

STUDI PENERAPAN POHON PADA ILMU HAYAT: SISTEM PENGENAL WAJAH (BIOMETRIKS) DAN BANK DATA SPESIES (BIOLOGI)

Husein Azmi El Firdausi – NIM : 13505100

*Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung
Jln. Ganesha 10, Bandung
E-mail : if15100@students.if.itb.ac.id*

Abstrak

Makalah ini membahas tentang studi penerapan teori pohon pada Ilmu Hayat, yang dikhususkan pada Sistem Pengenal Wajah, atau dalam dunia keamanan internasional disebut *Facial Recognition System* dan bank data spesies (*Species Bank Data*). Saya menggabungkan kedua topik tersebut karena ada kesamaan ilmu yang mendasarinya (Biometriks dan Biologi) yaitu Ilmu Hayat dan adanya kesamaan penerapan Matematika Diskret pada keduanya, khususnya tentang materi pohon.

Sistem Pengenal Wajah merupakan sebuah sistem yang memungkinkan kita untuk memotret dari jauh wajah seseorang yang berada di tengah-tengah keramaian, untuk kemudian dibandingkan dengan potret wajah yang telah ada di dalam basis data. Studi penerapan pohon dalam Sistem Pengenal Wajah yang dibahas pada makalah ini adalah pada saat proses pencocokan saja.

Bank Data Spesies adalah sebuah istilah untuk basis data yang menyimpan data-data tentang semua spesies yang ada di bumi ini. Tidak hanya nama, tapi juga beberapa data lain diantaranya: tipe, persebaran, perannya dalam ekologi, sejarah filogenetik, fisiologi, dan genom. Studi penerapan pohon dalam Bank Data Spesies yang dibahas pada makalah ini adalah pada saat proses pembersihan datanya saja.

Konsep pohon yang dipakai pada Sistem Pengenal Wajah adalah konsep pohon pencarian biner (*binary search tree*) yang dimodifikasi. Sedangkan untuk Bank Data Spesies konsep yang dipakai adalah pohon n-ary.

Kata kunci: Sistem Pengenal Wajah, *nodal points*, biometriks, pohon pencarian biner yang khusus, Bank Data Spesies, biologi, binomial nomenclature, spesies, pohon n-ary.

1. Pendahuluan

Pada awal tahun 2000, Departemen Kepolisian Tampa dipinjami sebuah sistem yang pada waktu itu berharga sekitar \$30,000 selama satu tahun. Sistem ini diberi nama FaceIt, sebuah Sistem Pengenal Wajah yang ditujukan untuk mencari para buronan. Namun, setelah satu tahun berjalan, tak satupun buronan yang ditangkap berkat sistem ini. Meskipun demikian, 36 kamera yang menjadi bagian dari sistem ini yang telah dipasang di tempat-tempat strategis di kota Tampa, cukup membantu pihak kepolisian untuk mengawasi warga kota secara lebih teliti.

Sejak dari zaman dahulu, manusia telah mempunyai kemampuan yang luar biasa hebat

untuk mengenali dan mengingat ribuan paras wajah sejak ia dilahirkan. Sekarang, komputer juga telah memiliki kemampuan yang hampir sama. Komputer dapat merubah paras wajah menjadi kode yang dipahami komputer (computer code), sehingga bisa dibandingkan dengan ribuan bahkan jutaan paras wajah lainnya. Dengan kemampuan ini, seolah-olah komputer dapat mengenali dan mengingat paras-paras wajah tersebut, sehingga komputer dapat dibentuk menjadi sebuah sistem yang dapat berguna bagi manusia diberbagai macam bidang seperti dalam pemilihan umum, investigasi kriminal, pengamanan komputer pribadi dan lain-lain.

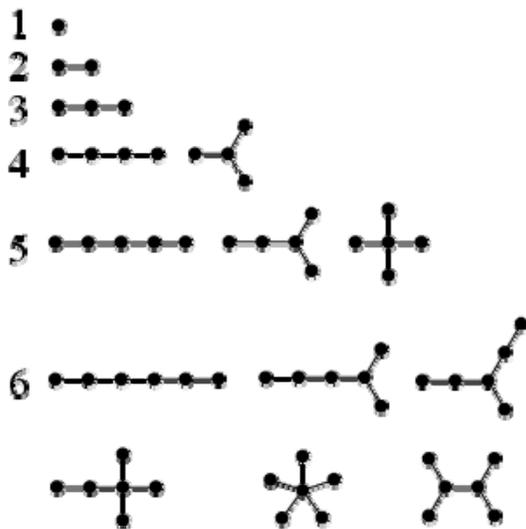
Dari cabang Biometriks, kita beralih ke Biologi yaitu sebuah masalah tentang spesies, telah

diperkirakan bahwa ada sekitar 1,5 sampai 3 trilyun spesies dalam sejarah koleksi alam dunia, termasuk herbaria (tumbuhan jamu-jamuan), mikroorganisme hidup, dan lainnya (GBIF¹). Mengapa rentang perkiraannya begitu besar (1,5 trilyun)? Hal ini tidak lain disebabkan karena banyak spesies yang dinamakan lebih dari satu kali, meskipun telah ada binomial nomenclature.

