Pengembangan Informatika Kehati (Database Koleksi Spesimen Hewan) di Pusat Penelitian Biologi-LIPI [The Development of Biodiversity Informatics (Animal Specimen Collection Database) in Research Center for Biology-LIPI

Farid Rifaie & Hetty I.P. Utaminingrum

Puslit Biologi- LIPI, Jalan Raya Cibinong Km 46, Cibinong 16911, Jawa Barat. **Email**: farid.rifaie@lipi.go.id; hetty.irawati.panca.utaminingrum@lipi.go.id

Memasukkan: September 2020, Diterima: November 2020

ABSTRACT

Biological specimens stored in museums and herbariums are crucial source of data for taxonomy, ecology and biogeography studies. This data needs to be stored in a digital format and can be accessed via the internet which would enable data integration from various natural history repositories. This movement led to the emerging of a new field called Biodiversity Informatics. The Research Center for Biology-LIPI already has an application called Indonesian Biodiversity Information System (IBIS) which stores a database of animal and plant speciments. This study has an objective to upgrade the application of IBIS, especially IBIS for animal databases, by utilizing open source technologies (PHP and MySQL). The Waterfall model is used to build this web-based IBIS. The development of the web-based version of the IBIS was successfully done in 2019. The deployment stage of the application took the longest time to complete due to the old data migration. This is due to changes in the data structure of the previous version of the application. In addition, there are also changes to geographic reference data from the Central Bureau of Statistics Republic of Indonesia (BPS) and reference data taken from the Catalog of Life (CoL) and the Integrated Taxonomic Information System (ITIS).

Keywords: Biodiversity informatics, information system, specimen database.

ABSTRAK

Data spesimen biologi yang tersimpan di museum dan herbarium sumber data yang penting untuk studi taksonomi, ekologi maupun biogeografi. Data tersebut diharapkan dapat disimpan dalam format digital sehingga dapat diakses melalui jaringan internet agar dapat digabungkan dengan data lain dari berbagai repositori sejarah alam. Hal ini telah memunculkan cabang ilmu baru yang disebut sebagai Biodiversity Informatics (Informatika Kehati). Pusat Penelitian Biologi-LIPI telah memiliki aplikasi Indonesian Biodiversity Information System (IBIS) yang menyimpan basis data koleksi hewan dan tumbuhan. Penelitian ini berusaha meningkatkan aplikasi IBIS, khususnya IBIS untuk basis data hewan, dari awalnya berbasis desktop menjadi berbasis web dengan memanfaatkan teknologi bersumber terbuka (PHP dan MySQL). Model Waterfall digunakan untuk membangun aplikasi ini. Pengembangan aplikasi versi baru berbasis web ini berhasil diselesaikan pada tahun 2019, dimana tahap penerapan aplikasi membutuhkan waktu paling lama disebabkan oleh proses migrasi basis data. Hal ini disebabkan karena terjadi perubahan struktur basis data dari aplikasi versi sebelumnya yang mempengaruhi proses migrasi basis data. Selain itu terdapat pula pembaruan data referensi geografis dari Biro Pusat Statistik (BPS) dan referensi data taksonomi dari Catalogue of Life (CoL) dan Integrated Taxonomic Information System (ITIS).

Kata Kunci: Informatika biodiversitas, sistem informasi, database specimen.

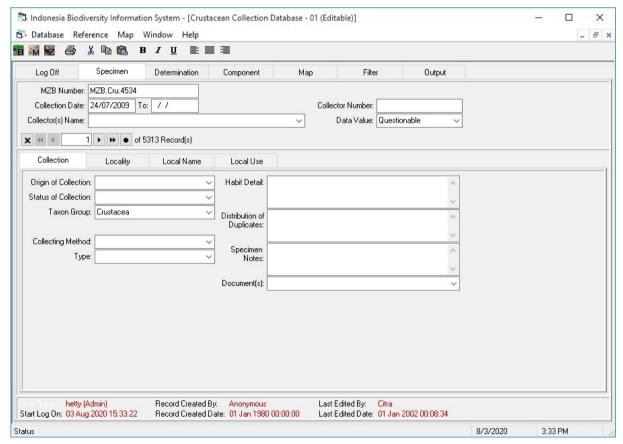
PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat global adalah semakin meningkatnya angka kehilangan keanekaragaman hayati (kehati) (Cardinale *et al.* 2012). Kawasan Asia Tenggara, khususnya Indonesia, sebagai salah satu kawasan *biodiversity hotspot* juga mengalami laju kepunahan berbagai spesies hewan dan tumbuhan

