
PENGEMBANGAN PETA JALAN INFORMATIKA KEHATI DI ORGANISASI RISET HAYATI DAN LINGKUNGAN – BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL (BRIN)

Farid Rifaie^{1,2*}, Sjaeful Afandi³, Hetty IP Utamingrum^{1,4}, Uus Khusni⁴, Endah Mardiyani⁴

¹ Museum Zoologicum Bogorinense (MZB), Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta-Bogor KM. 46, Cibinong, Bogor, 16911

² Pusat Riset Geospasial, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta-Bogor, Cibinong, Bogor, 16911

³ Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jalan M.H Thamrin Nomor 8, Jakarta Pusat 10340

⁴ Pusat Data dan Informasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jalan M.H Thamrin Nomor 8, Jakarta Pusat 10340

*e-mail korespondensi:
farid.rifaie@brin.go.id

Abstrak. *Informatika kehati telah dikembangkan selama lebih dari 30 tahun di Pusat Penelitian Biologi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Namun demikian, cita-cita untuk mendigitalisasi seluruh data spesimen biologi serta menyebarkannya ke jejaring informasi kehati masih belum sepenuhnya tercapai. Pengembangan informasi kehati di Pusat Penelitian Biologi belum mampu mengikuti kebutuhan sistem dan perkembangan teknologi yang terus berkembang. Belajar dari pengalaman selama tiga dekade tersebut, peta jalan pengembangan informatika kehati harus dibangun dengan memperhatikan keberhasilan yang telah dicapai dan meninggalkan kesalahan-kesalahan yang ada di masa lalu. Peta jalan informatika kehati tersebut dibuat sebagai acuan pengembangan sistem selama empat tahun kedepan. Pengembangan informatika kehati ini melibatkan seluruh pemangku kepentingan yang tergabung ke dalam kelompok kerja yang sesuai dengan keahliannya. Setiap langkah dari pengembangan aplikasi basis data dikerjakan oleh salah satu kelompok kerja dan diawasi oleh kelompok kerja kebijakan mobilisasi data. Selain aplikasi basis data spesimen biologi, pengembangan informasi kehati ini juga merumuskan pengembangan basis data referensi taksonomi dan data warehouse sebagai pangkalan data untuk berbagi data kehati. Seluruh rangkaian prosedur kerja pengembangan informatika kehati juga dituangkan ke dalam berbagai dokumen yang mudah dipahami oleh pihak-pihak yang terlibat maupun tidak terlibat dalam pengembangan informatika kehati ini. Peta jalan informatika kehati ini diharapkan akan menjadi patokan dalam pengembangan selanjutnya di masa depan, sehingga dapat terus berjalan secara berkesinambungan sesuai dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan sistem.*

Kata kunci: *biodiversitas, basis data, informatika kehati, spesimen biologi*

Abstract. *Biodiversity informatics has been developed for more than 30 years at the Research Center for Biology – Indonesian Institute of Sciences. However, the goal of digitizing all*

biological specimen data and distributing it to a biodiversity information network has not been achieved. The development of Biodiversity information at the Research Center for Biology was struggled to keep up with the system requirements and rapid technological advancements. Learning from these three decades of experience, a roadmap for the development of biodiversity informatics must be built by taking into account the successes that have been achieved and dismiss all past mistakes. The biodiversity informatics roadmap was made as a reference for system development for the next four years. The development of biodiversity informatics involves all stakeholders who were incorporated into working groups according to their expertise. Each step of database application development is carried out by one of the working groups and supervised by the data mobilization policy working group. In addition to the application of the biological specimen database, the development of this biodiversity informatics also formulates the development of a national taxonomic reference database and a data warehouse as a sharing platform of Indonesian biodiversity data. The whole set of working procedures for the development of biodiversity informatics will be recorded in various documents that are easily understood by parties involved or not involved in the development of biodiversity informatics. It is hoped that this road map for biodiversity informatics will become a benchmark for the future development, so that it can continue to run sustainably in accordance with technological advancements and system requirements.

