

Pembangunan Database Mangrove untuk *Biodiversity Informatics* Biofarmaka IPB

(Development of Mangrove Database for *Biodiversity Informatics* of IPB Biopharmaca)

Yeni Herdiyeni^{1*}, Ervival Amir Mahmud Zuhud², Rudi Heryanto³

ABSTRAK

Tumbuhan mangrove merupakan sumber bahan obat tradisional yang dapat digunakan sebagai sumber senyawa bioaktif. Dengan terjadinya konversi ekosistem mangrove menjadi peruntukan lain menyebabkan terjadinya kepunahan ekosistem mangrove. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan sumber daya alam yang baik. Dalam pengelolaan sumber daya alam, informasi biodiversitas sangat diperlukan untuk menjaga keberlangsungan pemanfaatan spesies, eksplorasi potensi hayati, dan monitoring spesies beserta ekologi, membuat kebijakan, dan untuk pengembangan inovasi bioteknologi. Pusat Studi Biofarmaka (PSB) Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor memiliki mandat untuk melakukan penelitian dari hulu sampai hilir dalam bidang biofarmaka. Penelitian ini membangun database biodiversitas mangrove Indonesia untuk *Biodiversity Informatics* Biofarmaka Institut Pertanian Bogor. *Biodiversity informatics* (BI) adalah pengembangan teknologi berbasis komputer untuk pengelolaan informasi biodiversitas dalam rangka meningkatkan pengelolaan pengetahuan (knowledge management), eksplorasi, analisis, sintesis, dan interpretasi data biodiversitas mulai dari level genomik, level species sampai dengan level ekosistem. Dari hasil penelitian ini diharapkan data, informasi, dan pengetahuan kekayaan alam hayati tumbuhan mangrove dapat dikelola dengan baik sehingga kelestarian sumber daya alam hayati dapat terjaga dengan baik dan dapat dimanfaatkan khususnya untuk bidang kajian biofarmaka.

Kata kunci: *Biodiversity Informatics*, biofarmaka, database, mangrove

ABSTRACT

Mangroves are a source of traditional medicine that can be used as a source of bioactive compounds. With the conversion of mangrove ecosystem into another designation led to the extinction of mangrove ecosystems. Therefore we need a good management of natural resources. In natural resource management, biodiversity information is needed to sustain the species utilization, exploration potential of the species and their biological and ecological monitoring, policy making, and for the development of biotechnology innovation. Research center of IPB Biopharmaca (Institute for Research and Community Services of Bogor Agricultural University) has the mandate to conduct research from upstream to downstream in the medicinal field. This study develops Indonesian mangrove biodiversity database for *Biodiversity Informatics*. *Biodiversity informatics* (BI) is the development of computer-based technologies for the management of biodiversity information. BI can be used to improve the knowledge management (knowledge management), exploration, analysis, synthesis, and interpretation of data ranging from the level of genomic biodiversity, species level to the ecosystem level. From the results of this study are expected data, information and knowledge of natural wealth mangroves can be managed properly so that the preservation of natural resources can be properly maintained and can be used in particular to the field of medicinal studies.

Keywords: *Biodiversity informatics*, bio pharmacy, database, mangrove

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di dunia dengan wilayah laut seluas 2/3 dari total luas teritorialnya (Lakitan 2012). Wilayah lautan dan juga pesisir mempunyai peranan penting bagi kehidupan dan penghidupan bangsa Indonesia dan sangat berpeluang untuk menjadi modal dasar upaya menyejahterakan rakyat. Salah satu sumber daya

alam wilayah pesisir yang cukup penting adalah hutan mangrove. Seperempat dari hutan mangrove dunia terdapat di Indonesia dengan luas 4.251.000 ha dan memiliki keanekaragaman hayati yang beragam dengan 89 jenis tumbuhan mangrove (Achmad 2004). Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa tumbuhan mangrove merupakan sumber bahan obat tradisional yang dapat digunakan sebagai sumber senyawa bioaktif (Soetarno 2000; Diastuti *et al.* 2008; Diastuti & Suwandri 2009; Harwoko & Utami 2010). Namun akhir-akhir ini ekosistem mangrove secara terus menerus mendapat tekanan akibat berbagai aktivitas manusia (Pariyono 2006). Dengan terjadinya konversi ekosistem mangrove menjadi peruntukan lain menyebabkan terjadinya kepunahan ekosistem mangrove.

