dipersiapkan untuk dideploy di lingkungan yang lebih luas.

Kata kunci: keanekaragaman hayati, burung, citizen science, sistem informasi, web 2.0

Abstract

Regional development and human population growth has changed the natural areas into a target area. Rural areas continue to expand into urban areas and world's population living in cities continues to grow. One issue is the reduction of urban biodiversity, one of which is a bird. Biodiversity loss is estimated in line with the development of urbanization is often difficult to know. This condition requires long-term research and monitoring. Research conducted still constrained by time and costs as well as the minimal number of researchers. To overcome this problem researchers in developed countries utilize trained volunteers (citizen Scientists) which utilizes Web 2.0-based Internet technology to carry out research collaboration. This model is then adopted to be developed within the context of the study of birds in the city of Yogyakarta with the collaboration of researchers from universities and bird lovers club. This study has successfully developed prototype citizen science-based information system for collaborative research with the analysis of the needs of the researchers obtained the bird in Yogyakarta. Prototype information system has been deployed for testing purposes in the developer environment, and will continue to be prepared to deploy in the wider environment.

Keywords: biodiversity, bird, citizen science, information system, web 2.0

1. PENDAHULUAN

Pembangunan wilayah untuk memenuhi kebutuhan dan pertumbuhan populasi manusia telah merubah kawasan-kawasan alamiah menjadi kawasan binaan. Kawasan pedesaan juga terus berkembang menjadi kawasan perkotaan. Penduduk dunia yang tinggal di kota terus bertambah besar. Pada tahun 2005 penduduk yang tinggal di kota sudah 49%, dan diperkirakan akan menjadi 60 % pada tahun 2030 [5]. Oleh karenanya Komisi Brundland dalam laporannya -*Our Common Future* – memasukan masalah perkotaan sebagai salah satu tantangan dalam pembangunan yang berkelanjutan [18].

Salah satu permasalahan perkotaan adalah berkurangnya keanekaragaman hayati, salah satunya adalah burung. Seberapa besar kehilangan keanekaragaman hayati sejalan dengan perkembangannya urbanisasi sering kali sulit diketahui. Kondisi ini disebabkan karena untuk menjawab pertanyaan tersebut diperlukan penelitian dan pemantauan jangka panjang. Sementara itu kajian tentang keanekaragaman hayati di perkotaan (urban) di Indonesia masih terbatas, dan kalau ada juga terbatas dalam skala ruang dan waktu kajiannya.

Program penelitian di kawasan yang luas (seperti kota) dan program pemantauan jangka panjang menghadapi permasalahan yang sama yaitu pengumpulan data. Peneliti sering kali tidak bisa mengatasinya karena keterbatasan dana. Untuk mengatasi masalah ini peneliti di negara maju memanfaatkan para sukarelawan yang terlatih (*citizen scientists*) [11]. Di Amerika pendekatan tersebut telah dikerjakan pada berbagai program penelitian ekologi, misalnya keterkaitan antara makroinvertebrata dengan kesehatan sungai [8], dan status populasi ikan karang dan amfibi [13]. Bidang kajian yang paling banyak memanfaatkan pendekatan ini adalah penelitian burung [10].

Salah satu fenomena penting penggunaan internet pada dekade ini adalah kemunculan situs jejaring sosial, aplikasi berbasis wiki, kolaboratif *software*, dan blog yang telah mampu mengubah dunia [21]. Fenomena ini banyak dikenal sebagai fenomena Web 2.0. Informasi yang pada awalnya mengalir dari, bahkan dimonopoli oleh pihak-pihak tertentu, telah berubah menjadi milik semua orang. Seseorang bebas menuliskan informasi apapun di internet dan dapat diakses oleh orang lain di seluruh dunia. Kolaborasi menjadi roh dalam fenomena Web 2.0 ini, yang kemudian dapat dimanfaatkan dalam penelitian termasuk untuk penelitian burung kota ini. Dengan memanfaatkan konsep Web 2.0 sebuah sistem informasi untuk penelitian penyebaran burung dikembangkan dengan mengedepankan peran *citizen scientist*. Peran *citizen scientist* diakomodir dengan maksimal dengan memberikan hak akses yang luas pada sistem informasi, walaupun masih ada proses konfirmasi dan validasi yang dilaksanakan oleh peran kurator di sistem informasi. Para *citizen scientist* kebanyakan direkrut dari para peneliti di lingkungan perguruan tinggi dan klub pencinta burung.