Keywords: *biodiversity, biodiversity informatics, biological specimens*

PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati (kehati) di Indonesia telah menjadi perhatian berbagai lembaga internasional. *Conservation International* (CI) menempatkan Indonesia sebagai salah satu dari 17 negara “*megadiverse*”. *World Wildlife Fund* (WWF) juga melihat pentingnya kehati Indonesia dengan menempatkan 18 ekoregion di Indonesia ke dalam “*Global 200 ecoregions*” (Olson & Dinerstein, 2002). Selain itu dua wilayah di Indonesia, yaitu *Sundaland* dan *Wallacea*, dimasukkan ke dalam 25 wilayah *biodiversity hotspot*

yang ada di dunia (Mittermeier, 1997; Myers *et al.*, 2000). *Biodiversity hotspot* merupakan wilayah dengan konsentrasi spesies endemik yang tinggi namun memiliki tingkat kehilangan habitat yang mengkhawatirkan (Myers *et al.*, 2000). Sebagian besar habitat yang rusak tersebut disebabkan oleh konversi lahan hutan menjadi perkebunan kelapa sawit (23%), lahan pertanian rakyat (15%), perkebunan kayu (14%), dan penggunaan lahan lainnya (Austin *et al.*, 2019).

Tingginya laju perubahan lahan hutan menjadi lahan produktif tersebut tentu

sangat mengancam beragam jenis hewan dan tumbuhan menuju jurang kepunahan. Namun demikian, perhitungan jumlah hewan dan tumbuhan yang terancam punah sangat sulit dilakukan. Data dasar yang menjadi landasan perhitungan tingkat kepunahan spesies yaitu jumlah seluruh spesies yang ada di bumi dan bagaimana distribusinya belum diketahui dengan pasti (Stork, 2010). Hingga saat ini baru terdeskripsi sekitar 1,2 juta spesies dari perkiraan 8,7 juta spesies yang hidup di bumi (Mora *et al.*, 2011).

Permasalahan utama yang dihadapi adalah bagaimana data dari koleksi spesimen biologi yang disimpan oleh berbagai institusi di dunia dapat disatukan sehingga mampu menjabarkan seberapa besar keragaman, kekhasan dan kompleksitas makhluk hidup di bumi (Hardisty & Roberts, 2013). Hal inilah yang telah mendorong tumbuhnya disiplin ilmu baru yaitu informatika kehati (*Biodiversity informatics*). Informatika kehati berusaha memanfaatkan teknologi informasi untuk pengelolaan, analisis dan interpretasi data primer pada tingkat spesies (Soberón & Peterson, 2004). Sebagai sebuah disiplin ilmu yang masih baru, informatika kehati masih menghadapi tantangan terbesarnya yaitu mengembangkan infrastruktur yang memungkinkan seluruh data yang ada bisa terkumpul ke dalam lingkungan pemodelan yang terkoordinasi (Hardisty & Roberts, 2013). Pengembangan infrastruktur informatika kehati dengan fokus utama pada data telah melahirkan tiga aktivitas utama yaitu digitalisasi, agregasi dan visualisasi data (Peterson *et al.*, 2010).

Pengembangan informatika kehati juga sudah dirintis sejak tahun 1990-an di Indonesia. Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) telah membangun aplikasi basis data spesimen herbarium dan museum zoologi sejak tahun 1994. Aplikasi tersebut dibangun dengan menggunakan basis data dBase III dan diberi nama *Indonesian Biodiversity Information System* (IBIS). Versi kedua dari aplikasi tersebut dikembangkan pada tahun 1997 dengan menggunakan basis data MS Access. Pada tahun 2008, sebagian data herbarium dan spesimen zoologi yang telah divalidasi disebarluaskan secara daring melalui portal IBIS *online* yang dapat diakses melalui situs <http://ibis.biologi.lipi.go.id> (Gambar 1). Pada tahun 2014, aplikasi basis data koleksi mikrob Indonesia (InaCC) berhasil diluncurkan (<http://inacc.biologi.lipi.go.id/>). Saat ini aplikasi IBIS (versi 3) dan InaCC merupakan aplikasi berbasis web dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP/MySQL (Rifaie & Utaminigrum, 2020).