yang tinggi (Sodhi *et al.* 2010, Bickford *et al.* 2010, Wilcove & Koh 2010). Namun demikian, permasalahan terbesar yang dihadapi adalah sulitnya menghitung tingkat kepunahan yang terjadi di muka bumi ini (Stork 2010). Bahkan, para ahli meyakini bahwa banyak sekali jenis makhluk hidup yang telah punah sebelum manusia mampu mengenalinya (Webb *et al.* 2010).

Repositori sejarah alam seperti museum zoologi, herbarium, kebun raya dan lainnya memiliki peran penting karena koleksi yang ada di dalamnya menyediakan catatan jenis hewan atau tumbuhan yang pernah ada di suatu wilayah (Stork 2010). Catatan koleksi spesimen biologi masih banyak yang tersimpan dalam bentuk label spesimen atau katalog vang tersebar di berbagai museum dan herbarium di seluruh dunia. Usaha untuk melakukan digitalisasi data spesimen biologi serta penyebaran data tersebut melalui internet telah melahirkan disiplin ilmu baru yang disebut sebagai Biodiversity Informatics (Informatika Kehati) (Soberón & Peterson 2004). Istilah ini dipilih karena Bioinformatika secara luas telah dipakai untuk aplikasi genomik dan proteomik, sehingga perlu ada istilah baru untuk merujuk pada aplikasi pada level organisme (Soberón & Peterson, 2004).

Informatika Kehati dapat dideskripsikan sebagai bidang ilmu yang menerapkan sistem pengelolaan informasi untuk mengelola dan menganalisis persebaran spesies, karakteristik taksonomi dan data citra (Johnson 2007). Terdapat tiga kategori aktivitas di dalam Informatika Kehati yaitu 1) ekstraksi dan pengumpulan data, 2) Kompilasi dan pelayanan data dan 3) visualisasi dan penampilan data (Peterson et al. 2010). Digitalisasi data koleksi spesimen pengumpulan literatur digital yang berkaitan dengan nama-nama taksonomi merupakan contoh dari ekstraksi dan pengumpulan data kehati. Sementara itu kompilasi data merupakan ieiaring kegiatan membangun informasi hayati untuk membangun keanekaragaman komunitas pemilik data, antar mengelola berbagai informasi yang berbeda menyebarkannya kepada para pengguna (contoh: GBIF (Robertson et al. 2014), ITIS (Bisby et al. 2006). Sementara itu, visualisasi dan penampilan data berusaha menggabungkan informasi kehati dengan jenis data yang lain secara tabular maupun spasial menampilkannya ke dalam peta atau membangun informasi baru suatu wilayah secara komprehensif. Dengan demikian, Informatika Kehati tidak hanya berguna bagi kurator museum/herbarium yang



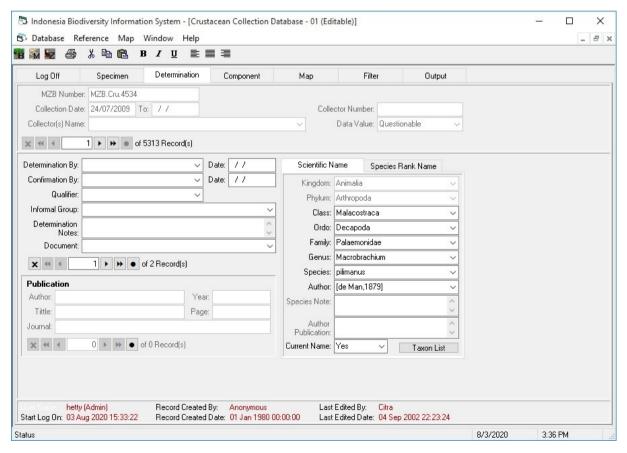
Gambar 1. Tampilan aplikasi IBIS berbasis dekstop bagian Specimen

bergelut dalam ilmu taksonomi, namun juga bagi peneliti yang mendalami biogeografi, ekologi dan evolusi (Graham *et al.* 2004).

Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sebagai pusat rujukan ilmiah keanekaragaman hayati nasional dan global telah memiliki aplikasi Informatika Kehati yang diberi nama Indonesian Biodiversity Information System (IBIS). Aplikasi ini pertama dibangun pada akhir dekade 1990-an dan terakhir diperbaharui pada tahun 2007. IBIS merupakan aplikasi yang digunakan untuk melakukan digitalisasi data koleksi spesimen hewan di Museum Zoologi Bogor (MZB) dan spesimen tumbuhan di Herbarium Bogor. Gambar 1 dan 2 menunjukkan tampilan aplikasi IBIS berbasis desktop. Sebagian data yang bersifat publik dan telah melalui tahap verifikasi keakuratan data dapat diakses melalui halaman IBIS Online (LIPI 2009).

Aplikasi IBIS pada awalnya berbasis desktop yang dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman VB6 dan database MS Access. Pengembangan aplikasi IBIS versi baru dengan menerapkan aplikasi berbasis web telah dikerjakan pada tahun 2015 untuk IBIS Botani. IBIS Botani merupakan aplikasi yang menyimpan basis data tumbuhan dari koleksi Herbarium Bogor. Aplikasi IBIS Zoologi masih menggunakan aplikasi berbasis desktop dan pengiriman data ke peladen (*server*) utama terhenti sejak 2008. Hal ini menyebabkan aplikasi ini dalam kenyataannya terpecah ke dalam enam basis data berdasar kelompok taksa dan penggabungan data dilakukan secara manual. Penelitian ini membahas secara detail pengembangan aplikasi IBIS Zoologi (aplikasi untuk basis data hewan) yang dikerjakan pada tahun 2019.

Selain aplikasi IBIS, Pusat Penelitian Biologi –LIPI juga telah mengembangkan jejaring informasi keanekar agaman hayati pada tingkat nasional. Pada awal dekade 2000-an telah dibangun sistem yang diberi nama *National Biodiversity Information Network* (NBIN) dengan 42 institusi yang terlibat sebagai simpul (node). Kegiatan tersebut saat ini telah



Gambar 2. Tampilan aplikasi IBIS berbasis dekstop bagian Determination

berkembang menjadi *Indonesia Biodiversity Information Facility* (InaBIF).

Tujuan utama dari pembaharuan terhadap aplikasi IBIS Zoologi ini adalah terbangunnya aplikasi yang mendukung proses penyebaran data melalui jejaring InaBIF maupun GBIF dapat dilaksanakan dengan lebih baik. Hal tersebut akan tercapai apabila 1) basis data yang tersimpan di enam desktop terpisah dapat diintegrasikan kembali dalam sebuah sistem basis data, 2) aplikasi berbasis desktop dapat ditingkatkan menjadi berbasis web, 3) proses input dan validasi data dapat dipercepat melalui aplikasi yang memudahkan pengguna.

BAHAN DAN CARAKERJA

Dalam pengembangan perangkat lunak, terdapat beberapa model dan metodologi yang dapat digunakan dalam satu kerangka *System Development Life Cycle* (SDLC) (Isaias and Issa, 2015). Salah satu model yang umum digunakan adalah model *Waterfall*, dimana pengembangan perangkat lunak dibagi menjadi enam tahap yang saling berurutan (Kramer 2018). Keenam langkah dalam model *waterfall* adalah:

- 1. Pengumpulan dan analisis kebutuhan dilakukan perencanaan pengembangan sistem. Semua kebutuhan dari organisasi dikumpulkan dan analisis terhadap pendekatan yang akan dilakukan serta hasil yang diharapkan mulai dikerjakan.
- 2. Pengembangan sistem dilakukan dengan membuat kebutuhan-kebutuhan yang rinci diubah menjadi desain sistem yang detail. Desain ini menunjukkan komponen-komponen kunci beserta tampilan-tampilan layout komponen yang akan dibangun.
- 3. Implementasi sistem dan koding aplikasi mulai di bangun berdasarkan dokumen-dokumen yang telah dibuat pada dua tahap sebelumnya. Pengembang aplikasi menggunakan bahasa pemrograman terpilih untuk membuat kode-kode program sehingga desain yang telah ditetapkan dapat diubah menjadi sebuah aplikasi.
- 4. Testing/Pengujian yang dilakukan sebelum aplikasi bisa diterapkan, harus melalui tahap pengujian. Tahap ini memastikan bahwa kodekode program yang dibangun dapat bekerja