¹ Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

² Departemen Konservasi Sumber Daya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

* Penulis Korespondensi: E-mail: yeniherdiyeni@gmail.com

Kekayaan biodiversitas Indonesia bukan hanya pada keanekaragaman hayati saja, tetapi juga kaya akan keragaman pengetahuan tradisional (*indigenous knowledge*) seperti pangan fungsional dan ramuan tradisional lainnya. Namun sangat disayangkan masih banyak pengetahuan tradisional ini yang tidak tercatat, tetapi hanya diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Akibatnya pengetahuan ini kian hari kian luntur, karena tidak banyak kajian ilmiah yang membuktikan keampuhannya. Menurut Lakitan (2012), ada beberapa permasalahan dalam pengelolaan biodiversitas laut dan pesisir di Indonesia, yaitu; 1) jumlah penelitian biodiversitas laut dan pesisir lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah penelitian biodiversitas di daratan; 2) kekayaan alam biodiversitas juga belum diinventarisasi secara baik; 3) banyak potensi sumber daya kelautan yang belum mampu kita pahami nilai kemanfaatan ekonomi dan ekologisnya; dan 4) sebagian potensi sumber daya kelautan tersebut belum kita ketahui eksistensi keberadaannya di wilayah laut Nusantara.

Pusat Studi Biofarmaka (PSB) Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Institut Pertanian Bogor memiliki mandat untuk melakukan penelitian dari hulu sampai hilir dalam bidang biofarmaka. Secara terinci agenda riset PSB Indonesia telah disusun mengikuti Rencana Induk Penelitian Institut Pertanian Bogor, yang terdiri dari: eksplorasi, konservasi, domestikasi sumber daya hayati, pemuliaan varietas, pengembangan *Good Agricultural and Collection Practices* (GACP) bahan baku, pengembangan standar bahan baku, dan produk biofarmaka, pengembangan produk biofarmaka unggulan untuk kesehatan manusia dan hewan, identifikasi senyawa aktif dan mekanisme kerja formula dan senyawa novel serta sintesisnya, kajian sosio ekonomi pengembangan biofarmaka Indonesia, serta diseminasi produk penelitian. Perbaikan kualitas hidup hewan melalui pencegahan, pengendalian dan pengobatan penyakit infeksi, non infeksi dan zoonosi, serta peningkatan reproduksi. Selain itu, dilakukan pula riset-riset yang berhubungan dengan kecantikan, kebugaran, dan aromaterapi.

Penelitian yang sudah dilakukan oleh PSB sangat banyak. Namun sebagian besar hasil penelitian masih disimpan dalam bentuk makalah/paper/buku. Dengan besarnya jumlah persentase dokumen dalam bentuk bukan digital menyebabkan data dan informasi mengenai keanekaragaman hayati sulit diakses. Kondisi ini akan menyebabkan informasi dan pengetahuan tidak dapat disebarluaskan dengan baik akibatnya juga akan mengancam keberlangsungan sumber daya alam hayati.

Dalam pengelolaan sumber daya alam, informasi biodiversitas sangat diperlukan untuk menjaga keberlangsungan pemanfaatan species, eksplorasi potensi hayati dan monitoring spesies beserta ekologi, membuat kebijakan, dan untuk pengembangan inovasi bioteknologi. Mengingat begitu pentingnya peran informasi biodiversitas, maka perlu dikembangkan sebuah teknologi berbasis komputer yang dapat

mengelola data, informasi dan pengetahuan keanekaragaman hayati dengan baik dan efisien sehingga dapat digunakan untuk eksplorasi, analisis, sintesis, dan interpretasi potensi kekayaan keanekaragaman hayati. *Biodiversity informatics* (BI) adalah pengembangan teknologi berbasis komputer untuk pengelolaan informasi biodiversitas dalam rangka meningkatkan pengelolaan pengetahuan (*knowledge management*), eksplorasi, analisis, sintesis, dan interpretasi data biodiversitas mulai dari level genomik, level species sampai dengan level ekosistem (Gaikwad 2011).