Pengembangan tersebut dilanjutkan dengan usaha untuk membangun jaringan informasi kehati yang diberi nama *National Biodiversity Information Network* (NBIN) pada tahun 2000 hingga 2006. NBIN berusaha melakukan agregasi informasi kehati dari berbagai pemangku kepentingan di Indonesia (42 simpul). Sejak tahun 2012, kegiatan ini dilanjutkan dengan program *Indonesian Biodiversity Information Facility* (InaBIF).



Gambar 1. Tampilan muka situs IBIS online

Meskipun demikian, cita-cita terwujudnya jejaring informasi kehati di Indonesia masih belum sepenuhnya terwujud. Pusat Penelitian Biologi masih bekerja keras untuk menyelesaikan digitalisasi koleksi spesimen biologi. Selama ini, pengembangan beberapa aplikasi basis data bersifat parsial, tiga aplikasi basis data di Puslit Biologi dikembangkan oleh tiga pihak yang berbeda, pada waktu dan dengan sistem yang berbeda-beda pula. Selain itu, adanya kekhawatiran sebagian pihak terhadap status konservasi kehati Indonesia apabila data spesimen biologi disebar secara luas juga turut menghambat pengembangan sistem secara berkelanjutan. Akibatnya, proses validasi data juga menjadi terbengkalai karena fokus kegiatan informatika kehati masih terpusat kepada pengelolaan sistem yang ada serta digitalisasi data.

Seiring dengan terintegrasinya LIPI ke dalam Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), maka saat ini pengembangan informatika kehati berada di bawah koordinasi Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan (ORHL). Pembenahan sistem informatika kehati di ORHL-BRIN secara terintegrasi telah menjadi salah satu fokus utama program kerja lembaga ini. Pengembangan sistem informatika kehati yang baru ini diawali dengan pembuatan peta jalan informatika kehati sehingga program ini memiliki arah yang jelas. Peta jalan ini tidak hanya berguna untuk pengembangan informatika kehati pada saat ini, namun juga sebagai landasan untuk pengembangan selanjutnya di masa yang akan datang.

BAHAN DAN METODE

Pengembangan informatika kehati di ORHL-BRIN merupakan perbaikan dari kegiatan sebelumnya yang bersifat parsial dan melibatkan sebagian kecil dari pemangku kepentingan. Pengembangan tersebut diawali dengan dibuatnya peta jalan informatika kehati yang akan dilaksanakan selama empat tahun kedepan.

Pembuatan peta jalan yang integral ini diawali dengan perencanaan pengembangan sistem dengan jalan mengumpulkan dan melakukan analisis kebutuhan sistem. Pengumpulan kebutuhan dari organisasi dilakukan dengan mengadakan serangkaian *focus group discussion* (FGD) dan wawancara dengan para pemangku kepentingan. Dari daftar kebutuhan itu kemudian dilakukan analisis untuk menentukan pendekatan yang akan dilakukan serta hasil yang diharapkan.

Seluruh pemangku kepentingan yang terlibat dikelompokkan ke dalam empat kelompok kerja (pokja) sesuai dengan keahliannya masing-masing. Empat kelompok kerja tersebut adalah:

1. Pengolahan citra
2. Proses bisnis
3. Aplikasi, *data warehouse*, dan migrasi data
4. Kebijakan mobilisasi data

Pokja Pengolahan citra dibentuk karena adanya kebutuhan yang mendesak untuk melakukan digitalisasi seluruh spesimen biologi. Proses pengambilan foto digital berbagai jenis spesimen biologi memerlukan jenis alat perekam yang berbeda-beda. Selain pengadaan alat, tim ini juga harus menyiapkan dan melatih petugas digitalisasi spesimen, mengatur besar file gambar, penyimpanan foto dan penjadwalan pengambilan foto.

Seluruh proses pengembangan aplikasi dikerjakan oleh pokja proses bisnis dan pokja aplikasi. Tim proses bisnis bertugas mengumpulkan dan menganalisis seluruh kebutuhan dari pengguna. Kebutuhan-kebutuhan sistem kemudian dianalisis secara rinci dan diterjemahkan ke dalam desain sistem yang detail. Komponen-komponen kunci dari aplikasi dan rancangan tampilan program dituangkan ke dalam beberapa dokumen seperti *unified modeling language* (UML), *data flow diagram* (DFD), *entity relationship diagram* (ERD), struktur data, dan tampilan program (Aleryani, 2016; Fowler, 2004; Li & Chen, 2009).

