

## Pengembangan Sistem Manajemen Pengetahuan Tumbuhan Obat Indonesia Berbasis Ontologi

### *Development of Ontology-Based Indonesian Medicinal Plant Knowledge Management System*

SYUKRIANSYAH<sup>1\*</sup>, WISNU ANANTA KUSUMA<sup>1</sup>, ANNISA<sup>1</sup>

#### Abstrak

Pengetahuan tumbuhan obat oleh masyarakat atau etnis lokal untuk penyakit atau gejala tertentu telah berperan penting dalam penemuan beberapa obat berharga yang telah digunakan secara turun-temurun selama bertahun-tahun. Selain itu, banyak sumber pengetahuan tumbuhan obat Indonesia yang heterogen dan terpisah-pisah sehingga sangat penting untuk mengintegrasikannya. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan sistem manajemen pengetahuan (KMS) yang dapat menyimpan, mengelola, berbagi, dan merepresentasikan pengetahuan tumbuhan obat Indonesia sehingga dapat dibagikan, digunakan kembali, dan dimanfaatkan dalam kesehatan Indonesia. Penelitian ini menggunakan ontologi sebagai pola dalam membangun grafik pengetahuan dengan menggunakan basis data graf Neo4j dan kueri Chyper untuk melakukan penalaran pengetahuan berbasis graf. Penalaran pengetahuan berbasis graf digunakan untuk memperoleh pengetahuan terkait. Ontologi dibangun berdasarkan konsep kunci dalam pengobatan tradisional kemudian dipadukan dengan ontologi penyakit (DO) untuk mengatasi kesenjangan antara istilah pemanfaatan tumbuhan tradisional dan istilah medis serta memperkaya pengetahuan kedokteran Indonesia. Sumber data yang digunakan untuk membangun ontologi antara lain adalah Laporan Nasional Eksplorasi Pengetahuan Lokal Etnomedisin dan Tumbuhan Obat di Indonesia Berbasis Komunitas, Integrated Digitized Biocollections (iDigBio), Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Disease Ontology (DO), Basis Data Tanaman Obat Indonesia (HerbalDB), Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases (Dr. Duke's), Indian Medicinal Plants, Phytochemistry and Therapeutics (IMPPAT), Collection of Open Natural Products (COCONUT), KNApSACk, BioGRID, DisGeNET, dan Side Effect Resource (SIDER). Sistem dikembangkan dengan arsitektur REST API yang terdiri dari *front-end* (klien) dan *back-end* (server). Klien memiliki dua sistem utama, yaitu pencarian pengetahuan dan manajemen pengetahuan.

Kata Kunci: basis data graf, graf pengetahuan, sistem manajemen pengetahuan, tumbuhan obat, ontologi

#### Abstract

*The knowledge of medical plants held by local communities and ethnic groups has significantly contributed to the discovery of valuable medicines that have been used through generations. Additionally, in Indonesia, there are diverse sources of medicinal plant knowledge that are currently fragmented. It is crucial to integrate and manage this knowledge effectively. Therefore, it is very important to develop a knowledge management system (KMS) that can store, manage, share and represent Indonesian medicinal plant knowledge so that it can be accessible, reusable, and applicable in the field of Indonesian healthcare. This research uses ontology as a framework for constructing knowledge graphs. The Neo4j graph database, along with Cypher queries, is employed to perform graph-based knowledge reasoning. Graph-based knowledge reasoning is used to obtain related knowledge. The ontology is built based on key concepts in traditional medicine and is integrated with Disease Ontology (DO) to overcome the gap between traditional plant terminology and medical terminology. This integration enriches the body of medical knowledge in Indonesia. The data sources used to build the ontology include the National Report on Community-Based Exploration of Local Knowledge of Ethnomedicine and Medicinal Plants in Indonesia, Integrated Digitized Biocollections (iDigBio), Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Disease Ontology (DO), Indonesian Medicinal Plant Database (HerbalDB), Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases (Dr. Duke's), Indian Medicinal Plants, Phytochemistry and Therapeutics (IMPPAT), Collection of Open Natural Products (COCONUT), KNApSACk, BioGRID, DisGeNET, and Side Effect Resource (SIDER). The system*

<sup>1</sup> Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680;

\* Penulis Korespondensi: Tel/Faks: 0813-8992-2683; Surel: 2020syukriyansyah@apps.ipb.ac.id

is developed with a REST API architecture consisting of a front-end (client) and back-end (server). The client has two primary systems, namely a knowledge search system and a knowledge management system.