Jika kita dapat mendigitalisasikan informasi tentang spesies-spesies tersebut, kita akan mempunyai harta karun informasi tentang biota dunia. Untuk itu, diperlukanlah sebuah bank yang menampung data-data spesies dengan benar, yaitu Bank Data Spesies.

2. Pohon

Sebuah pohon adalah sebuah struktur matematis yang bisa disajikan atau digambarkan dalam bentuk graf atau struktur data. Kedua penyajian atau penggambaran tersebut berpadanan, karena sebuah pohon struktur data tidak hanya mengandung himpunan elemen-elemen, tapi juga hubungan (koneksi) antara elemen, mirip dengan penyajian dengan graf. Pohon pertama kali dipelajari oleh seorang matematikawan Inggris, Arthur Cayley (1857) untuk menghitung jumlah senyawa kimia.



Gambar 2.1

Sebuah pohon graf adalah sebuah himpunan ruas garis yang tidak berarah, terhubung, tapi tidak

membentuk sirkuit. Dengan kata lain, pohon adalah graf sederhana, yang tak-berarah, terhubung, tapi tidak bersirkuit. Sebuah pohon dengan n simpul mempunyai $n - 1$ sisi. Sehingga, dapat juga kita katakan, sebuah graf terhubung dengan n simpul dan $n - 1$ sisi adalah sebuah pohon. Semua pohon adalah graf bipartite (Skiena 1990, p. 213). Pohon yang tidak memiliki simpul yang istimewa disebut pohon bebas (free trees), untuk membedakannya dari pohon berakar (Skiena 1990, Knuth 1997).

Simpul adalah titik temu dari perhubungan ruas-ruas garis, sedangkan ruas-ruas garis itu sendiri disebut cabang. Simpul terakhir yang tidak mempunyai cabang lagi disebut daun. Sebuah pohon yang memiliki paling banyak dua cabang pada setiap simpulnya disebut pohon biner.

Pohon dapat diterapkan diberbagai bidang, termasuk ilmu computer, kimia hidrokarbon, rangkaian elektrik, dan lain-lain (Harary 1994, p. 4).

Sebuah pohon dapat mempunyai satu simpul yang menjadi pusat graf, yang disebut sebuah pohon sentral, atau juga dapat mempunyai dua simpul berdekatan sebagai pusat grafnya, pohon ini disebut sebuah pohon bisentral (Harary 1994, p. 35).

Jika salah satu simpul khusus dibuat sedemikian sehingga pohonnya menjadi pohon berakar, maka simpul khusus itu disebut akar (di luar negeri disebut root, tapi ada juga yang menyebutnya "Eve"). Simpul-simpul yang terhubung pada simpul yang sama disebut saudara kandung (siblings).

3. Paras Wajah

Paras wajah adalah sebuah bagian dari manusia yang dapat membuatnya menjadi sesuatu. Misalnya, paras wajah yang fotogenik dapat memudahkan seseorang menjadi fotomodel, paras wajah yang lucu dapat membantu seseorang menjadi pelawak, dan lain-lain.

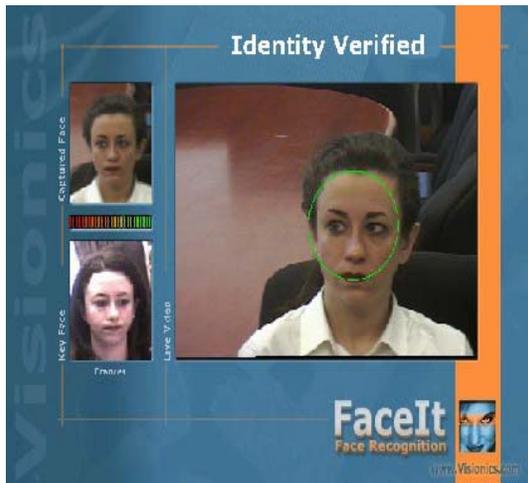
Fungsinya yang tak kalah penting adalah paras wajah juga dapat menjadi penanda agar orang dapat mengenali dan mengidentifikasi orang lain. Bayangkan bagaimana susahnya mengenali seseorang jika semua paras wajah terlihat sama. Itulah sebabnya Allah menciptakan kita berbeda-beda agar kita dapat saling mengenal.