Tugas utama pokja aplikasi adalah menerjemahkan seluruh dokumen yang telah dibuat oleh pokja proses bisnis ke dalam sebuah sistem aplikasi. Dalam menjalankan tugasnya, tim aplikasi menentukan bahasa pemrograman dan sistem basis data yang digunakan. Selain itu, pokja ini juga bertugas melakukan migrasi data dari aplikasi versi sebelumnya ke sistem basis data terbaru.

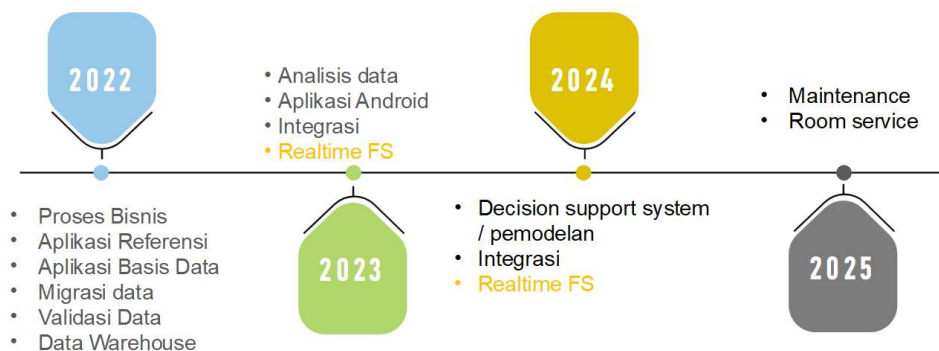
Pokja kebijakan bekerja dengan memberi masukan dan mengawasi seluruh kegiatan dari pokja lainnya. Setiap langkah dari proses pengembangan aplikasi dimulai dengan diskusi dan konsultasi antara tim pelaksana dengan pokja kebijakan. Hasil dari setiap proses juga akan dievaluasi oleh pokja ini untuk memastikan kesesuaian hasil dengan kebutuhan yang telah ditetapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi permasalahan informatika kehati di ORHL-BRIN selama FGD dan wawancara dengan stakeholder menunjukkan tidak adanya cetak biru pengembangan sistem baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Oleh

karena itu, pengembangan peta jalan informatika kehati menjadi langkah awal untuk menata ulang sistem informasi kehati dalam jangka waktu empat tahun kedepan (Gambar 2). Tahun pertama merupakan langkah yang paling penting karena berhubungan dengan pengembangan sistem basis data yang terintegrasi hingga pengembangan sistem *data warehouse*. Langkah ini merupakan kunci dari keberhasilan digitalisasi dan agregasi data kehati ke dalam sebuah jejaring informasi kehati yang dapat diandalkan. Dalam beberapa kali FGD, rincian pekerjaan pada tahun pertama masih menjadi pusat perhatian dalam diskusi.

Secara umum, di tahun pertama terdapat dua hal yang harus diselesaikan yaitu infrastruktur basis data dan pengelolaan data. Infrastruktur basis data harus dibangun secara sistematis dengan diawali dengan menuangkan proses bisnis yang sudah berjalan selama ini ke dalam beberapa dokumen (UML, DFD, dan ERD). Dokumen-dokumen tersebut harus menggambarkan secara rinci seluruh proses pengelolan spesimen biologi, jenis-jenis data yang perlu disimpan ke dalam basis data, proses entri data, akurasi dan validasi data, hingga pelaporan dan penyediaan data statistik.



Gambar 2. Peta jalan informatika kehati ORHL-BRIN 2022-2025

Dokumen-dokumen proses bisnis tersebut kemudian dijadikan dasar untuk pengembangan aplikasi. Pengembangan aplikasi basis data spesimen biologi harus memperhatikan adanya keseragaman modul-modul utama yang tersedia di beberapa aplikasi yang berbeda. Saat ini, aplikasi basis data IBIS Botani, IBIS Zoologi dan InaCC memiliki banyak perbedaan karena *framework* yang digunakan tidak sama dan beberapa modul ada yang belum terakomodasi di dalam setiap aplikasi. Modul pencarian lanjut dan pemetaan lokasi