Penelitian ini akan mengembangkan protoypte sistem informasi berbasis *citizen science* untuk kolaborasi penelitian. Sistem akan dikembangkan dengan adopsi Web 2.0 dengan mengedepankan peran *citizen scientist* dengan maksimal, penggunaan fitur berbasis lokasi, dan sistem informasi berbasis geografis. Sistem informasi akan dikembangkan dengan proses analisis kebutuhan yang didapatkan dari para peneliti burung di Yogyakarta dan diharapkan dapat digunakan dengan perangkat mobile dan desktop computer.

Selanjutnya makalah akan memberikan kajian literatur mengenai dampak urbanisasi pada dan dampaknya pada konservasi fauna terutama burung pada daerah perkotaan, peran burung sebagai bioindikator dan fenomena Web 2.0 sebagai inspirasi pengembangan sistem informasi ini. Bab berikutnya akan menjelaskan pembangunan sistem informasi dan metodologinya, dan diakhiri dengan hasil pembangunan sistem informasi.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Urbanisasi dan dampaknya

Perubahan daerah pedesaan atau daerah alamiah menjadi perkotaan (urbanisasi) merupakan salah satu konsekuensi dari pertumbuhan populasi manusia. Secara global proporsi penduduk yang tinggal di kota terus meningkat. Pada tahun 1950 proporsinya hanya 29%, dan diestimasi pada tahun 2030 proporsinya menjadi 59,9% [7]. Kecenderungan ini tidak hanya terjadi di negara-negara maju di Eropa dan Amerika Utara, tetapi juga di negara-negara lain di dunia ini [5]. Di Indonesia prosentasi urbanisasi juga meningkat, pada tahun 2000 sebesar 42,4 % dan diperkirakan menjadi 63,5% pada tahun 2025. Urbanisasi merupakan penggerak modernisasi, pertumbuhan ekonomi dan pembangunan. Namun pertumbuhannya yang cepat, terutama di kota-kota besar, juga menimbulkan berbagai masalah seperti, pengangguran, kemiskinan, kesehatan, sanitasi, keamanan pangan, pemukiman, kemacetan jalan raya, kawasan kumuh dan penurunan kualitas lingkungan [18]. Permasalahan lingkungan yang terjadi akibat urbanisasi terkait dengan kenaikan suhu, ketersediaan air bersih, polusi dan rusaknya habitat.

Urbanisasi secara langsung mengakibatkan hilangnya, rusak atau terfragmentasinya habitat bagi kehidupan liar. Pembangunan perumahan di daerah Muara Angke (Jakarta), misalnya, telah menghilangkan sebagian besar ekosistem lahan basah di daerah tersebut. Fungsi lahan basah sebagai daerah penyangga banjir di daerah tersebut hilang, yang berakibat terjadi banjir di jalan tol ke bandara. Selain itu konversi tersebut telah menghilangkan habitat bagi berbagai jenis burung dan satwa liar. Konversi lahan untuk pertanian dan urbanisasi juga mengakibatkan terfragmentasinya habitat yang sebelumnya merupakan satu kesatuan habitat tidak terputus menjadi fragmen-fragmen habitat yang terpisah dan terisolasi. Kondisi ini akan mengakibatkan terputusnya aliran gen antar populasi yang hidup di habitat yang terfragmentasi tersebut.