¹ GBIF adalah singkatan dari Global Biodiversity Information Facility

Intinya, paras wajah adalah salah satu karakteristik fisik paling unik dari seseorang (yang lain misalnya sidik jari), yang mudah dilihat dan dikenali, terkecuali pada orang-orang yang kembar (sangat) identik.

4. Tujuan Sistem Pengenal Wajah

Tujuan utama dari Sistem Pengenal Wajah adalah untuk mengambil potret wajah seseorang di tengah keramaian, mensarikannya (extract) dari latar belakang, dan membandingkannya ke dalam basis data. Supaya dapat bekerja dengan baik, hal pertama yang harus diketahui adalah bentuk dasar dari paras wajah. Oleh karena itu Sistem Pengenal Wajah harus mempunyai dua keahlian utama yaitu mengenali wajah dan membandingkan variasi keistimewaan dari setiap wajah.



Gambar 3.1

Jika Anda melihat wajah Anda di tempat yang dapat memantulkan cahaya (sebaiknya di cermin), maka Anda dapat melihat bahwa wajah Anda memiliki beberapa hal-hal menonjol yang membuatnya terbedakan dari paras-paras wajah orang lain. Hal tersebut adalah puncak-puncak atau lembah-lembah yang membuat keistimewaan pada wajah. Hal-hal menonjol ini kemudian disebut **nodal points**. Ada sekitar 80 nodal points dalam satu wajah manusia. Beberapa nodal points yang dilibatkan dalam Sistem Pengenal Wajah adalah:

- Jarak antar mata
- Lebar hidung
- Kedalaman rongga mata
- Tulang pipi

- Garis rahang
- Dagu

Masih ingat dengan FaceIt? Piranti lunak tersebut dapat menyelesaikan proses pengenalan terhadap suatu wajah dengan hanya membutuhkan 14-22 nodal points saja.

Semua nodal points ini diukur untuk dijadikan kode numerik, sebuah string angka, yang merepresentasikan sebuah wajah di dalam basis data. Kode ini kemudian disebut **faceprint** (sidik wajah).

Selanjutnya akan dibahas bagaimana cara sistem dalam menemukan (mendeteksi), menangkap dan menyimpan wajah-wajah.

5. Piranti Lunak Sistem Pengenal Wajah

Piranti lunak pengenal wajah masuk ke dalam bagian ilmu teknologi yang lebih besar yang disebut **biometriks**. Biometriks menggunakan informasi biologis untuk memeriksa identitas. Ide dasar dari biometriks adalah tubuh manusia mempunyai sifat-sifat unik yang dapat digunakan untuk membedakan seseorang dengan orang yang lain.

Selain untuk pengenal wajah, pemeriksaan dengan metode biometric juga digunakan untuk:

- Pengenal sidik jari
- Pengenal retina
- Pengenal suara

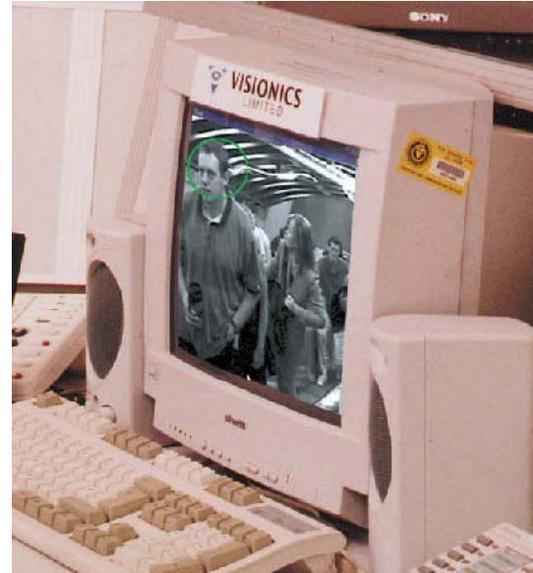
Metode pengenal wajah dapat beraneka ragam, tetapi pada umumnya melibatkan beberapa langkah yang dasar yaitu menangkap, menganalisa, dan membandingkan dengan foto atau gambar yang ada di dalam basis data. Inilah proses dasar yang digunakan oleh FaceIt untuk menangkap dan membandingkan foto atau gambar:

- a. Penemuan (detection)

Jika sistem dipasang pada sistem kamera pengawas, piranti lunak pengenal akan mencari wajah-wajah seluas area pantau dari kamera. Jika ada wajah di dalam area pantau, artinya wajah itu telah ditemukan. Proses penemuan ini hanya berlangsung kurang dari satu detik. Sebuah **multi-scale algorithm** digunakan untuk

mencari wajah dalam resolusi rendah. Sistem berganti menjadi sebuah pencari beresolusi tinggi hanya apabila menemukan objek berbentuk kepala (head-like shape).