koleksi spesimen tidak tersedia dengan sempurna pada setiap aplikasi dan modul dashboard hanya tersedia di IBIS Zoologi. Menyatukan tiga aplikasi yang berbeda-beda menjadi sebuah aplikasi yang besar tentu akan menjadi pekerjaan yang sulit untuk diwujudkan. Namun penerapan sebuah rancangan induk dan kerangka kerja yang sama mutlak diperlukan karena ketiga aplikasi memiliki banyak kemiripan. Hal tersebut tidak hanya memudahkan dalam proses pemeliharaan aplikasi, namun juga meringankan pekerjaan pencarian dan

pemecahan masalah ketika terjadi kerusakan sistem.

Model aplikasi basis data yang memiliki banyak kemiripan juga akan mempermudah penggabungan data spesimen biologi yang berbeda-beda ke dalam sebuah *data warehouse*. *Data warehouse* ini merupakan pangkalan data keanekaragaman hayati dari beragam institusi. Berbagai lembaga dari luar lingkungan BRIN seperti kementerian, universitas, lembaga swadaya masyarakat dan pihak lain yang bersedia bergabung ke jejaring data kehati dapat berbagi data kehati mereka di pangkalan data ini. Oleh karena itu, implementasi standar data kehati yang berlaku secara global seperti Darwin Core (Wieczorek *et al.*, 2012) juga menjadi perhatian utama seluruh anggota pokja kebijakan. Data yang telah dibagi di pangkalan data ini juga harus bisa terhubung dengan pangkalan data kehati pada tingkat internasional seperti *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF).

Pokja kebijakan juga memandang pentingnya pengembangan aplikasi referensi taksonomi yang terpisah dari aplikasi basis data spesimen. Selama ini, referensi nama-nama taksonomi terintegrasi di dalam masing-masing aplikasi basis data. Referensi tersebut pada umumnya dibangun berdasar pada data referensi taksonomi internasional seperti Catalogue of Life, ITIS, Flora Malesiana, POWO, Worms, atau referensi lainnya (Cachueta-Palacio, 2006; Govaerts, 2018; Ower & Roskov, 2019). Penambahan jenis-jenis baru dan revisi terhadap nama-nama taksa ke dalam data referensi yang ada di aplikasi basis data dilakukan oleh *data entry operator* (DEO) sehingga sering terjadi kesalahan baik berupa kesalahan ejaan maupun kesalahan urutan tata nama.

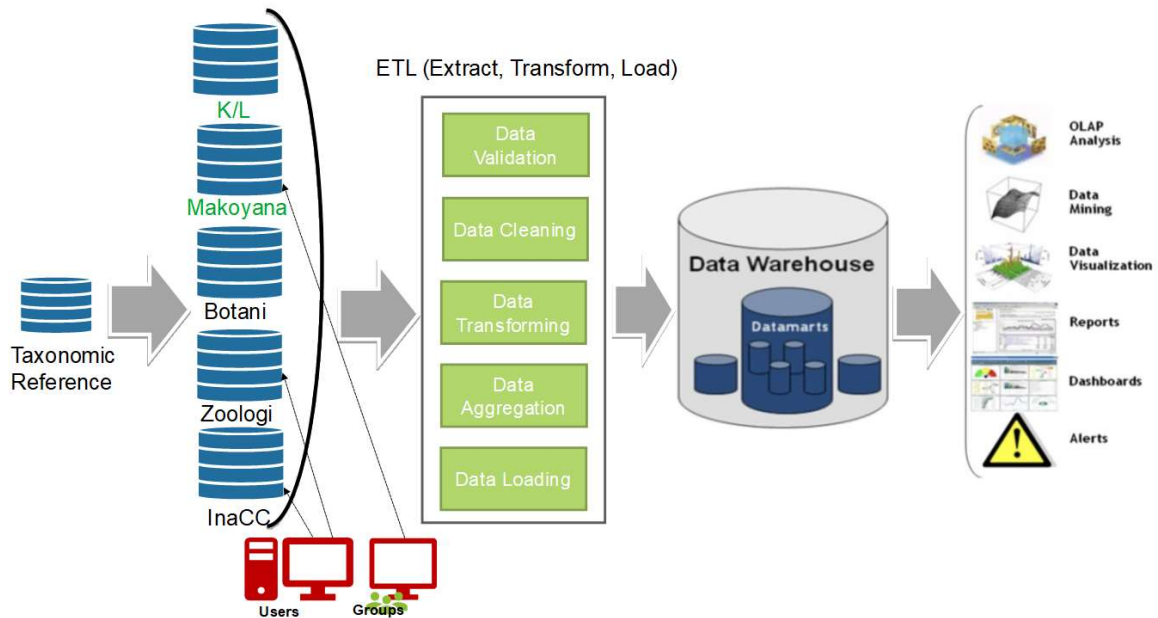
Pembaharuan terhadap nama-nama yang telah mengalami revisi juga sering terbengkalai sehingga banyak spesimen tua yang masih menggunakan nama-nama sinonim.