*Keywords:* graph database, knowledge graph, knowledge management system, medicinal plants, ontology

## PENDAHULUAN

Tumbuhan yang memiliki khasiat obat merupakan bahan yang paling populer dan paling utama yang digunakan dalam pembuatan obat tradisional atau obat herbal (Tiwari 2008). Tujuan umum dari penggunaan obat herbal adalah untuk mengobati penyakit, meningkatkan atau memelihara kesehatan, dan mencegah penyakit (El-Dahiyat *et al.* 2020). Selain tujuan tersebut, penggunaan obat tradisional di Indonesia digunakan juga oleh orang yang menderita penyakit atau gejala penyakit kronis (Pengpid dan Peltzer 2018).

Pengetahuan tentang tumbuhan obat dan cara penggunaannya secara tradisional oleh masyarakat lokal atau suatu etnis tertentu untuk suatu penyakit atau gejala penyakit tertentu terbukti telah banyak menginspirasi penemuan obat yang berharga (Yuan *et al.* 2016) dan obat yang digunakan dalam pengobatan klinis (Newman *et al.* 2003). Banyak juga obat modern ditemukan berdasarkan ekstrak tumbuhan melalui pendekatan pengetahuan lokal (Cox dan Balick 1994; Barboza *et al.* 2007). Hal tersebut membuktikan bahwa pentingnya pengetahuan tentang penggunaan tumbuhan obat yang dimiliki oleh masyarakat lokal atau etnis tertentu dalam pengembangan obat modern.

Pengetahuan tumbuhan obat Indonesia sangat penting untuk dikelola agar tidak hilang. Selain agar tidak hilang, pengetahuan yang terpisah-pisah dari berbagai sumber akan menyebabkan pengetahuan menjadi tidak utuh dan berpotensi menimbulkan resiko efek samping bagi pengguna apabila digunakan dengan cara yang tidak tepat. Penggunaan yang tidak tepat seperti dalam memilih bahan, dosis, waktu penggunaan, cara penggunaan, telaah informasi, adanya penyalahgunaan, dan tidak tepat dalam memilih obat untuk indikasi tertentu (Sari 2006). Efek samping juga terjadi disebabkan oleh tidak tersedianya informasi yang cukup tentang obat-obatan herbal (El-Dahiyat *et al.* 2020).

Pada bidang kecerdasan buatan (AI), ontologi sering digunakan untuk mendukung kegiatan atau proses *Knowledge Management* (KM) (Fensel 2001) dan merupakan langkah kunci sebagai representasi pengetahuan untuk membangun graf pengetahuan dengan data dan informasi sebagai masukannya (Lin *et al.* 2021). Graf pengetahuan merupakan sebuah cara yang sistematis untuk menghubungkan data dan informasi ke pengetahuan pada tingkat yang lebih abstrak, memiliki banyak keuntungan dalam hal pencarian, mampu menghasilkan ide-ide baru, meningkatkan analisis data, dan pembuatan hipotesis (Dörpinghaus *et al.* 2020).

Penggunaan ontologi dalam pengembangan graf pengetahuan pada domain pengobatan atau medis telah banyak dilakukan, salah satunya dilakukan oleh (Yu *et al.* 2017). Yu *et al.* (2017) menggunakan ontologi sebagai dasar dalam membentuk graf pengetahuan pengobatan tradisional Tiongkok (TCM). Penelitian lain juga dilakukan oleh Shi *et al.* (2017) menggunakan ontologi untuk mengintegrasikan, memetakan, dan memberikan hubungan semantik antar konsep *Health Data Management* (HDM) dan *Electronic Health Record* (HER) dari berbagai sumber pengetahuan yang heterogen untuk membangun graf pengetahuan kesehatan semantik sehingga dapat melakukan inferensi guna mengambil pengetahuan baru dalam graf pengetahuan tersebut.