- b. Penjajaran (alignment)
Sesaat setelah sebuah wajah telah ditemukan, sistem langsung menentukan posisi, ukuran dan sikap kepala. Sebuah wajah harus dihadapkan sedikitnya **35 derajat** menghadap kamera agar sistem dapat mengenalinya.
- c. Penormalan (normalization)
Gambar dari kepala diseimbangkan ukurannya dan diputar sehingga dapat dinyatakan dan dipetakan dalam ukuran dan sikap yang tepat. Penormalan dilakukan tanpa memperhatikan lokasi kepala dan jaraknya dari kamera. Cahaya juga tidak berpengaruh kuat dalam proses penormalan.
- d. Gambaran (representation)
Sistem menerjemahkan data paras wajah ke dalam kode yang unik. Proses penerjemahan ini memudahkan perbandingan antara data paras wajah yang baru didapat dengan data yang sudah ada di basis data.
- e. Pencocokan (matching)
Data paras wajah yang baru didapat dibandingkan dengan data yang sudah ada dan idealnya dihubungkan dengan sedikitnya satu data yang sudah ada.



Gambar 5.1

Inti dari Sistem Pengenal Wajah FaceIt adalah **Local Feature Analysis (LFA)** algorithm. Ini adalah sebuah sistem matematika teknik yang digunakan untuk menyandikan (encode) paras wajah. Sistem memetakan wajah dan membuat sebuah sidik wajah, yaitu sebuah kode numerik yang unik untuk sebuah wajah. Jika sistem telah menyimpan sebuah sidik wajah, maka dapat dibandingkan dengan ribuan bahkan jutaan sidik wajah yang telah disimpan di basis data. Setiap sidik wajah disimpan sebagai file berukuran **84 byte**.

Sistem dapat mencocokkan sejumlah sidik wajah dengan rata-rata 60 juta per menit dari memori (RAM) dan 15 juta per menit dari *hard disk*. Untuk perbandingan, sistem menetapkan sebuah nilai terlebih dahulu. Jika nilai yang didapat lebih tinggi dari nilai yang ditetapkan, maka gambar atau foto tersebut cocok. Operator lalu menampilkan kedua gambar atau foto yang telah dinyatakan cocok tersebut, untuk memastikan bahwa sistem telah bekerja dengan akurasi yang baik.

6. Proses Pencocokan Paras Wajah

Setelah data wajah didapatkan, proses selanjutnya adalah pencocokan data paras wajah yang didapat, dengan data wajah yang sudah ada dibasis data. Pada bagian inilah pohon diterangkan.

Seperti kita ketahui, pohon pencarian biner memiliki sebuah keunikan tersendiri yaitu

elemen anak kiri selalu lebih kecil daripada elemen akar, dan elemen anak kanan selalu lebih besar daripada elemen akar. Khusus pada Sistem Pengenal Wajah ini, kita akan memodifikasi sedikit keunikan pada pohon pencarian biner tersebut.

Modifikasi tersebut adalah pohon yang digunakan bukan pohon biner, tapi pohon n-ary. Modifikasi yang kedua adalah adanya kasus tambahan yaitu cek kesamaan. Jika ada kesamaan maka dilanjutkan ke bawah, jika belum ada kesamaan dicek dulu ke kanan (jika lebih besar), atau ke kiri (jika lebih kecil). Jika tidak juga ditemukan kesamaan, maka selesai.

Kondisi awal dari data-data di basis data adalah bilangan bulat terkecil. Maksudnya, data suatu wajah seperti: jarak antar mata, lebar hidung, dan jarak bibir atas ke hidung, diukur dan diambil perbandingannya, lalu disederhanakan sehingga didapat perbandingan bilangan bulat yang terkecil. Contoh: misal dari suatu wajah didapat perbandingan jarak antar mata, lebar hidung dan jarak bibir atas ke hidung adalah 2:2,5:1. Maka perbandingan bilangan bulat terkecilnya adalah 4:5:2.