Aplikasi referensi taksonomi Indonesia dibangun berdasar pada referensi yang ada di Catalogue of life (CoL) karena datanya relatif paling lengkap untuk sebagian besar kelompok taksa. Beberapa kelompok taksa yang datanya tidak tersedia di referensi CoL akan ditambahkan dari referensi lain seperti Worms atau POWO. Basis data referensi taksonomi Indonesia ini akan menjadi baseline dari referensi nasional, di mana jenis-jenis ataupun marga baru akan ditambahkan secara manual ke dalam referensi ini. Pembuatan *checklist* jenis-jenis biodiversitas nusantara juga akan dengan mudah dilakukan secara berkala (antara 6-12 bulan sekali) melalui aplikasi ini. Semua pihak juga memiliki kesempatan yang sama untuk menambah referensi taksonomi yang baru atau melakukan revisi taksa berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dipublikasikan. Hal tersebut tentu akan sangat berguna bagi pemantauan jumlah jenis yang telah teridentifikasi di Indonesia beserta status konservasinya. Lebih penting lagi, referensi ini tidak hanya berguna bagi informatika kehati di OR Hayati dan Lingkungan. Semua pihak yang ingin membangun basis data biologi bisa memanfaatkan aplikasi ini melalui gerbang *Application Programming Interface* (API gateway). Gambar 3 menunjukkan rancangan business intelligence informatika kehati yang akan dibangun.

Analisis dan pemanfaatan data kehati Indonesia harus dapat dilaksanakan mulai dari tahun kedua hingga keempat. Integrasi

data kehati dari beberapa basis data internal ORHL-BRIN dan dari luar BRIN merupakan kunci dari tercapainya tujuan tersebut. Selain itu, pengembangan aplikasi android akan menjadi pendukung percepatan

digitalisasi data. Aplikasi android tersebut mendukung dilakukannya entri data secara langsung dari koleksi spesimen dari lapangan.



Gambar 3. Business intelligence informatika kehati ORHL - BRIN

Sumber data baru yang berasal dari 25 stasiun riset yang direncanakan dibangun mulai tahun 2023 akan menjadi tantangan baru bagi informatika kehati di ORHL-BRIN. 25 stasiun yang akan tersebar dari Aceh hingga Papua tersebut akan mengirimkan berbagai jenis data secara *real-time* ataupun *near real time*. Selain berbagai jenis data kehati, stasiun-stasiun riset tersebut akan mengirim pula data cuaca dan kondisi lingkungan lainnya. Hal tersebut menuntut adanya perencanaan dan pembangunan aplikasi baru yang akan dikerjakan pada tahun kedua dan ketiga dari pengembangan informatika kehati di ORHL-BRIN.

Dengan terintegrasinya data kehati dari berbagai sumber data, maka pemanfaatan data sehingga berguna untuk pengambilan keputusan menjadi tujuan akhir dari peta jalan ini. Sebuah sistem pendukung keputusan (*decision support system/DSS*) akan dibangun pada tahun ketiga. Selain itu, informatika kehati di ORHL-BRIN harus dilengkapi dengan sistem pengelolaan, pemeliharaan serta adanya ruangan *command center*.