Penelitian ini membangun database biodiversitas mangrove Indonesia untuk *Biodiversity Informatic Biofarmaka* IPB. Hal ini sejalan dengan telah ditetapkannya PSB sebagai Pusat Riset yang dibina oleh Ristek untuk menjadi Pusat Unggulan Iptek dalam bidang Obat Herbal dengan koridor MP3EI di Pulau Jawa yang berorientasi untuk meningkatkan pelayanan industri dan jasa dalam bidang biofarmaka. Dalam kerangka tersebut, PSB memiliki kerjasama dengan Universitas yang berada di Palu, yaitu Universitas Tadulako dan Politeknik Palu mulai tahun 2012, yang akan dikembangkan untuk melakukan pencarian sumber bahan baku baru di Sulawesi. Diharapkan konservasi biodiversitas di Sulawesi dapat memberikan sumber bahan baku baru. Selain itu akan dilakukan studi etnobiologi dan pengetahuan lokal (*local knowledge*) masyarakat di Palu diharapkan akan memberikan tambahan data dalam database etnobiologi dan etnofarmakologi terutama sumber daya hayati untuk penyakit non infeksius bagi manusia. Dari hasil kegiatan ini diharapkan data, informasi dan pengetahuan kekayaan alam hayati tumbuhan mangrove di Palu dapat dikelola dengan baik sehingga kelestarian sumber daya alam hayati dapat terjaga dengan baik dan dapat dimanfaatkan khususnya untuk bidang kajian biofarmaka.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari beberapa tahap, yaitu; 1) Melakukan eksplorasi melalui studi insitu (observasi langsung) untuk melakukan pengumpulan data tumbuhan mangrove. Data yang akan dikumpulkan antara lain data digital tumbuhan mangrove (daun, batang, dan akar), informasi pemanfaatan tumbuhan mangrove oleh masyarakat, dan penyebaran tumbuhan mangrove; 2) Merancang dan membangun database tumbuhan mangrove. Model database yang digunakan adalah model database relasional (*Relational Database Management System*) dan model web semantik RDF. Web Semantik (*semantic web*) adalah sebuah web dari data, seperti layaknya sebuah database global. Pendekatan web semantik mengembangkan bahasa untuk mengekspresikan informasi dalam bentuk yang dapat diproses oleh mesin (*machine processable*). Web Semantik menggunakan XML, XMLS (XML Schema), RDF, RDFS (Resources Description Framework Schema), dan OWL (Antoniou &

Harmelen 2004). Web Semantik dapat mengolah bahasa dan mengenali homonim, sinonim, atau atribut yang berbeda pada suatu database. Ide dasarnya adalah untuk membawa web memiliki definisi dan link data sehingga dapat digunakan lebih efektif untuk mencari, otomasi, integrasi, dan re-use informasi pada berbagai aplikasi (W3C). *Resource Description Framework* (RDF) adalah layer untuk merepresentasikan semantik dari isi halaman web. RDF merupakan sebuah model sederhana untuk mendeskripsikan hubungan antara sumber-sumber daya yang merupakan properties dan value (Antoniou & Harmelen 2004). Model RDF adalah suatu triple yang terdiri dari *subject*, *object*, dan *predicate*; 3) Merancang dan membangun sistem *Biodiversity Informatics* biofarmaka IPB, yang terdiri dari perancangan antar muka sistem (input, proses, dan output), jaringan komputer dan sistem keamanan data. Sistem *Biodiversity Informatics* bioinformaka IPB dibangun dalam bentuk aplikasi berbasis website. Tujuannya adalah agar database biodiversitas dapat diakses darimana saja dan dapat diintegrasikan dengan standard database biodiversitas internasional. Aplikasi akan dilengkapi dengan fasilitas antar muka input data, pencarian data, dan analisis data. Untuk sistem keamanan data, aplikasi akan dilengkapi dengan hak akses pengguna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Mangrove untuk Biofarmaka di Kepulauan Togean

Beberapa ahli mendefinisikan istilah “mangrove” secara berbeda-beda, namun pada dasarnya merujuk pada hal yang sama. Tomlinson (1986) dan Wightman (1989) mendefinisikan mangrove baik sebagai tumbuhan yang terdapat di daerah pasang surut maupun sebagai komunitas. Mangrove juga didefinisikan sebagai formasi tumbuhan di daerah litoral yang khas di pantai daerah tropis dan subtropis yang terlindung (Saenger *et al.* 1983). Sementara itu, Soerianegara (1987) mendefinisikan hutan mangrove sebagai hutan yang terutama tumbuh pada tanah alluvial di daerah pantai dan muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan terdiri atas jenis-jenis pohon *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Lumnitzera*, *Excoecaria*, *Xylocarpus*, *Aegiceras*, *Scyphyphora*, dan *Nypa*.

Beberapa jenis tumbuhan dapat digunakan sebagai bahan berkhasiat medis dan mengandung bahan kimia seperti *Achantus ilicifolius* kegunaannya sebagai obat setelah melahirkan dengan menyiramkan airnya ke seluruh tubuh. *Hibiscus tiliaceus* yang digunakan sebagai obat setelah melahirkan, obat panas, dan obat demam. *Cerbera manghas* kegunaannya sebagai obat kudis, gatal-gatal, reumatik, pilek, yang mana minyak *Flagellaria indica* yang digunakan sebagai obat haid dan demam. *Lepturus repens* (cikumpai) digunakan sebagai obat demam dan panas dalam. *Asplenium nidus* sebagai obat biring dan

ramuan sesudah melahirkan. *Acrostichum speciosum* digunakan masyarakat sebagai ramuan setelah melahirkan. *Lepturus repens* masyarakat menggunakan sebagai obat demam dan panas dalam. *Melastoma candidum* digunakan masyarakat sebagai obat mencret dan obat sariawan. *Nypa fruticans* digunakan sebagai obat maag. *Araceae* sebagai obat gatal-gatal maupun obat setelah melahirkan (Riswan & Andayaningsih 2008).