Data inilah yang kemudian disimpan ke simpul dalam pohon. Sehingga pohonnya akan terlihat sebagai berikut:



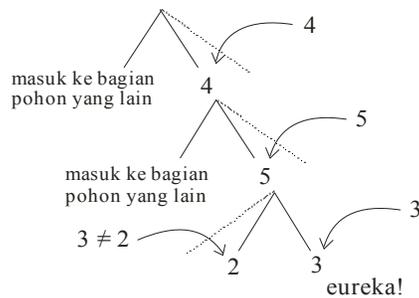
Gambar 6.1

Selanjutnya, kondisi awal dari data paras wajah yang baru dipotret juga sama. Diambil perbandingan bilangan bulat terkecilnya. Kemudian dimulai perbandingan dengan simpul pada pohon.

Secara kasar, perbandingan yang dilakukan adalah sebagai berikut (data paras wajah yang ada dibasis data dimisalkan ada 2, dengan perbandingan 4:5:3 dan dengan perbandingan

4:5:2. Sedangkan data paras wajah yang baru dipotret dimisalkan didapat 4:5:3):

- Pertama dibandingkan data jarak antara mata = 4, karena sama, maka dilanjutkan ke lebar hidung = 5, karena sama juga, maka dilanjutkan lagi.
- Pada saat membandingkan jarak bibir atas ke hidung, ternyata 3 tidak sama dengan 2, maka terjadi perbandingan apakah 3 lebih besar dari pada 2. Jika lebih besar, berarti pencarian berlanjut ke upapohon kanan. Namun jika lebih kecil maka dilanjutkan ke upapohon kiri. Jika tidak juga berhasil ditemukan, maka disimpulkan bahwa paras wajah tersebut tidak ada di basis data.
- Jika ternyata sama misalkan sampai semua perbandingan selesai, maka dapat diputuskan bahwa kedua data paras wajah ini adalah sama, kemudian ditampilkan kedua wajah tersebut untuk membuktikan kebenaran sistem.



Gambar 6.2

7. Fungsi Sistem Pengenal Wajah

Kegunaan utama dari Sistem Pengenal Wajah seperti FaceIt adalah untuk menangkap potret paras wajah secara acak dalam keramaian, kemudian membandingkannya dengan basis data foto-foto pelaku tindak kriminal. Kegunaan lain dari sistem ini antara lain adalah:

- Menghapuskan kecurangan pemilih dalam Pemilihan Umum
- Menguji identitas pada ATM
- Keamanan komputer

Salah satu kegunaan dari Sistem Pengenal Wajah ini yang cukup inovatif dilakukan oleh

pemerintah Meksiko. Mereka menggunakannya untuk membasmi penggandaan pendaftaran pemilih. Untuk menang dalam Pemilihan Umum, banyak orang yang mendaftar berkali-kali dengan nama yang berbeda sehingga mereka bisa memilih lebih dari sekali. Berbagai cara lama yang kuno telah dilakukan, namun tetap tidak berhasil dalam menangkap orang-orang ini.

Dengan menggunakan teknologi pengenalan wajah, panitia pelaksana Pemilihan Umum di Meksiko dapat mengurangi bahkan menghapuskan kecurangan penggandaan ini. Setiap pendaftar akan dipotret kemudian fotonya dibandingkan dengan foto-foto dalam basis data. Teknologi ini dipakai pada pemilihan presiden tahun 2000.

Dalam dunia perbankan, teknologi ini juga dapat digunakan misalnya pada ATM. Jika pengguna setuju, ATM akan memotret wajah pengguna kemudian menyimpannya ke dalam basis data. Lalu foto ini akan menjadi pengganti PIN, yang dapat melindungi pengguna dari pencurian PIN dan transaksi curang lainnya. Bahkan dengan teknologi diharapkan nantinya kita tidak lagi memerlukan kartu ATM.



Gambar 7.1

Selanjutnya, teknologi ini juga dapat digunakan untuk mengamankan *file-file* di komputer. Setelah memasang webcam dan Sistem Pengenal Wajah pada komputer Anda, maka wajah Anda bisa menjadi sandi lewat untuk komputer pribadi Anda. Saat ini IBM telah memasukkan teknologi ini ke dalam *notebook*-nya yaitu seri A, T dan X. Secara *default*, sistem ini akan aktif saat *screensaver* aktif.

Namun sistem seperti ini sangat berbahaya jika wajah Anda pernah dipotret, kemudian fotonya disalahgunakan untuk menggantikan wajah Anda yang sebenarnya. Memang, seperti banyak teknologi lain, Sistem Pengenal Wajah ini juga memiliki kekurangan.