- sesuai spesifikasi dan kebutuhan yang telah disusun pada dua tahap awal.
- 5. Penerapan aplikasi telah benar-benar diuji, tersebut dapat diterapkan dan dimanfaatkan oleh pengguna akhir. Pengguna akhir perlu untuk memastikan bahwa aplikasi telah sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang mereka inginkan.
- 6. Operasi dan pemeliharaan sistem merupakan tahap akhir dari pengembangan sistem. Aplikasi telah siap untuk digunakan dan pengguna kemungkinan menghadapi kendala teknis. Selain memastikan bantuan teknis untuk pengguna selalu siap, pemeliharaan terhadap aplikasi juga secara rutin dikerjakan. Apabila ditemukan kesalahan yang bersifat ringan dapat langsung dilakukan perbaikan. Gambar 3 memperlihatkan model *Waterfall* menurut Kramer (2018).

HASIL

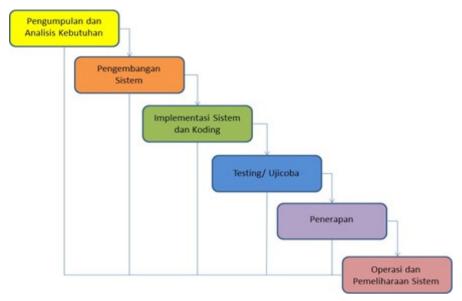
A. Pengumpulan dan Analisis Kebutuhan

Sebagian besar kebutuhan dari aplikasi IBIS berbasis web diperoleh dari analisis sistem lama yang berbasis desktop. Selain mengamati aplikasi lama dan melihat kode sumbernya, analisis dan pengumpulan kebutuhan juga dilakukan dengan mengundang narasumber yang merupakan salah satu pengembang IBIS versi 2. Pertemuan dengan pengguna akhir, yaitu para kurator Museum Zoologi Bogor, juga dua kali diselenggarakan untuk mendapatkan tambahan masukan kebutuhan.

Secara garis besar, basis data IBIS Zoologi menyimpan informasi yang berkaitan dengan data spesimen hewan beserta dengan informasi determinasi hewan dan komponen dari spesimen (metode dan lokasi penyimpanan koleksi). Selain itu, basis data ini juga menyimpan data referensi yang dipakai sebagai rujukan untuk pengisian data spesimen (*look up table dictionary*). Data referensi tersebut terdiri dari referensi geografis, referensi nama-nama ilmiah, referensi kolektor, referensi metode dan lokasi koleksi.

B. Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem dimulai dengan membuat desain sistem yang rinci berdasarkan



Gambar 3. Model Waterfall menurut Kramer

kebutuhan yang telah dirangkum pada tahap sebelumnya. Desain dari aplikasi IBIS versi baru yang berbasis web diusahakan semirip mungkin dengan versi sebelumnya. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengurangi kebingungan yang akan dialami oleh pengguna aplikasi IBIS ketika beralih ke aplikasi yang baru.

Namun demikian beberapa perubahan harus dilakukan agar aplikasi mengalami peningkatan performa dibanding versi sebelumnya. IBIS versi 2 menyimpan basis data pada masing-masing desktop, sebelum data dikirim ke server. Oleh karena itu, semua tabel yang memiliki primary key akan diberi kolom ID dalam bentuk kode alfanumerik. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghindari kemungkinan adanya dua atau lebih *record* memiliki ID yang sama karena dientri dari desktop yang berbeda.

Pada aplikasi berbasis web, data yang dientri dari peramban web akan langsung tersimpan ke peladen, sehingga kemungkinan terjadinya duplikasi ID dapat dihindarkan. Oleh karena itu data lama perlu diubah ID-nya mengikuti sistem yang baru yaitu angka yang naik secara otomatis (auto increment). Normalisasi basis data juga dilakukan pada aplikasi baru dengan cara memisahkan data kolektor pada tabel spesimen ke dalam tabel yang baru. Kesalahan-kesalahan yang sering ditemukan dalam aplikasi lama diminimalisasi dengan mengganti form isian yang bersifat text bebas (free text) menjadi formulir pencarian dengan menu drop down. Selain itu, data referensi administrasi dan taksonomi diperbaharui dengan data acuan yang lebih baru. Relasi perancangan konseptual dari aplikasi IBIS dapat dilihat pada gambar 4.