Kota sebagian besar kawasannya berupa ekosistem buatan manusia. Gedung-gedung untuk berbagai keperluan dan bangunan sarana pendukung kegiatan kota lebih mendominasi dibanding ekosistem alami. Untuk menjaga keseimbangan lingkungan, kota memerlukan ruang terbuka hijau (RTH) untuk memfasilitasi kehidupan sosial manusia maupun untuk menyediakan habitat bagi kehidupan lain [12]. Kawasan ruang terbuka hijau (RTH) di Yogyakarta hanya mencakup 16% dari total luas wilayah. Rendahnya prosentasi ini salah tidak terlepas dari kondisi perkembangan dan pembangunan kota yang tergolong maju. Lebih-lebih perkembangan pariwisata di Yogyakarta yang diduga memicu konversi lahan [14]. Prosentasi luas RTH ini masih di bawah ketentuan minimum RTH di Indonesia. Menurut Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 RTH di wilayah kota paling sedikit 30 persen. RTH memiliki beberapa fungsi, yaitu ekologis, sosial, ekonomi dan estetika (arsitekural). Salah satu fungsi ekologisnya adalah sebagai habitat bagi satwa liar. Di Yogyakarta ditemukan RTH yang berfungsi sebagai habitat burung. Menurut Bura [4] di kawasan pertamanan di kompleks Candi Prambanan ditemukan 36 jenis burung. Di arboretum Fakultas Kehutanan UGM hidup koloni berbiak Cangak abu (*Ardea cinerea*) dan Kowak maling (*Nycticorax nycticorax*).

Beberapa jenis burung liar bahkan telah beradaptasi dengan lingkungan kota yang didominasi gedung/bangunan. Gedung-gedung di kota telah banyak digunakan oleh berbagai jenis burung hanya untuk tempat mencari makan, tetapi juga sebagai habitat berbiak dan berlindung. Jenis-jenis burung yang memanfaatkan berbagai jenis gedung di kota Yogyakarta untuk berbiak antara lain burung hantu (*Tyto alba*) di Candi Prambanan (*pers obs*) dan atap berbagai gedung (misal kampus UPN); gelatik jawa (*Padda oryzivora*) di Candi Prambanan [9] dan di atap Hotel di sekitar Malioboro [19]; burung gereja (*Passer montanus*), sriti (*Collocalia esculenta*), dan walet (*Collocalia fuchipaga*). Selain itu ada juga yang hanya menggunakan gedung sebagai tempat beristirahat, seperti Layang-layang asia (*Hirundo rustica*) dan Layang-layang kabel (*Hirundo tahitica*) (*pers.obs*).

2.2 Burung sebagai bioindikator

Burung merupakan vertebrata terrestrial yang paling banyak dikaji. Sebagian besar burung aktif di siang hari (diurnal) dan relatif mudah untuk diamati. Oleh karena itu pula burung sering juga digunakan sebagai indikator kondisi lingkungan. Burung Kenari, misalnya, digunakan sebagai indikator untuk mengetahui keberadaan gas-gas beracun di daerah pertambangan. Contoh lain adalah burung pemangsa (raptor) sebagai indikator tingkat polusi DDT [17].

BirdLife International, suatu lembaga konservasi burung dan habitatnya, telah mengusulkan beberapa indikator berbasis pada burung. Suatu indikator yang disebut *Common Bird Indicator* digunakan untuk mengukur kesehatan lingkungan dan habitat kunci di Negara-negara yang tergabung dalam Uni Eropa. Indikator ini berdasarkan pada data kecenderungan populasi jenis-jenis burung, hasil dari program pemantauan burung umum (*The Pan-European Common Bird Monitoring Scheme*). Indikator lain yang diusulkan BirdLife Internasional adalah pendekatan *Important Bird Area* (IBA) untuk menentukan prioritas penentuan kawasan konservasi [3] dan *Red List Index* sebagai dasar penentuan status keterancaman suatu jenis burung [3].