Graf pengetahuan dapat disimpan menggunakan basis data graf (Chenglin *et al.* 2018; Zhao *et al.* 2018; Tan *et al.* 2021). Basis data graf menyimpan simpul (*node*), tepi (*edge*), dan properti graf dengan berbagai keuntungan, seperti menyediakan bahasa kueri graf yang sempurna dan mendukung berbagai algoritma penggalian graf (Zhao *et al.* 2018). Pangkalan data graf yang sangat populer untuk menyimpan graf pengetahuan adalah Neo4j (Chenglin *et al.* 2018; Zhao *et al.* 2018; Tan *et al.* 2021). Aldwairi *et al.* (2023) pada penelitiannya juga mengungkapkan bahwa basis data graf memiliki kinerja lebih baik dibandingkan dengan *Resource Description Framework* (RDF) *triplestore*, terutama dalam era *big data* untuk data layanan kesehatan yang sangat besar.

Saat ini masih sangat sedikit bahkan hampir belum ada sistem manajemen pengetahuan tumbuhan obat Indonesia menggunakan ontologi sebagai pola dasar untuk membangun graf pengetahuan menggunakan basis data graf Neo4j dari berbagai sumber pengetahuan yang heterogen. Hal ini menjadikan pengembangan sistem tersebut sangat penting sebagai sarana untuk memfasilitasi berbagai layanan pengetahuan cerdas, seperti mengelola pengetahuan, memvisualisasikan pengetahuan, dan mencari pengetahuan agar pengetahuan tersebut dapat dibagikan, digunakan kembali, dan dimanfaatkan dalam perawatan kesehatan masyarakat Indonesia.

## METODE

Penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu analisis kebutuhan, desain skema/konstruksi ontologi, ekstraksi pengetahuan, penyimpanan graf pengetahuan, penalaran pengetahuan, desain KMS, implementasi KMS, dan pengujian KMS. Tahapan yang dilalui dapat dilihat pada Gambar 1.

### Analisis Kebutuhan

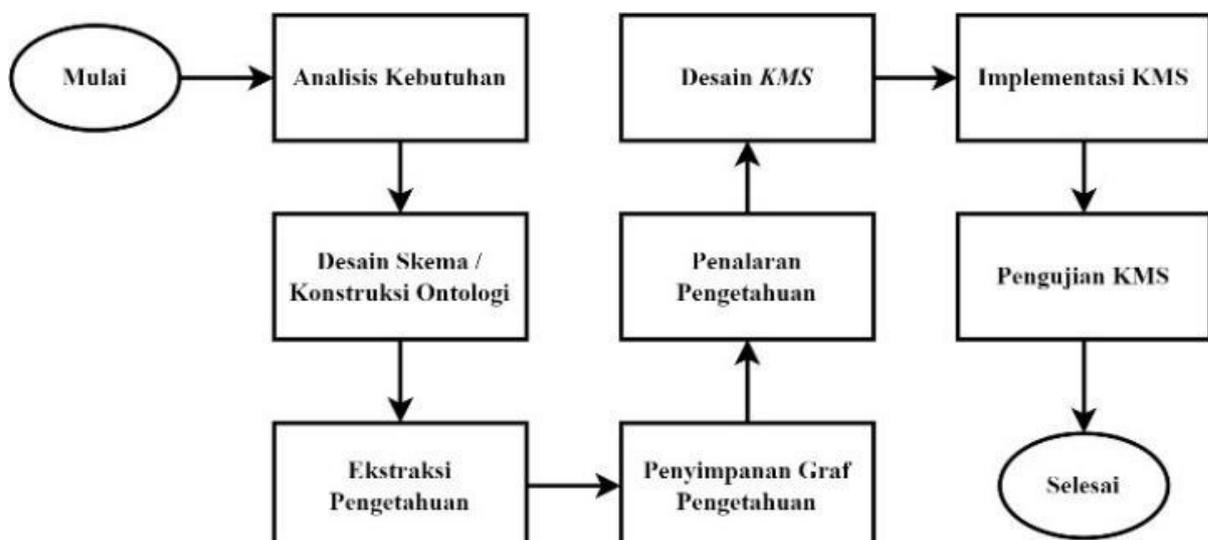
Analisis kebutuhan digunakan untuk memberikan batasan terkait konsep-konsep atau domain pengetahuan tumbuhan obat dalam pembentukan ontologi yang akan dibangun. Pada penelitian ini, digunakan studi literatur untuk melakukan analisis kebutuhan dalam menentukan ruang lingkup ontologi. Hasil dari analisis kebutuhan yaitu ruang lingkup ontologi tumbuhan obat yang tujuannya untuk memberikan basis pengetahuan tentang tumbuhan obat Indonesia.