8. Pohon Filogeni

Setelah panjang lebar membahas sebuah penerapan pohon pada salah satu turunan dari Ilmu Hayati yaitu Biometriks, kini kita akan membahas penerapan pohon pada turunan Ilmu Hayati yang lain yaitu Biologi.

Salah satu bab yang dipelajari di Biologi ada yang bernama Klasifikasi Mahluk Hidup dan Keanekaragaman Hayati. Kedua bab ini erat kaitannya dengan penggolongan dan penamaan spesies.

Mahluk hidup mulai diklasifikasikan secara paling luas dalam 3 golongan, yaitu: virus, prokariot (bersel satu) dan eukariot (bersel banyak). Kemudian dua golongan selain virus dapat dijabarkan lagi menjadi golongan-golongan yang membentuk himpunan yang lebih kecil, berdasarkan kesamaan-kesamaan tertentu. Misalnya, mahluk hidup bersel banyak dapat dijabarkan lagi menjadi 4 golongan, yaitu: protista, mycota (jamur), plantae (tumbuhan), dan animalia (hewan).

Manusia sendiri merupakan upa-upa-upa-upa-himpunan dari golongan hewan. Dimulai dari pengklasifikasian berdasarkan ada tidaknya sumbu tubuh, manusia berada di filum chordata. Kemudian ada tidaknya ruas-ruas tulang belakang, manusia berada di subfilum vertebrata. Manusia berada di golongan tetrapoda untuk pengklasifikasian berdasarkan ada tidaknya kaki. Lalu seterusnya manusia berada di golongan mammalia, dan terakhir masuk lagi ke golongan homioi termis.

Pengklasifikasian ini jika digambarkan dalam bentuk pohon, maka akan membentuk sebuah pohon yang mempunyai ribuan jumlah simpul dan tentu saja kedalaman yang sangat besar. Spesies merupakan bagian paling ujung dari pohon ini atau dalam teori yang sudah dipaparkan diatas disebut daun.



Untuk membangun pohon mahluk hidup ini, tentu diperlukan data tentang semua spesies (resmi secara ilmiah) yang ada di dunia. Padahal, dilihat dari sudut pandang apapun, data tentang spesies dunia adalah jauh lebih kompleks dibandingkan dengan data genetika atau data urutan protein (GBIF).

Data-data yang dibutuhkan tersebut bukan hanya nama-nama, tapi juga gambar, sejumlah perubahan bentuk, dan lain-lain. Selain itu, data yang dikumpulkan tidak akan pernah terlepas dari kesalahan dan ketidak mantapan (inconsistencies).

Kesalahan-kesalahan tersebut antara lain banyak spesies yang dinamai lebih dari sekali. Sehingga secara rata-rata, setiap spesies di dunia mempunyai 2 nama tambahan selain nama aslinya. Hal ini bisa disebabkan karena alasan adanya sinonim dan juga adanya kesalahan penulisan (GBIF).

Karena itulah diperlukan sebuah katalog elektronik yang memuat semua sinonim dan kesalahan penulisan umum yang sering terjadi untuk setiap spesies yang memilikinya. Namun sebelum kita membahas katalog elektronik tersebut, ada baiknya kita membahas terlebih dahulu tentang binomial nomenclature.

9. Binomial nomenclature

Dalam Biologi, **binomial nomenclature** adalah cara yang resmi untuk menamakan spesies. Sesuai dengan kata "binomial", nama ilmiah dari sebuah spesies dibentuk oleh kombinasi dua kata: nama genus dan spesies. Meskipun secara detil akhirnya akan berbeda, ada beberapa aspek yang diterima secara luas (universal), yaitu:

- Nama ilmiah selalu ditulis dalam cetak miring, seperti *Homo sapiens*. Jika ditulis dengan tangan maka cukup digaris bawah saja.
- Kata pertama (nama genus) selalu diawali dengan huruf kapital, sedangkan nama spesies selalu diawali dengan huruf kecil. Contohnya *Canis lupus*. Catatan : Carolus Linnaeus menggunakan huruf besar untuk nama spesies yang berasal dari nama orang (agar sopan), namun pada awal abad ke-20, semua penulisan nama spesies diawali dengan huruf kecil. Sampai sekarang masih

ditemukan penulisan nama spesies dengan huruf besar, khususnya pada sumber literatur dari zaman dahulu.