Suatu daerah termasuk dalam IBA jika di daerah tersebut hidup jenis burung yang terancam punah atau jenis-jenis burung yang populasinya menurun serta daerah tersebut layak untuk dikonservasi. Berdasarkan kriteria ini dunia telah diidentifikasi sekitar 7500 IBA, dan Indonesia memiliki 227 IBA yang tersebar di 24 propinsi, terbanyak di Asia Tenggara [16]. Penetapan suatu kawasan menjadi IBA tidak hanya bermanfaat bagi konservasi burung, tetapi juga bermanfaat bagi keanekaragaman hayati lainnya di kawasan tersebut.

Beberapa kajian mencoba menggunakan komunitas burung sebagai indikator kesehatan suatu ekosistem/lingkungan tertentu. Hasil penelitian di daerah Mediteranian mengindikasikan bahwa komunitas burung air bisa digunakan sebagai peringatan dini tentang dampak kegiatan manusia terhadap suatu sistem perairan [8]. Bahkan sejak tahun 1967 di Eropa telah dikembangkan indikator burung pertanian (*Farmland Bird Index*) untuk mengetahui kesehatan lahan pertanian [15].

2.3 Pendekatan *Citizen Science* dan Web 2.0

Pengelolaan kawasan memerlukan informasi tentang potensi dan permasalahan di kawasan tersebut. Permasalahannya informasi yang diperlukan tersebut sering terbatas atau bahkan tidak tersedia. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dilakukan program penelitian/survei. Keterbatasan tenaga ahli dan tenaga lapangan serta ketersediaan dana dan sarana pendukung lainnya seringkali menjadi kendala pelaksanaannya. Lebih-lebih jika program penelitian pada kawasan yang luas (seperti kota) dan program pemantauan jangka panjang. Permasalahan yang dihadapi sama yaitu bagaimana cara pengumpulan data yang efektif.

Untuk mengatasi masalah ini peneliti atau lembaga penelitian di negara maju memanfaatkan para sukarelawan yang terlatih atau ada yang menyebutnya *citizen scientists* [11][6]. Di Amerika pendekatan tersebut telah

dikerjakan pada berbagai program penelitian ekologi, misalnya keterkaitan antara makroinvertebrata dengan kesehatan sungai, dan status populasi ikan karang dan amfibi [13]. Bidang kajian yang paling banyak memanfaatkan pendekatan ini adalah penelitian burung [10].

Program pemantauan burung yang melibatkan para voluntir telah banyak dikerjakan di Amerika Utara, Eropa dan Australia. Program yang dilaksanakan di Amerika misalnya Cristmast Bird Count dan Breeding Bird Survey. Program Bird Atlas sudah dijalankan di Inggris, Negara Eropa lainnya dan Australia. Dalam skala yang lebih kecil di Indonesia telah dimulai program Sensus Burung Pantai. Beberapa pengamat dan peneliti juga sudah berpartisipasi dalam pengamatan burung migran, baik burung air (*Asean Waterbird Census* yang diorganisir oleh Wetland Internasional) dan burung raptor migran (*Raptor Watch*).

Penelitian atau program pemantauan burung dengan pendekatan ini mempunyai beberapa keuntungan. Selain mendapat bantuan dari para relawan dalam pengumpulan data, program ini juga meningkatkan partisipasi publik dalam proses ilmiah pengumpulan data yang sangat diperlukan dalam pengambilan keputusan pembangunan. Lebih jauh partisipasi tersebut menimbulkan kesadaran akan kondisi lingkungan bagi para partisipan, minimal pada daerah yang menjadi tempat pengamatannya [11].