Penelitian ini melakukan eksplorasi potensi mangrove untuk Biofarmaka di kawasan pesisir Gugus Pulau Togean Taman Nasional Kepulauan Togen (TNKT), Kabupaten Tojo Una-Una, Provinsi Sulawesi Tengah. Pengamatan dilakukan di dua lokasi, yaitu Desa Bangkagi dan Desa Lembanato. Species mangrove yang terdapat di wilayah tersebut diantaranya *Xylocarpus granatum*, *Rhizophora sp.*, dan *Bruguiera sp.* Hasil pengamatan di lapang memperlihatkan bahwa jenis tanaman mangrove yang mendominasi wilayah kajian adalah *Xylocarpus sp.* Mangrove tersebut digunakan oleh masyarakat pesisir sebagai obat dan tumbuhan pangan. Bagian tumbuhan yang digunakan, yaitu biji, akar, kulit batang, pucuk daun, dan propagul. Jumlah citra digital yang dikumpulkan sebanyak 241 citra dan jumlah dokumen digital sebanyak 33 dokumen.

Perancangan Database dan Model Web Semantik RDF

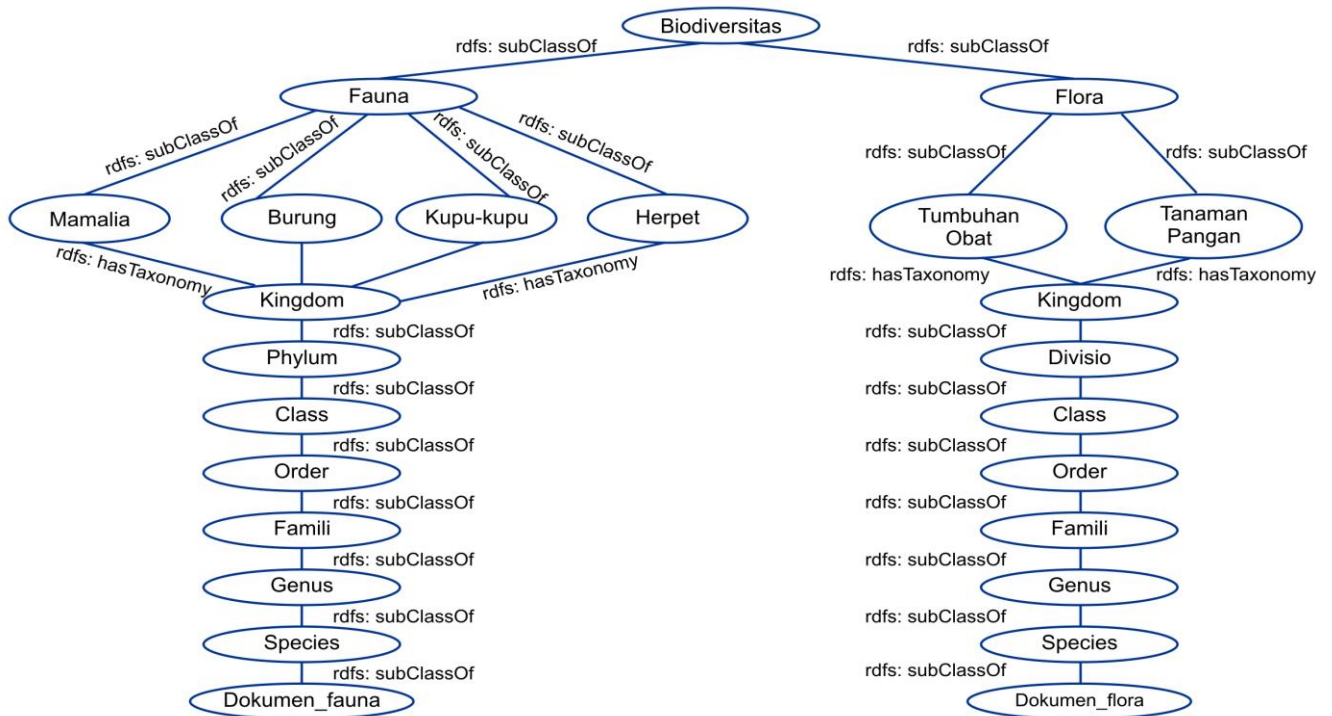
Pada saat ini telah dilakukan perancangan sistem database dengan menggunakan model database relational dan model semantic web RDF untuk merepresentasikan data (Gambar 1 & 2).