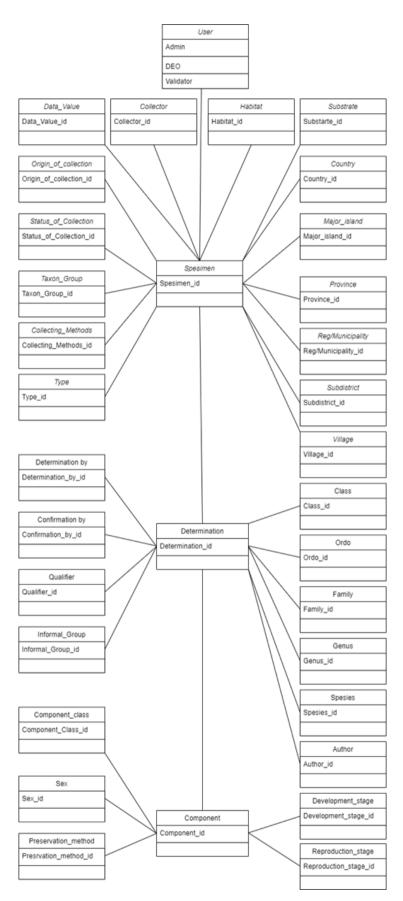
Pengembangan aplikasi berbasis web ini direncanakan dilaksanakan dalam dua tahap. Oleh karena itu pada tahap pertama ini fitur web GIS dan pemfilteran tingkat lanjut (advanced filtering) belum dimasukkan ke dalam sistem.

C. Implementasi Sistem dan Koding

Terdapat beragam pilihan bahasa pemrograman dan aplikasi *relational database management system* (RDBMS) yang bisa dimanfaatkan untuk mengembangkan aplikasi berbasis web. Penelitian ini memanfaatkan bahasa pemrograman PHP dan MySQL untuk mengelola basis data. Perhitungan utama pemilihan PHP dan MySQL adalah popularitas bahasa pemrograman bersumber terbuka tersebut di Indonesia. Hal ini akan mempermudah pencarian dukungan dan *tutorial* baik selama pembangunan aplikasi maupun ketika aplikasi sudah beroperasi dan dilakukan pemeliharaan secara rutin.

D. Testing/Pengujian

Aplikasi yang berhasil dikembangkan harus melalui tahap pengujian untuk menghilangkan sebagian besar kesalahan yang masih tersisa. Pengujian dilakukan oleh sekitar tiga pegawai yang memiliki peran sebagai *data entry operator*



Gambar 4. Relasi perancangan konseptual aplikasi IBIS

(DEO) dan dua peneliti yang diberi akses sebagai admin. Dari pengujian tersebut ditemukan beberapa kekurangan yang harus diperbaiki, antara lain:

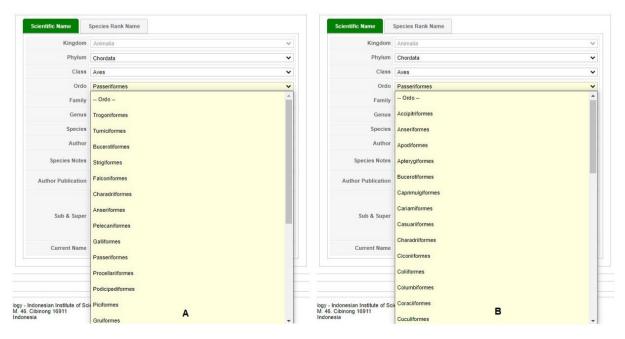
- Pada form Data Value, pengguna dengan peran sebagai DEO bisa mengubah nilai data menjadi Accurate dan Valid. Seharusnya seorang DEO hanya bisa memasukkan dan mengedit data dengan Data Value bernilai Questionable.
- Form koordinat (longitud dan latitud) serta altitud pada data Locality tidak berfungsi dengan baik dan apabila tidak diisi, di basis data akan tersimpan dengan nilai 0,00.
- Pada form pemilihan nama-nama ilmiah yang merupakan combobox bertingkat, daftar nama-nama takson yang bisa dipilih tidak diurutkan berdasarkan abjad. Hal ini sering membingungkan pengguna dan kadang mengira bahwa nama takson yang ingin dipilih belum ada di data referensi. Gambar 5 menunjukkan combobox yang diurutkan berdasarkan ID dan huruf depan.
- Fungsi *filter* berdasarkan nama *species*, *genus* dan *family* belum disediakan.
- Form batas administrasi wilayah yang merupakan combobox bertingkat nama-nama wilayah administrasi dari Provinsi hingga desa berubah

nilainya ketika dilakukan pengeditan data spesimen.