Salah satu teknologi paling efektif dalam pengumpulan data, pengolahan data dan penyajian informasi saat ini adalah penggunaan teknologi web dan internet. Media internet sebagai media online yang dapat diakses selama 7 * 24 jam dalam seminggu merupakan alat yang paling efektif dan efisien untuk pengolahan dan diseminasi informasi. Teknologi web yang dipadukan dengan database (*Web Database*) telah banyak digunakan para ilmuwan untuk membantu mereka dalam melakukan penelitian pada *life science*. Salah satunya adalah DNA Data Bank of Japan (DDBJ) yang berlokasi di Shizuoka Prefecture di Jepang. Bank Data ini telah digunakan dalam pertukaran data dengan laboratorium biologi molekuler European Bioinformatics Institute di Eropa dan GenBank di National Centre for Biotechnology Information [20]. *National DNA Data Bank of Canada* juga menggunakan cara yang sama yaitu memanfaatkan basis data DNA untuk membantu polisi dalam menginvestigasi kejahatan melalui identifikasi DNA (<http://www.nddb-bndg.org>). Penelitian untuk pembangunan sistem informasi untuk keanekaragaman hayati berbasis kolaborasi telah dilakukan sebelumnya dan mempunyai manfaat positif bagi penggunaannya [1].

Penggunaan internet di Indonesia terus meningkat yang ditunjukkan dengan grafik yang naik secara pesat dari tahun 2001 sampai pada tahun 2009, dan telah mencapai 8.7% dari seluruh penduduk Indonesia pada tahun 2009 (Bank Dunia, Indikator pembangunan dunia). Penetrasi penggunaan smartphone dan harganya yang terus merosot menambah meningkatnya pengguna internet dan menambah keefektifan diseminasi informasi menggunakan web di Indonesia. Meningkatnya penggunaan internet di Indonesia ternyata tidak diimbangi dengan berkembangnya konten informasi dan data yang berkaitan dengan *life sciences*, padahal Indonesia dikenal dunia sebagai negara dengan kekayaan dan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia. Hal ini perlu dipicu melalui penelitian-penelitian yang kemudian dipublikasikan dan didokumentasi dalam *web database* yang dapat dimanfaatkan di waktu yang akan datang.

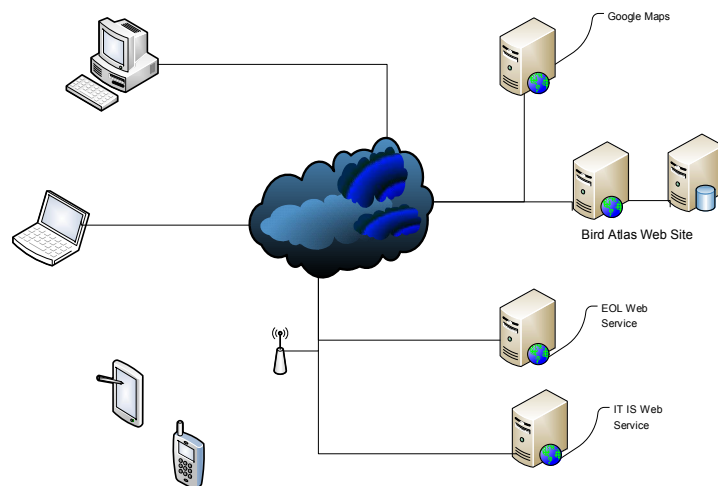
Salah satu fenomena penting penggunaan internet pada dekade ini adalah kemunculan situs jejaring sosial, aplikasi berbasis wiki, kolaboratif *software*, dan blog yang telah mampu mengubah dunia [21]. Fenomena ini banyak dikenal sebagai fenomena Web 2.0. Informasi yang pada awalnya mengalir dari, bahkan dimonopoli oleh pihak-pihak tertentu, telah berubah menjadi milik semua orang. Seseorang bebas menuliskan informasi apapun di internet dan dapat diakses oleh orang lain di seluruh dunia. Kolaborasi menjadi roh dalam fenomena Web 2.0 ini, yang kemudian dapat dimanfaatkan dalam penelitian-penelitian termasuk untuk penelitian burung kota ini. Dengan memanfaatkan konsep Web 2.0 diharapkan peran *citizen scientist* dalam penelitian-penelitian yang dilakukan dapat diakomodir dengan maksimal. Bentuk arsitektur berorientasi layanan (*Service Oriented Architecture*) juga tumbuh pada Web 2.0, arsitektur tersebut mengimplementasikan *web service* dan *Application Programming Interface* (API) yang mampu untuk berbagi layanan pada internet tanpa dibatasi oleh platform sistem operasi, perangkat keras, dan bahasa pemrograman [2].