Adapun atribut yang digunakan pada database, yaitu: *ID_Tumb*, *CommonName*, *Species*, *LocalName*, *Desc*, *Distrlndo*, *Budi daya*, *Sifat_Orga*, *Ramuan*, *Habitus*, *Bagian yang digunakan*, *Manfaat*, *KandunganKim*, *Lokasi*, *Latitud*, *Longitude*, dan *Foto*.

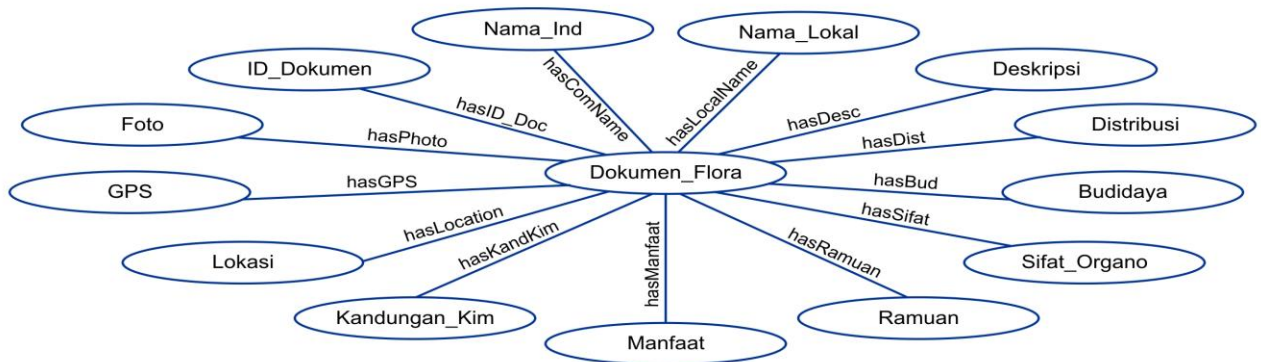
Pembangunan Sistem *Biodiversity Informatics* Biofarmaka IPB

Biodiversity Informatics (BI) merupakan bagian dari kajian/study *biological diversity*. Dalam *biological diversity*, terdapat tiga tingkat diversity, yaitu *genetic diversity*, *species diversity*, dan *ecosystem diversity* (Gaikwad 2011) (Gambar 3). Studi bioinformatika (*Bioinformatics*) hanya mengkaji level *genetic diversity* dan *species diversity* sedangkan studi *biodiversity informatics* mengkaji semua level mulai dari level genetika sampai ekosistem.

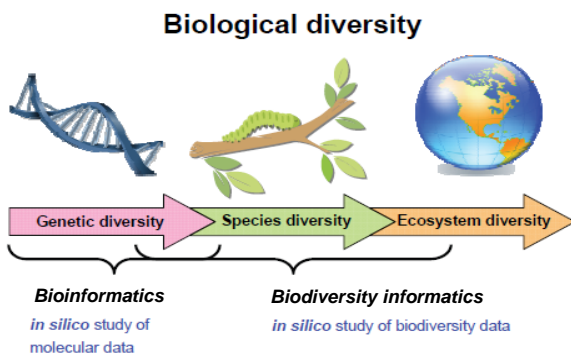
BI dapat digunakan untuk berbagai kepentingan seperti memprediksi jumlah penyebaran spesies baik yang sudah diketahui ataupun yang belum (Raxworthy *et al.* 2003), memprediksi distribusi geografis dan ekologi penyebaran penyakit (Beard *et al.* 2002; Costa *et al.* 2003; Peterson & Shaw 2003), memprediksi serangan species (Peterson & Veiglais 2001; Peterson 2003) dan melakukan assesment pengaruh perubahan iklim pada biodiversity (Pearson *et al.* 2002; Siqueira & Peterson 2003; Thomas *et al.* 2004). BI juga dapat digunakan untuk menampilkan



Gambar 1 Struktur graf RDF sistem biodiversitas.



Gambar 2 Struktur graf RDF dokumen flora.



Gambar 3 Biodiversity Informatics (Gaikwad 2011).

data bio-geografi atau data *georeferencing biodiversity*. Data ini sangat diperlukan untuk melakukan pemetaan distribusi spesies dan melakukan analisis yang terkait dengan pemetaan distribusi spesies dan ekologi.