E. Penerapan

Aplikasi IBIS yang telah selesai diperbaiki dari kesalahan-kesalahan yang ditemukan, tidak bisa langsung diterapkan atau di-deploy ke peladen. Hal ini disebabkan oleh perbedaan struktur basis data yang ada pada versi lama dengan yang baru. Proses migrasi basis data dari MS Access ke MySQL selesai dilaksanakan pada akhir tahun 2019.

Selain perbedaan struktur basis data, dilakukan pula perubahan data referensi administrasi dan referensi taksonomi. Data referensi administrasi dari BPS yang ada di aplikasi lama masih menggunakan administrasi lama dimana Indonesia masih terdiri dari 27 Provinsi. Sementara itu, referensi taksonomi vang dibangun sendiri memiliki beberapa kelemahan. Banyak sekali nama-nama ilmiah yang ternyata mengalami kesalahan ketik, adanya duplikasi data dan kesalahan tingkat takson (mis: data pada tingkat genus diisi dengan nama pada tingkat sub-genus). Untuk itu diperlukan data acuan yang lebih lengkap dan akurat sebagai referensi namanama ilmiah. Catalogue of Life (CoL) dan Integrated Taxonomic Information System



Gambar 5. Combobox nama-nama ilmiah yang diurutkan berdasarkan ID (A) dan Huruf depan (B)

(ITIS) merupakan dua organisasi global yang secara berkelanjutan memperbaharui daftar nama-nama spesies yang ada di dunia.

Migrasi data administrasi lama menjadi data wilayah Indonesia terbaru dari BPS dilakukan dengan menelusuri setiap pemekaran yang terjadi dari level Provinsi hingga Kecamatan. Hal ini dilakukan dengan membandingkan kode dan nama wilayah yang dari data lama dan baru. Penelusuran dimulai dari level provinsi, setiap ada provinsi baru hasil pemekaran, maka kabupaten/kota hingga desa/kelurahan yang ikut ke provinsi hasil pemekaran akan diubah kodenya. Proses tersebut dilanjutkan untuk menelusuri kabupaten/kota hingga kecamatan yang mengalami pemekaran tapi wilayah administrasi di atasnya tidak mengalami pemekaran.

Sementara itu, migrasi referensi namanama taksonomi hanya berdasarkan pada nama ilmiah yang ada di data acuan lama dengan data acuan dari ITIS dan CoL . Hal ini menyebabkan banyak nama dari referensi lama yang tidak ditemukan pada referensi baru karena salah ketik maupun salah tingkatan taksonnya. Untuk referensi lama yang mengalami salah ketik, penelusuran nama yang benar pada referensi baru cukup mudah dilakukan karena umumnya hanya ada perbedaan satu atau dua huruf saja.

Namun untuk nama takson yang tidak sesuai dengan tingkatannya harus dilakukan dua kali pengecekan. Pertama, dilakukan penelusuran pada tingkat takson yang mana nama ilmiah dari data lama tersebut. Misalnya pada level *genus* ternyata nama yang dimasukkan merupakan nama ilmiah pada level *sub genus*, *super genus* atau *infra genus*. Selanjutnya, dilakukan penelusuran nama ilmiah yang benar sesuai dengan tingkatan takson yang semestinya. Pemasangan aplikasi ke peladen dilakukan setelah semua tahap migrasi data lama tersebut selesai dilakukan.

F. Operasi dan Pemeliharaan Sistem

Tahap ini diawali dengan dilaksanakannya kegiatan sosialisasi dan bimbingan teknis. Kegiatan tersebut diadakan agar seluruh pengguna dapat memahami dengan baik cara menggunakan aplikasi IBIS versi baru ini. Bantuan teknis juga diberikan kepada pengguna yang membutuhkan. Sebagian besar permintaan bantuan adalah

bimbingan lebih rinci penambahan referensi nama ilmiah baru apabila nama tersebut belum ada di database ITIS dan CoL.