- Dalam teks-teks ilmiah, entri utama dari binomial diikuti oleh singkatan (botani) atau sebagian (zoologi) nama dari ilmuwan yang pertama kali mengumumkan klasifikasi dari suatu spesies. Jika spesies tersebut ditempatkan pada genus yang berbeda dari yang telah diketahui sebelumnya, singkatan atau bagian nama dari penemu dan tahun ditemukannya ditulis dalam tanda kurung. Contoh: *Amaranthus retroflexus* L. atau *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758).
- Nama ilmiah harus ditulis secara lengkap jika baru pertama kali digunakan atau jika beberapa spesies dari genus yang sama sedang didiskusikan dalam sebuah laporan atau sejenisnya. Setelah itu boleh disingkat dengan menggunakan inisial untuk genusnya; contoh bakteri *Escherichia coli* sering ditulis dengan hanya *E. coli*. Tapi sekarang penggunaan inisial lebih sering digunakan, contoh: *Tyrannosaurus rex* mungkin lebih tidak dikenal dibandingkan *T. rex*.
- Singkatan "sp." (zoologi) atau "spec." (botani) digunakan jika nama spesies yang sesungguhnya tidak bisa atau tidak perlu ditentukan. Singkatan "spp." (plural/jamak) menyatakan "beberapa spesies (several species)". Contoh: "*Canis* sp.", berarti "salah satu spesies dari genus *Canis*".
- Kebingungan sering terjadi dengan bentuk singkatan "ssp." (zoologi) atau "subsp." (botani) yang menyatakan sebuah subspecies yang belum ditentukan. "sspp." atau "subsp." menyatakan "sejumlah subspecies."
- Singkatan "cf." digunakan ketika keabsahannya belum benar-benar bisa diterima. Contoh: *Corvus cf. splendens* menyatakan "seekor burung yang sama dengan gagak rumah, tapi tidak secara pasti disahkan dalam spesies ini."

Binomial nomenclature juga berhubungan dengan 'Sistem klasifikasi Binomial'.

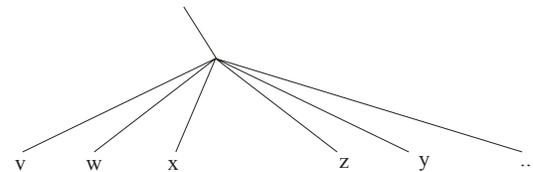
10. Piranti Lunak Bank Data Spesies

Seperti telah disebutkan diatas, keanekaragaman hayati membuat kita memerlukan sebuah katalog elektronik yang berisi semua spesies-spesies di dunia. Karena jumlahnya yang sangat banyak katalog ini akan lebih sesuai jika disebut dengan bank data.

Bank Data Spesies, itulah nama piranti lunak yang kita bahas di sini. Selain dapat mencocokkan nama suatu spesies yang berbeda-beda baik karena banyaknya sinonim maupun karena kesalahan penulisan, piranti lunak ini juga mempunyai tugas lain yang cukup berat yaitu pembersihan data.

Maksud dari pembersihan data adalah masih seputar "penggandaan" spesies, yaitu piranti lunak ini mengecek apakah ada dua atau lebih entri spesies yang sama.

Masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan pohon. Bagaimana caranya? Di dalam pohon, ada simpul-simpul yang mempunyai saudara kandung (sibling). Untuk kasus pohon mahluk hidup, simpul-simpul yang bersaudara kandung menunjukkan bahwa mereka memiliki kekerabatan yang erat. Sehingga jika ada 2 atau lebih entri yang sama di dalam suatu kedalaman persaudara-kandung, maka entri-entri tersebut dapat dicurigai dan jika terbukti benar-benar merupakan spesies yang sama, maka entri tersebut dibersihkan.



Gambar 10.1

Misalnya, gambar 10.1 menunjukkan upapohon dari sebuah pohon mahluk hidup, yang menunjukkan ada banyak spesies dari suatu genus. Jika dilihat dari foto, ciri-ciri fisiologi, daerah persebaran dan lain-lain, ternyata spesies x dan z benar-benar mirip, walaupun nama mereka berbeda. Maka spesies x dan z langsung dicurigai sebagai spesies yang sama. Jika setelah diteliti ternyata terbukti bahwa kedua spesies tersebut benar-benar sama, maka salah satu spesies tersebut akan dihapus untuk membersihkan data. Bagaimana dengan namanya? Nama yang asli adalah yang sesuai

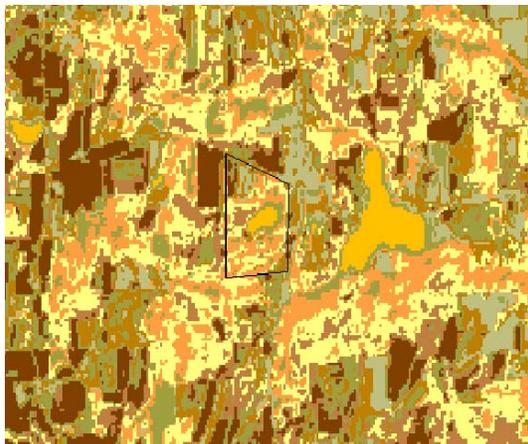
dengan tatacara binomial nomenclature, kemudian nama yang lainnya tetap disimpan untuk diletakkan sebagai sinonim.