3. PEMBANGUNAN PERANGKAT LUNAK

Prototype sistem informasi *citizen science* yang dibangun adalah BirdAtlas. BirdAtlas adalah sistem informasi yang dikembangkan untuk memberikan / mempublikasikan informasi, mencari / mendapatkan informasi, dan berbagi informasi di kalangan peneliti dan masyarakat pencinta burung. Hasil analisis kebutuhan dengan para peneliti burung dari lingkungan perguruan tinggi dan klub pencinta burung didapatkan fitur-fitur yang mengedepankan sharing informasi di antara stakeholder pencinta burung. Pengguna dari sistem informasi ini mempunyai role-role sebagai berikut: (1) *Citizen scientist* yang merupakan aktor utama dari sistem informasi ini, dimana user dengan role ini dapat mengunggah / membaca hasil observasi, memberi/membaca komentar,

menulis/membaca artikel, dan memberikan pinpoint di peta dimana observasi tentang burung dilakukan. (2) Administrator yang bertugas untuk mengelola situs BirdAtlas ini, (3) Kurator / Peneliti Senior yang akan bertugas melakukan validasi hasil observasi dari *citizen scientist*, dan (4) Masyarakat umum yang ingin mendapatkan informasi mengenai burung dan penelitian yang berkaitan dengan burung. Pengguna dengan role *citizen scientist* harus melakukan registrasi terlebih dahulu untuk meyakinkan bahwa pengguna memang benar ada dan bertanggung jawab terhadap data yang diunggahnya.

Arsitektur *deployment* sistem informasi BirdAtlas tampak pada gambar 1 dibawah. Sistem ini mempunyai server web dan basis data yang terhubung dengan jaringan internet. BirdAtlas dilengkapi dengan fitur-fitur yang berhubungan dengan informasi berbasis lokasi, dan peta/map yang menggunakan GoogleMaps. Sistem informasi juga dilengkapi dengan layanan ensiklopedia burung yang terhubung dengan server EOL(Encyclopedia Of Life) dan ITIS (Integrated Taxonomic Information System) melalui *web service*. *Sharing* layanan dengan web service ini juga merupakan fenomena Web 2.0 yang diadopsi pada penelitian ini.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Bird Atlas

Pengguna dapat berinteraksi dengan sistem menggunakan *computer desktop* dan *mobile device*, sistem telah dirancang sehingga secara responsif dapat tertampil pada browser web baik di *mobile device* maupun *desktop computer*. Salah satu fitur penting sistem informasi ini adalah pengunggahan hasil observasi *citizen scientist* untuk dibagikan kepada semua pengguna, yang tampak pada gambar 2 berikut:

Simpan Observasi

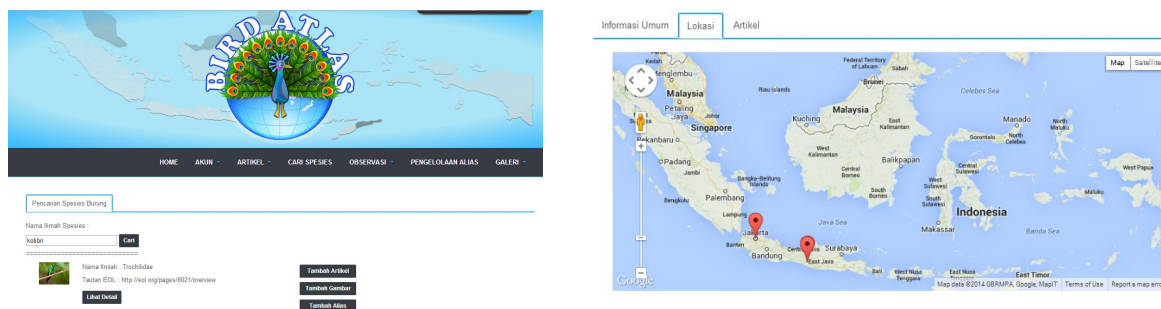
Nama Spesies	Keterangan	Jumlah	Aksi
gelatik	Permata Hijau	3	<button style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px;">Simpan</button>
kuntul	JALAN GODEAN	14	<button style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px;">Hapus</button>
kenari	surabaya	10	<button style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px;">Hapus</button>

Lokasi Sekarang

Map Satellite

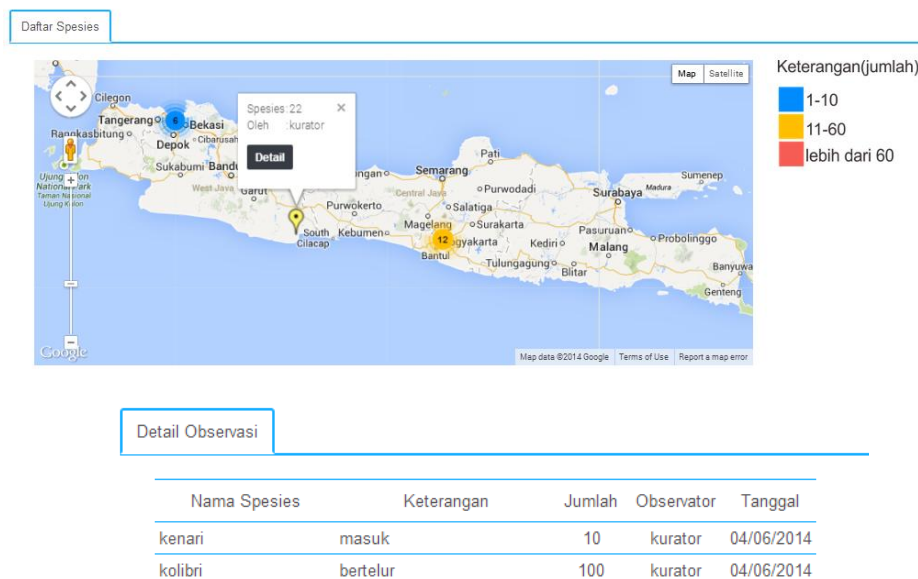
Gambar 2. Fitur Unggah hasil Observasi oleh Citizen Scientist

Fitur lainnya adalah Searching Informasi Burung, yang tampak pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Fitur Searching dan Lihat Penyebaran Burung

Fitur penting terakhir adalah, fungsi penyebaran observasi yang dilakukan yang tampak pada gambar 4 berikut. Gambar ini menunjukkan observasi yang dilakukan dan secara rinci menunjukkan hasil observasi. Hasil observasi akan berupa informasi jumlah burung yang terlacak pada saat observasi serta keterangan penting lain yang perlu disimpan dalam sistem informasi.