### Desain Skema / Konstruksi Ontologi

Ontologi dibangun berdasarkan konsep-konsep umum yang telah ditentukan pada analisis. Selanjutnya konsep-konsep umum tersebut diperinci untuk lebih spesifik dan membentuk relasi terkait antar konsep-konsep tersebut. Ontologi awal yang terbentuk selanjutnya akan digabungkan dengan ontologi penyakit (DO) (<https://disease-ontology.org>).

### Ekstraksi Pengetahuan

Ekstraksi pengetahuan bertujuan untuk membentuk pengetahuan dari berbagai sumber dan struktur data yang berbeda, dan selanjutnya akan disimpan dalam graf pengetahuan (Chao *et al.* 2021). Chenglin *et al.* (2018) menamai proses ini dengan sebutan akuisisi pengetahuan. Inti dari tahapan proses pada penelitian ini adalah untuk mengumpulkan entitas dan atributnya dari berbagai sumber data yang ada.



Gambar 1 Tahapan penelitian

## Penyimpanan Graf Pengetahuan

Keputusan utama dalam desain graf pengetahuan adalah untuk mencatat semua data ke dalam setiap simpul (*node*) dan tepi (*edge*) (Szekely *et al.* 2015). Basis data graf Neo4j digunakan untuk menyimpan graf pengetahuan tumbuhan obat Indonesia. Selain untuk menyimpan graf pengetahuan, Neo4j sangat mendukung semua jenis algoritma terkait graf menggunakan bahasa kueri Chyper (Chenglin *et al.* 2018; Tan *et al.* 2021).

## Penalaran Pengetahuan

Chen *et al.* (2019) menyimpulkan dari berbagai definisi terkait penalaran pengetahuan, bahwa secara umum penalaran pengetahuan merupakan proses yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan baru dengan cara membuat kesimpulan dari data yang ada. Sebagai contoh, Yu *et al.* (2017) membangun sistem rekomendasi cerdas dari graf pengetahuan TCM untuk memberikan pengetahuan dan saran yang efektif berdasarkan informasi kesehatan pribadi pengguna. Hal serupa juga telah dilakukan oleh Shi *et al.* (2017) dalam menerapkan sistem asisten diagnosis cerdas menggunakan penalaran pada graf pengetahuan untuk memberikan saran diagnosis dan pengobatan dari gejala yang diberikan. Penalaran pengetahuan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pendekatan graf.

## Desain KMS

Pada penelitian ini, kegiatan yang dilakukan di antaranya adalah mendesain arsitektur KMS, mendesain sistem menggunakan UML dengan representasi diagram *use case* dan mendesain antarmuka sistem.

## Implementasi KMS

Implementasi KMS dilakukan berdasarkan desain KMS yang telah dilakukan dengan melakukan proses pengkodean untuk menerjemahkan hasil desain.

## Pengujian KMS

Pengujian sistem bertujuan untuk memastikan bahwa KMS melakukan operasi yang sesuai (Mostefai dan Ahmed-Nacer 2011). Pada penelitian ini, pengujian sistem dilakukan menggunakan pengujian *black box*.

# HASIL DAN PEMBAHASAN

## Analisis Kebutuhan

Tumbuhan obat telah lama digunakan oleh masyarakat lokal (etnis) Indonesia berdasarkan bukti khasiat secara turun-temurun (empiris), sehingga perlu dikolaborasikan dengan pengetahuan farmakologi agar tumbuhan yang digunakan lebih aman dan efektif. Pengetahuan farmakologi pada tumbuhan dapat mengidentifikasi senyawa-senyawa yang memiliki potensi farmakologi. Kesenjangan antara pengobatan tradisional dengan modern menyebabkan perbedaan pengetahuan dalam memahami suatu manfaat dari tumbuhan. Maka sangat penting untuk melakukan pemetaan pada istilah penggunaan tumbuhan secara tradisional dengan istilah penyakit maupun gejala penyakit secara medis untuk menggali secara mendalam hubungan penyakit dengan konsep lainnya.