Dalam sistem *Biodiversity Informatics*, pembangunan database akan diintegrasikan dengan standar database biodiversitas internasional seperti TDWG, ABCD, Darwin Core, dan DiGIR. Untuk mengintegrasikan data BI dengan database biodiversitas Internasional tidak hanya memerlukan teknologi, tetapi juga memerlukan standar dan protokol. Salah satu standar data biodiversitas yang sudah banyak digunakan di seluruh dunia adalah *Taxonomic Database Working Group* (TDWG). TDWG merupakan informasi standar untuk biodiversity yang merupakan hasil kerjasama internasional dari beberapa project database biologi. TDWG bersama dengan CODATA juga mengembangkan standar lainnya, yaitu Access to Biological Collection Data (ABCD). ABCD adalah format global untuk pertukaran data (*data exchange*) dan penemuan kembali informasi (*information retrieval*) dari berbagai koleksi biologi dengan menggunakan format XML. Format XML dijadikan sebagai format standard yang digunakan

oleh berbagai project biodiversity dan komunitas BI. Untuk melengkapi data taksonomi dan data nomenkatur, terdapat database flora dan fauna yang dapat diakses melalui internet, yaitu *Integrated Taxonomic Information System (ITIS)* dan *UNESCO-IOC Register for Marine Organism (URMO)*.

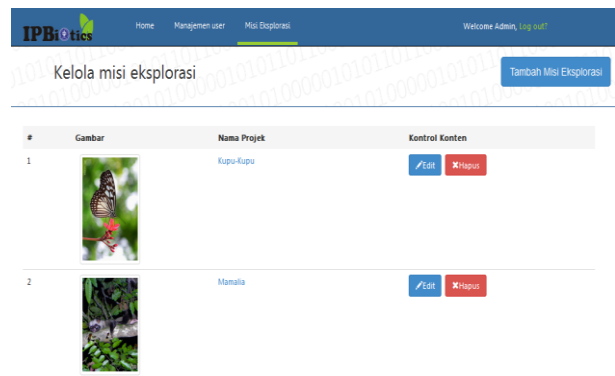
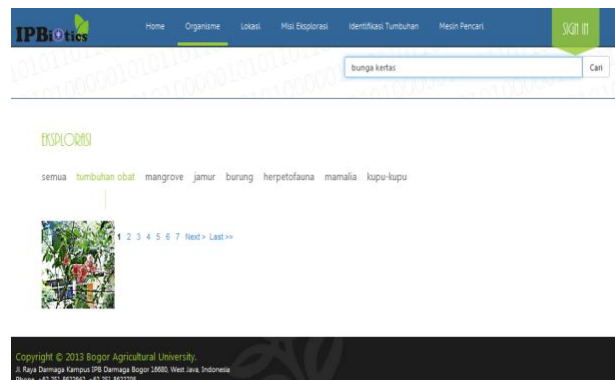
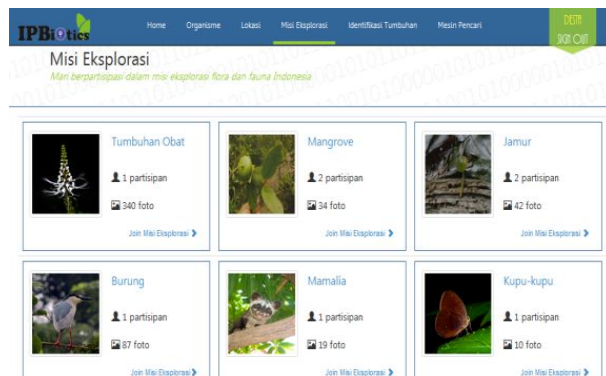
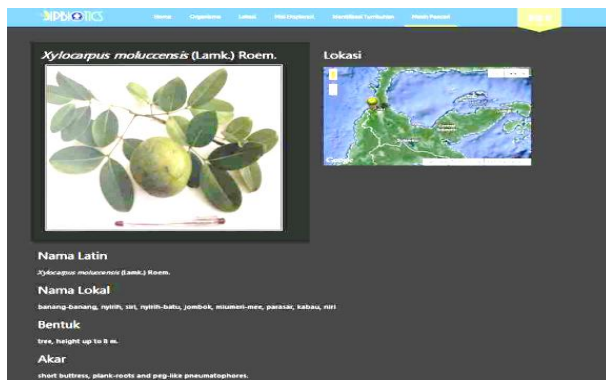
Ketersediaan informasi biodiversitas dari berbagai bidang ilmu untuk keperluan sintesis, analisis, dan visualisasi informasi biodiversitas untuk berbagai keperluan dan berbagai pengguna, inilah yang dinamakan dengan pengembangan *Biodiversity Informatics*. Pengelolaan biodiversity dengan menggunakan *Biodiversity Informatics* menjadi lebih efisien.