Tambahan dua modul juga diminta oleh pengguna aplikasi pada tahap ini. Modul pertama adalah modul dashboard untuk memberikan gambaran singkat tentang proses input dan pengeditan data melalui tampilan visual. Modul kedua yang ditambahkan pada aplikasi IBIS adalah fasilitas import dan eksport data melalui file spreadsheet (Excel). Hal ini akan mempercepat proses input karena bisa mengurangi pengulangan data yang sama dari puluhan hingga ratusan record yang berbeda. Proses pencatatan spesimen ke dalam katalog juga dapat dilewati di masa mendatang.

PEMBAHASAN

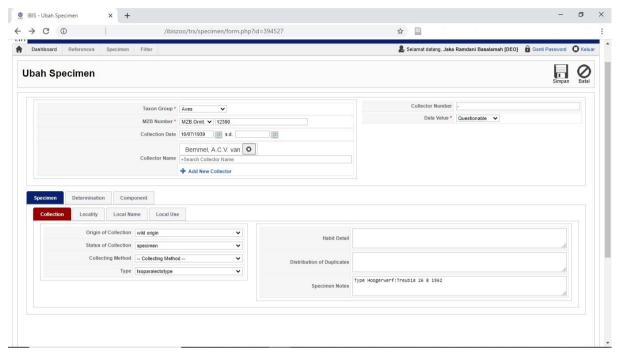
Aplikasi IBIS versi 3 yang berbasis web ini telah berhasil menggabungkan data dari seluruh kelompok taksa yang ada di Museum Zoologi Bogor, Pusat Penelitian Biologi LIPI. Keuntungan utama dari hal ini adalah pemantauan perkembangan digitalisasi data koleksi spesimen di Museum Zoologi menjadi lebih mudah. Input data harian oleh DEO dapat diketahui jumlahnya secara *real time*. Akumulasi penambahan *record* dalam satu bulan ataupun satu tahun dapat ditampilkan dalam tampilan *dashboard* dengan mudah.

Kesalahan-kesalahan yang sering muncul akibat input data dalam format teks bebas (*free text*) diminimalisasi dengan menggunakan menu *drop down*. Pencarian dan pengeditan data juga dapat dilakukan dengan lebih mudah karena aplikasi dapat diakses dari mana saja melalui jaringan internet. Tampilan aplikasi IBIS Zoologi berbasis web ini dapat dilihat pada gambar 6-8.

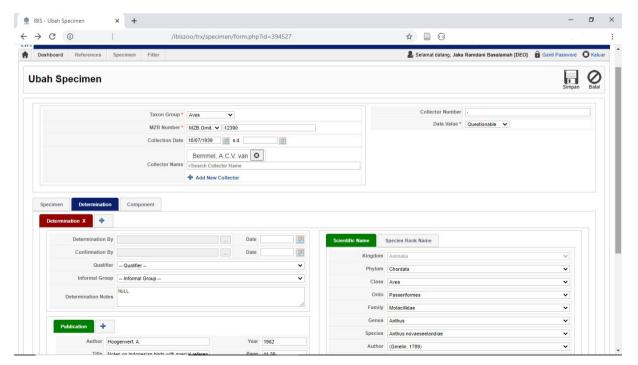
Aplikasi IBIS Zoologi berbasis web yang telah beroperasi ini merupakan satu langkah penting untuk mewujudkan Informatika Kehati yang memiliki interoperabilitas yang baik di Indonesia. Masih terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi untuk mewujudkan Informatika Kehati di Indonesia dengan tingkat operabilitas yang tinggi. Pengembangan aplikasi IBIS ini masih harus diteruskan dengan penambahan fitur web GIS dan pemfilteran tingkat lanjut. Selain itu, adopsi teknologi

Application Programming Interface (API) sudah menjadi kebutuhan yang mendesak. Hal tersebut akan sangat berguna untuk mempercepat proses berbagi data antar aplikasi Informatika Kehati maupun dengan portal jejaring data kehati. Keberadaan referensi nama-nama ilmiah di tingkat nasional juga harus segera diwujudkan.