Pengetahuan tumbuhan pada suatu etnis tertentu menyebabkan banyaknya perbedaan pengetahuan baik dalam penamaan, pemanfaatan, maupun cara penggunaan. Hal ini menjadikan sangat penting untuk terus mencatat dan mendokumentasikan pengetahuan tersebut agar dapat diidentifikasi dan dikelola dengan baik.

Berdasarkan pengetahuan tradisional, farmakologi tumbuhan obat, dan kesenjangan antara pengobatan tradisional dan modern, maka konsep/domain utama yang digunakan dalam membangun ontologi tumbuhan obat Indonesia yaitu tumbuhan, nama tumbuhan, taksonomi



digunakan secara bersama-sama. Penyelarasan dilakukan dengan dua cara. Pertama, menyaring data berdasarkan parameter “*dwc:taxonID*” yang memiliki nilai untuk sumber data iDigBio. Parameter “*dwc:taxonID*” pada iDigBio mereferensi ke id takson di GBIF. Kedua, penyelarasan dengan melakukan pemetaan ke GBIF menggunakan *Application Programming Interface* (API) dengan *endpoint* “/species/match”. *Endpoint* tersebut akan melakukan pencocokan nama latin tumbuhan yang disediakan oleh GBIF. Cara ini dilakukan pada sumber data Herbaldb, RISTOJA 2012, dan RISTOJA 2015. Selanjutnya, hasil dari pemetaan dilakukan pemeriksaan ulang pada data yang tergolong selain dalam tingkatan *species*, *subspecies*, *variety*, dan *form* pada sumber data Herbaldb, RISTOJA 2012, dan RISTOJA 2015.

Pemeriksaan ulang dilakukan dengan dua cara. Pertama, dengan menggunakan layanan API penyarian nama pada GBIF. Kedua, jika hasil dari pencarian nama dengan layanan API penyarian nama GBIF tidak ditemukan, maka pemeriksaan ulang dilakukan secara manual.

Proses selanjutnya adalah mengambil informasi nama sinonim dari nama yang bersatus diterima (*accepted*) berdasarkan parameter GBIF *key* menggunakan GBIF API, mengambil 19,067 informasi nama yang diterima (*accepted*) dari selain nama yang berstatus diterima dan *doubtful* berdasarkan parameter “acceptedKey” pada GBIF menggunakan GBIF API, dan terakhir adalah menggabungkan seluruh data tersebut.

Total keseluruhan data setelah digabung adalah sebanyak 216,240 GBIF *key* unik yang teridentifikasi berada pada berbagai klasifikasi tingkat taksonomi, yaitu 2 *key* pada tingkat *genus*, 163,084 *key* pada tingkat *species*, 12,061 *key* pada tingkat *subspecies*, 34,466 *key* pada tingkat *variety*, 6186 *key* pada tingkat *form*, 3 *key* pada tingkat *species aggregate*, 438 *key* tidak memiliki tingkat taksonomi (*unranked*). Berdasarkan klasifikasi tingkat taksonomi tersebut, data yang diambil adalah data yang memiliki tingkat spesies dan ke yang lebih spesifik, yaitu tingkat *species*, *subspecies*, *variety*, dan *form*. Total data yang terseleksi adalah sebanyak 215,797 GBIF *key* unik, terdiri atas 215,688 nama ilmiah, 182,635 nama *canonical*, 8 *phylum*, 31 *class*, 159 *order*, 564 *family*, 4453 *genus*, 32,669 *species*, 6 klasifikasi status taksonomi nama spesies (34,435 nama berstatus *accepted*, 140,176 nama berstatus *synonym*, 30,236 nama berstatus *homotypic synonym*, 9710 nama berstatus *heterotypic synonym*, dan 74 nama berstatus *proparte synonym*), dan 4 klasifikasi tingkat taksonomi (163,084 tingkat *species*, 12,061 tingkat *subspecies*, 34,466 tingkat *variety*, dan 12,061 tingkat *form*).