Peta jalan informatika kehati yang telah dibangun ini, akan segera diwujudkan menjadi sebuah sistem informatika kehati di ORHL-BRIN. Dengan demikian, cita-cita jejaring data kehati di Indonesia diharapkan

dapat segera terwujud karena dibangun dengan mengikuti peta jalan yang terintegrasi dan berkesinambungan. Pengembangan informatika kehati di masa depan diharapkan mampu mengikuti perkembangan teknologi dan kebutuhan seluruh stakeholder karena telah memiliki acuan peta jalan yang bisa diadopsi dengan mudah.

SIMPULAN

Pengembangan informatika kehati di Pusat Penelitian Biologi – LIPI selama tiga dekade banyak mengalami hambatan akibat kurangnya komunikasi dan koordinasi antar pemangku kepentingan. Pembuatan peta jalan informatika kehati di Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan ini merupakan usaha untuk mengatasi permasalahan tersebut. Peta jalan ini dibangun secara integral, terbuka, melibatkan semua pemangku kepentingan dan dilengkapi dengan dokumentasi yang mudah dipahami. Dokumen-dokumen tersebut menggambarkan proses bisnis pengelolaan data kehati dengan rinci, sehingga pembangunan aplikasi basis data dapat dilakukan secara terstruktur dan berkelanjutan. Aplikasi-aplikasi yang mendukung terwujudnya berbagi data kehati seperti referensi taksonomi dan data warehouse dibangun terpisah dari aplikasi basis data untuk pengelolaan data internal. Peta jalan ini juga memastikan terwujudnya analisis data dan pengembangan model-model kehati di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin berterima kasih kepada Kepala Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan dan Kepala Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi yang telah memberi kesempatan, dukungan, dan arahan kepada

kami untuk melakukan kegiatan pengembangan peta jalan informatika kehati ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aleryani, A. Y. (2016). *Comparative Study between Data Flow Diagram and Use Case Diagram*. 6(3), 5.
- Austin, K. G., Schwantes, A., Gu, Y., & Kasibhatla, P. S. (2019). What causes deforestation in Indonesia? *Environmental Research Letters*, 14(2), 024007.
- Cachuela-Palacio, M. (2006). Towards an index of all known species: The Catalogue of Life, its rationale, design and use. *Integrative Zoology*, 1(1), 18–21.
- Fowler, M. (2004). *UML distilled: A brief guide to the standard object modeling language*. Addison-Wesley Professional.
- Govaerts, R. H. (2018). 101 Nomenclatural corrections in preparation for the Plants of the World Online (POWO). *Skvortsovia*, 4(3), 74–99.
- Hardisty, A., & Roberts, D. (2013). A decadal view of biodiversity informatics: Challenges and priorities. *BMC Ecology*, 13(1), 16.
- Li, Q., & Chen, Y.-L. (2009). Entity-relationship diagram. In *Modeling and Analysis of Enterprise and Information Systems* (pp. 125–139). Springer.
- Mittermeier, R. A. (1997). *Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations*. Agrupacion Sierra Madre.
- Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B., & Worm, B. (2011). How Many Species Are There on Earth

- and in the Ocean? *PLoS Biology*, 9(8), e1001127.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858.
- Olson, D. M., & Dinerstein, E. (2002). The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89(2), 199. <https://doi.org/10.2307/3298564>
- Ower, G., & Roskov, Y. (2019). The catalogue of life: Assembling data into a global taxonomic checklist. *Biodiversity Information Science and Standards*.
- Peterson, A. T., Knapp, S., Guralnick, R., Soberón, J., & Holder, M. T. (2010). The big questions for biodiversity informatics. *Systematics and Biodiversity*, 8(2), 159–168.
- Rifaie, F., & Utaminingrum, H. I. P. (2020). 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]. *Jurnal Biologi Indonesia*, 16(2), 227–237.
- Soberón, J., & Peterson, T. (2004). Biodiversity informatics: Managing and applying primary biodiversity data. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1444), 689–698.
- Stork, N. E. (2010). Re-assessing current extinction rates. *Biodiversity and Conservation*, 19(2), 357–371.
- Wieczorek, J., Bloom, D., Guralnick, R., Blum, S., Döring, M., Giovanni, R., Robertson, T., & Vieglais, D. (2012). Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard. *PLoS ONE*, 7(1), e29715.