11. Tantangan Bagi Bank Data Spesies

Satelit ilmu pengetahuan bumi milik NASA, mengambil data rata-rata 1,2 terrabyte dalam satu hari dari bumi. Pada tahun 2010 nanti diperkirakan rata-rata data yang diambil perhari adalah 10 petabyte (Kathleen Bergen, U. Michigan).

Besaran	Sebanding dengan:
Kilobyte	1,024 byte
Megabyte	1,024 kilobyte
Gigabyte	1,024 megabyte
Terrabyte	1,024 gigabyte
Petabyte	1,024 terrabyte
Exabyte	1.024 petabyte
Zettabyte	1,024 exabyte
Yottabyte	1,024 zettabyte

Hal ini menyebabkan masalah baru yaitu kita harus menggabungkan dan memeriksa data dalam jumlah yang sangat besar. Data yang ada diantaranya adalah foto persebaran suatu makhluk hidup dan data ini sering tidak memenuhi standar untuk dimasukkan ke dalam basis data. Sehingga timbul lagi masalah yang lain yaitu standardisasi data.



Gambar 11.1

Gambar 11.1 memperlihatkan foto persebaran suatu spesies makhluk hidup. Foto ini sama sekali tidak jelas karena masih berbentuk foto sonar.

Tantangan selanjutnya adalah menciptakan mesin pencari dengan himpunan data yang sangat banyak dan dapat digunakan dengan cepat (real-time). Keluaran dari mesin ini adalah data-data yang sangat lengkap, mulai dari nama, fisiologi, musim kawin dan sebagainya. Mesin ini nantinya akan diletakkan di dunia maya, sehingga dapat diakses semua orang. Tidak lupa pula, mesin ini akan memeriksa dan mengoreksi kesalahan penulisan yang umum terjadi.

Tambahan juga, masukan untuk mesin pencari ini bisa ditambah nama daerah atau ciri-ciri lainnya. Misalnya Anda baru pulang berlibur dari India, lalu ada laba-laba besar dalam tas koper, Anda dapat mencari tahu tentang laba-laba ini dengan mengetikkan spider India big black dan seterusnya. Sehingga, apabila ternyata laba-laba tersebut tidak beracun, anda dapat membenahi koper anda dengan tenang.

12. Manfaat Lain Dari Bank Data Spesies

Bank Data Spesies secara luas juga bisa dimanfaatkan untuk berbagai macam bidang lain, diantaranya sebagai berikut:

- Pertanian
- Biomedis
- Bioteknologi
- Manajemen Sumber Daya Alam
- Pengendalian Hama
- Pengendalian Wabah Penyakit
- Perubahan iklim global

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cayley, A. "On the Theory of Analytic Forms Called Trees." *Philos. Mag.* **13**, 19-30, 1857. Reprinted in *Mathematical Papers, Vol. 3*. Cambridge: pp. 242-246, 1891.
- [2] Harary, F. "Trees." Ch. 4 in *Graph Theory*. Reading, MA: Addison-Wesley, pp. 32-42, 187-194, and 231-234, 1994.
- [3] Harary, F. and Manvel, B. "Trees." *Scripta Math.* **28**, 327-333, 1970.
- [4] Harary, F. and Palmer, E. M. *Graphical Enumeration*. New York: Academic Press, 1973.
- [5] Knuth, D. E. *The Art of Computer Programming, Vol. 1: Fundamental Algorithms, 3rd ed.* Reading, MA: Addison-Wesley, 1997.
- [6] Munir, Rinaldi. (2004). Bahan Kuliah IF2153 Matematika Diskrit. Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- [7] Skiena, S. "Trees." *Implementing Discrete Mathematics: Combinatorics and Graph Theory with Mathematica*. Reading, MA: Addison-Wesley, pp. 107 and 151-153, 1990.
- [8] TEAM PENYUSUN. (2005). Kaji Latih Super Intensif 2005 Kemampuan IPA. LBB Sony Sugema College, Bandung.