Aplikasi *Biodiversity Informatics* Biofarmaka sudah terintegrasi dengan sistem IPBiotics. IPBiotics adalah sebuah sistem *Biodiversity Informatics* yang mengelola data, informasi, dan pengetahuan biodiversitas Indonesia secara partisipatif dan terintegrasi. Sistem ini dapat digunakan oleh mahasiswa, peneliti dan masyarakat umum. Keunggulan sistem ini, yaitu

sudah menggunakan konsep ontologi sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan teknologi semantik web.

Struktur aplikasi terdiri dari beberapa halaman, yaitu:

- Halaman Home
 - Halaman Aktivitas
 - Halaman Organisme (Halaman Detail Organisme, Halaman Pencarian organisme)
 - Halaman Misi eksplorasi
 - Login pengguna (Pendaftaran pengguna baru, Halaman pengguna, Edit pengguna, Halaman isian data oleh pengguna, dan Upload data oleh pengguna)
 - Halaman administrator (Home, Manajemen User, Misi Eksplorasi, Tambah Misi Eksplorasi, Detail Eksplorasi, Tambah Species, dan Edit Species)
- Tampilan antar muka sistem biodiversity informatics Biofarmaka IPB (Gambar 4).



Gambar 4 Beberapa antar muka sistem *Biodiversity Informatics* Biofarmaka IPB.

KESIMPULAN

Dalam pengelolaan sumber daya alam, informasi biodiversitas sangat diperlukan untuk menjaga keberlangsungan pemanfaatan species, eksplorasi potensi hayati dan monitoring spesies beserta ekologi, membuat kebijakan, dan untuk pengembangan inovasi bioteknologi. Salah satu sumber daya alam wilayah pesisir yang cukup penting adalah hutan mangrove. Tumbuhan mangrove merupakan sumber bahan obat tradisional yang dapat digunakan sebagai sumber senyawa bioaktif. Penelitian ini membangun database mangrove untuk *Biodiversity Informatics* Biofarmaka Institut Pertanian Bogor yang diharapkan dapat mengelola pengetahuan sumber daya biodiversitas tumbuhan mangrove dengan baik sehingga dapat dimanfaatkan untuk kajian biofarmaka. *Biodiversity informatics* adalah pengembangan teknologi berbasis komputer untuk pengelolaan informasi biodiversitas dalam rangka meningkatkan pengelolaan pengetahuan (*knowledge management*), eksplorasi, analisis, sintesis, dan interpretasi data biodiversitas mulai dari level genomik, level species sampai dengan level ekosistem.

Kegiatan penelitian yang sudah dilaksanakan, yaitu; 1) Eksplorasi dan akuisisi data hutan dan tumbuhan mangrove; 2) Studi literature dan digitasi literature (citra dan dokumen); 3) Merancang database dan membangun infrastruktur *Biodiversity Informatics*; 4) Membangun aplikasi berbasis web yang terintegrasi dengan IPBiotics; dan 5) Publikasi internasional.