Gambar 4. Fitur Penyebaran Observasi

4. KESIMPULAN

Sistem Informasi *Citizen Science* untuk penyebaran burung kota telah berhasil dikembangkan. Sistem Informasi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi penelitian burung di Indonesia terutama untuk melihat penyebaran burung di daerah perkotaan. Tujuan akhir penelitian ini adalah memberikan data dan informasi yang dapat digunakan oleh masyarakat maupun penentu keputusan, seperti: keputusan konservasi, keputusan karena perubahan iklim, atau keputusan memaksimalkan manfaat keaneka-ragaman hayati burung bagi kesejahteraan masyarakat. Sistem Informasi juga akan terus dikembangkan dengan tambahan fungsionalitas *location based service* dengan mengeksplorasi kemampuan perangkat *mobile* yang ada saat ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardianto, 2011, *Pembangunan Sistem Informasi Geografis keanekaragaman hayati daerah Istimewa Yogyakarta berbasis Web*, Tugas Akhir pada program studi Teknik Informatika, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- [2] Brooks, M., 2004, *Service Oriented Architecture and Grid Computing*, The MITRE Corporation
- [3] BirdLifeBiro Pusat Statistik, 2005, *Urbanisasi di Indonesia*, Retrieved 15 Maret, 2011, from <http://www.datastatistik-indonesia.com/content/view/923/939>.
- [4] Bura, S, 2000, *Keanekaragaman jenis burung di Candi Prambanan*, *Biologi*. Yogyakarta, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- [5] DESA-UN, 2006, *World Urbanization Prospects - The 2005 Revision*, New York, United Nations.

-
- [6] Irwin, A., 1995, *Citizen science: a study of people, expertise, and sustainable development*. London:, Routledge.
 - [7] Kalnay, E. and M. Cai, 2003, *Impact of urbanization and land-use change on climate*, Nature, 23.
 - [8] Larsen, S., A. Sorace, et al., 2010, *Riparian Bird Communities as Indicators of Human Impacts Along Mediterranean Streams*, Environmental Management **45**,(2): 261-273.
 - [9] Laudisensius, F. O., T. A. Putro, et al., 2000, *Burung Gelatik Jawa (Padda oryzivora) di Yogyakarta*, Biota **V**(1): 29-34.
 - [10] Lepczyk, C. A., 2005, *Integrating published data and citizen science to describe bird diversity across a landscape*, Journal of Applied Ecology **42**: 672-677.
 - [11] McCaffrey, R. E., 2005, *Using Citizen Science in Urban Bird Studies*, Urban Habitats **3**(1): 70-86.
 - [12] BAPPENAS, 2003, *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan*, National Document.
 - [13] Pattengill-Semmens, C. V. and B. X. Semmens, 2003, *Conservation and management applications of the reef volunteer fish monitoring program*, Environmental Monitoring and Assessment **81**: 43-50.
 - [14] Pujirahayu, Y. , 2010, *Identifikasi karakteristik ruang terbuka hijau pada kota dataran rendah di Indonesia (Studi Kasus: Kota Banjarmasin, Yogyakarta, dan Medan)*, Arsitektur Lanskap, Bogor, Institut Pertanian Bogor.
 - [15] RSBP, 2011, *Farmland Bird Indecator*, Retrieved 20 April 2011, from <http://www.rspb.org.uk/ourwork/farming/advice/conservation/fbi/index.aspx>.
 - [16] Rudyanto, 1995, *Important Bird Area (IBA) dan Kegunaannya bagi Konservasi Keanekaragaman Hayati di Indonesia*, Bogor, BirdLife Indonesia Programme.
 - [17] Temple, S, 1988, *Can birds be indicators of environmental hazards?*, The Passenger Pigeon **50**(4).
 - [18] WCED, 1987, *Our Common Future_Oxford*, Oxford University Pres.
 - [19] Yuda, P., 2008, *Conservation Genetics of the Java sparrow (Padda oryzivora) and an analysis of its viability*, Marine and Tropical Biology, Cairns, James Cook University, **PhD**.
 - [20] Tateno Y, Imanishi T, Fukami-Kobayashi K, Saitou N, Sugawara H et al, (2002), *DNA Data Bank of Japan (DDBJ) for genome scale research in life science*, Nucleic Acids Res 30(1) : 27 – 30.
 - [21] Turban E., Volonino, 2010, *Information Technology for Management, Improving Performance in the Digital Economy*, 7th ed, John Wiley and Sons, Inc.