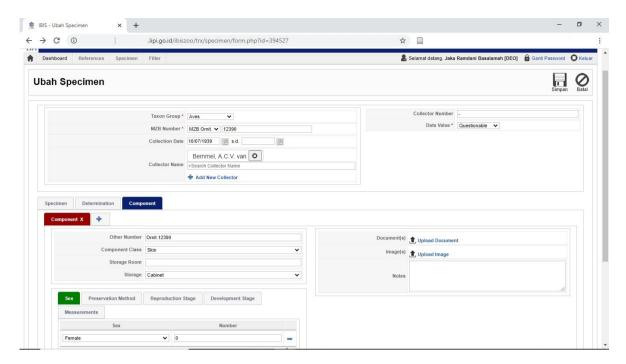
Selain akan mempermudah pengembangan aplikasi Informatika Kehati di berbagai instansi, referensi taksonomi tingkat nasional juga akan mampu mengungkapkan jumlah dan rincian spesies di Indonesia yang telah teridentifikasi keberadaannya.



Gambar 6. Tampilan aplikasi IBIS berbasis web bagian Specimen



Gambar 7. Tampilan aplikasi IBIS berbasis web bagian Determination



Gambar 8. Tampilan aplikasi IBIS berbasis web bagian Component

Pengembangan Informatika Kehati di Pusat Penelitian Biologi-LIPI telah berjalan lebih dari 20 tahun. Namun demikian perkembangan aplikasi IBIS serta jejaring informasi kehati seperti NBIN dan InaBIF berjalan dengan lambat. Oleh karena itu beroperasinya aplikasi IBIS berbasis web yang merupakan upgrade dari versi sebelumnya merupakan langkah awal dalam percepatan pengembangan Informatika Kehati di LIPI. Langkah ini harus terus dilanjutkan dengan menambahkan beberapa fitur tambahan agar data lebih mudah ditemukan kembali dan disebarkan melalui jejaring informasi kehati.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Dr. Cahyo Rahmadi selaku Kepala Bidang Zoologi dan Prof. Dr. Ibnu Maryanto sebagai KSK GTI yang telah membantu memberikan dana untuk mensupport kegiatan migrasi database dalam rangka pengembangan Database IBIS yang baru, dan Juga teman-teman IT (M. Ridwan, M. Rasyidi, Medi S., Yosman, M. Ruslan, Yulia dan Endah M. yang telah membantu dalam proses migrasi database specimen IBIS.

DAFTAR PUSTAKA

Bickford, D., SD. Howard, DJJ. Ng, & JA. Sheridan. 2010. Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. Biodiversity and Conservation 19:1043 –1062

Bisby, FA., MA. Ruggerio, KL. Wilson, M. Cachuela-Palacio, SW. Kimani, Y. Roskov, A. Soulier-Perkins, & J. van Hertum. 2006. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, Annual Checklist. Species 2000/ITIS.

Cardinale, BJ., JE. Duffy, A. Gonzalez, DU. Hooper, C. Perrings, P. Venail, A. Narwani, GM. Mace, D. Tilman, DA. Wardle, & AP. Kinzig. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486:59–67.

Graham, CH., S. Ferrier, F. Huettman, C. Moritz, & AT. Peterson. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. Trends in ecology & evolution 19:497–503.

Isaias, P., & T. Issa. 2015. High level models and methodologies for information systems. *In*.: Springer.

Johnson, NF. 2007. Biodiversity informatics. *Annual review of entomology* 52.

Kramer, M. 2018. Best Practices In Systems Development Lifecycle: An Analyses

- Based On The Waterfall Model. *Review of Business & Finance Studies* 9:77–84.
- LIPI. 2009. Indonesian Biodiversity Information System (IBIS) online. *Indonesian Biodiversity Information System (IBIS) online*. [Online.] Available at www.ibis.biologi.lipi.go.id.
- Peterson, AT., S. Knapp, R. Guralnick, J. Soberón, & MT. Holder. 2010. The big questions for biodiversity informatics. *Systematics and Biodiversity* 8:159–168.
- Robertson, T., M. Döring, R. Guralnick, D. Bloom, J. Wieczorek, K. Braak, J. Otegui,

- L. Russell, & P. Desmet. 2014. The GBIF integrated publishing toolkit: facilitating the efficient publishing of biodiversity data on the internet. *PloS one* 9:e102623.
- Soberón, J., & T. Peterson. 2004. Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data. Philosophical Transactions of the *Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 359:689–698.