Kegiatan ekspolasi dilakukan melalui *insitu study* (observasi langsung) untuk mengumpulkan data tumbuhan mangrove. Penelitian ini dilakukan di kawasan pesisir Gugus Pulau Togeon Taman Nasional Kepulauan Togeon (TNKT), Kabupaten Tojo Una-Una, Provinsi Sulawesi Tengah. Pengamatan dilakukan di dua lokasi, yaitu Desa Bangkagi dan Desa Lembanato. Species mangrove yang terdapat di wilayah tersebut diantaranya *Xylocarpus granatum*, *Rhizophora sp.*, dan *Bruguiera sp.* Hasil pengamatan di lapang memperlihatkan bahwa jenis tanaman mangrove yang mendominasi wilayah kajian adalah *Xylocarpus sp.* Mangrove tersebut digunakan oleh masyarakat pesisir sebagai obat dan tumbuhan pangan. Bagian tumbuhan yang digunakan, yaitu biji, akar, kulit batang, pucuk daun, dan propagul. Jumlah citra digital yang dikumpulkan sebanyak 241 citra dan jumlah dokumen digital sebanyak 33 dokumen. Sistem database dibangun dengan menggunakan model database relational dan model semantic web RDF untuk merepresentasikan data. Aplikasi database mangrove dibangun berbasis web dan sudah diintegrasikan dengan sistem IPBiotics (*IPB Biodiversity Informatics*). Sistem ini diharapkan dapat mengelola pengetahuan sumber daya biodiversitas tumbuhan mangrove dengan baik sehingga dapat dimanfaatkan untuk kajian biofarmaka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional (DIKTI) yang telah mendanai penelitian ini melalui BOPTN tahun 2013. Juga ucapan terima kasih kepada Pusat Studi Biofarmaka Institut Pertanian Bogor yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad SA. 2004. Kimia Bahan Alam, Suatu Pendekatan untuk Memahami Potensi Keanekaragaman Hayati dalam Bioindustri, Prosiding Seminar Nasional, Universitas Airlangga, Surabaya, 5 September 2004, 1–25.
- Antoniou G, van Harmelen F. 2004. A Semantic Web Primer, The MIT Press, ISBN 0262012103.
- Beard CB, Pye G, Steurer FJ, Salinas Y, Campman R, Peterson AT, Ramsey JM, Wirtz RA, Robinson LE. 2002. Chagas disease in a domestic transmission cycle in southern Texas, USA. *Emerging Infectious Diseases*. 9: 103–105.
- Costa J, Peterson AT, Beard CB. 2003. Ecological niche modeling and differentiation of populations of *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911, the most important Chagas disease vector in northeastern Brazil (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 67(5): 516–520.
- Diastuti H, Suwandri. 2009. Fraksinasi dan Identifikasi Senyawa Antikanker Ekstrak Kulit Batang *Rhizophora mucronata* serta Uji Toksisitasnya terhadap Larva Udang (*Artemia salina* Leach). *Jurnal Molekul*. 4(2): 1–10.
- Diastuti H, Warsinah, Purwati. 2008. Isolasi Senyawa Bioaktif sebagai Bahan Antikanker pada Tanaman *Rhizophora mucronata*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing I. Purwokerto (ID): Universitas Jenderal Soedirman.
- Gaikwad JA. 2011. Digitisation and analysis of customary medicinal plant knowledge using biodiversity informatics. [Tesis]. New South Wales (AU): University Sydney.
- Harwoko, Utami ED. 2010. Aktivitas Sitotoksik Fraksi n-Heksana: Kloroform dari ekstrak methanol kulit batang mangrove (*Rhizophora mucronata*) pada sel kanke myeloma. *Majalah Obat Tradisional*. 15–55.
- Lakitan B. 2012. *Pengelolaan Sumber daya Kelautan Berbasis IPTEK untuk kemakmuran bangsa. Seminar Nasional Kelautan VIII*. Universitas Hang Tuah Surabaya (ID).
- Pariyono. 2006. Kajian Potensi Kawasan Mangrove Dalam Kaitannya Dengan Pengelolaan Wilayah Pantai Di Desa Panggung, Bulakbaru,

- Tanggultlare, Kabupaten Jepara. [Tesis]. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.
- Pearson RG, Dawson TP, Berry PM, Harrison PA. 2002. SPECIES: A spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling*. 154(3): 289–300.
- Peterson AT, Vieglais DA. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling: new approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *BioScience*. 51(5): 363–371.
- Peterson AT, Shaw JJ. 2003. Lutzomyia vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: Ecological niche models, predicted geographic distributions, and climate change effects. *International Journal of Parasitology*. 33(9): 919–931.
- Peterson AT. 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *The Quarterly Review of Biology*. 78(4): 419–433.
- Riswan S, Andayaningsih D. 2008. Keanekaragaman Farmasi Indonesia. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 4(2): 96–103.
- Saenger P, Hegerl EJ, Davie JDS. 1983. *Global Status of Mangrove Ecosystems*. IUCN Commission on Ecology Papers No. 3, Gland (SZ).
- Soetarno S. 2000. Potensi dan Manfaat Tumbuhan Mangrove sebagai Sumber Bahan Bioaktif. *Acta Pharmaceutica Indonesia*. 12 (4): 84–103.
- Soerianegara I. 1987. Masalah Penentuan Batas Lebar Jalur Hijau Hutan Mangrove. Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove. Jakarta (ID).
- Raxworthy CJ, Martínez-Meyer E, Horning N, Nussbaum RA, Schneider GE, Ortega-Huerta MA, Peterson AT. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*. 426: 837–841.
- Siqueira MF, Peterson AT. 2003. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. *Biota Neotropica*. 3(2): 2–14. <http://www.biotaneotropica.org.br/>.
- Thomas CD, Cameron A, Green RE, Bakkenes M, Beaumont LJ, Collingham YC, Erasmus BFN, de Siqueira MF, Grainger A, Hannah L, Hughes L, Huntley B, van Jaarsveld AS, Midgley GF, Miles L, Ortega-Huerta MA, Peterson AT, Phillips OL, Williams SE. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*. 427: 145–148.
- Tomlinson PB. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- Wightman GM. 1989. Mangroves of the Northern Territory. *Northern Territory Botanical Bulletin No. 7*. Conservation Commission of the Northern Territory, Palmerston, NT (AU).