Proses selanjutnya adalah menentukan atribut yang akan digunakan pada entitas tumbuhan. Atribut-atribut ini digunakan untuk memberikan informasi yang lebih rinci tentang suatu entitas tumbuhan. Atribut yang digunakan pada entitas tumbuhan adalah *id*, *label*, *rank*, *status*, *refs*, dan *xrefs*. Atribut *id* merupakan properti yang mewakili nomor identitas setiap tumbuhan secara unik. Atribut *label* merupakan properti yang mewakili nama dari tumbuhan yang diambil berdasarkan nama *canonical* tumbuhan. Atribut *rank* merupakan properti yang mewakili klasifikasi dalam taksonomi untuk mengelompokkan tumbuhan ke dalam tingkatan yang berbeda. Atribut *status* merupakan properti yang merujuk pada status taksonomi suatu nama tumbuhan. Atribut *refs* merupakan properti yang merujuk pada sumber data tumbuhan berasal. Atribut *xrefs* atau *cross references* merupakan atribut yang digunakan sebagai kumpulan referensi dari sumber basis data lainnya (misalnya, GBIF *key*, coreid iDigBio, id tumbuhan Herbaldb, dll).

## 2. Nama Tumbuhan

Berdasarkan model konseptual yang telah dibangun pada ontologi, nama tumbuhan terdiri atas nama ilmiah, nama umum, dan nama lokal.

### a. Nama ilmiah

Jumlah nama ilmiah dari data tumbuhan Indonesia yang telah diperoleh adalah sebanyak 215,688 nama ilmiah unik. Jumlah hubungan antar konsep tumbuhan dengan nama ilmiah ((*Plant*)-[HAS\_NAME]-(*ScientificName*)) adalah sebanyak 215,797 hubungan. Atribut yang digunakan pada konsep ini adalah *id*, *label*, dan *xrefs*.

b. Nama umum

Nama umum diperoleh dari beberapa sumber data yaitu, FROTI (Kepmenkes RI 2017), 100 Top Tumbuhan Obat (Widiyastuti *et al.* 2011), dan menggunakan layanan API pengambilan nama *vernacular* pada GBIF berdasarkan 215,797 GBIF *key* yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil keseluruhan data yang diperoleh sebanyak 86,511 baris data. Selanjutnya adalah menghapus baris data yang tidak memiliki nilai pada *language*, sehingga data pada saat ini adalah sebanyak 65,635 baris data. Berdasarkan hasil tersebut, terdapat sebanyak 51,297 baris data negara yang bernilai kosong, sehingga dilakukan proses pemetaan data negara berdasarkan data bahasa yang tersedia menggunakan pustaka *python iso369-lang* versi 2.10. Hasil menunjukkan terdapat sebanyak 7077 GBIF *key* (berdasarkan *taxonKey*), 48,239 nama umum unik (berdasarkan *vernacularName*), 105 bahasa unik (*language*), 180 negara unik (*country*), 59 sumber data unik (*refs*), dan 22,819 *key* sumber (*sourceKey*), sehingga hubungan antara tumbuhan dengan nama umum ((*Plant*)-[*HAS\_NAME*]-(*CommonName*)) adalah sebanyak 57,820 hubungan. Atribut yang digunakan pada entitas ini adalah *id*, *label*, *language*, *country*, dan *refs*.

c. Nama lokal

Nama lokal diperoleh dari dua sampel laporan penelitian RISTOJA yang tersedia secara bebas di internet, yaitu penggunaan tumbuhan obat oleh etnis Osing, Provinsi Jawa Timur (RISTOJA Osing) (Kemenkes RI 2015a) dan etnis Bali Aga, Provinsi Bali (RISTOJA Bali Aga) (Kemenkes RI 2015b). Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 220 nama lokal dari 190 tumbuhan. Jika berdasarkan etnis, maka terdapat sebanyak 83 nama lokal dari 66 tumbuhan pada etnis Bali Aga dan sebanyak 149 nama lokal dari 140 tumbuhan pada etnis Osing.

Proses selanjutnya adalah melakukan pemetaan ke data tumbuhan Indonesia yang sebelumnya telah diperoleh. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 165 nama lokal dari 210 tumbuhan (79 nama lokal dari 61 tumbuhan berdasarkan etnis Osing dan 141 nama lokal dari 131 tumbuhan berdasarkan etnis Bali Aga). Hubungan antara tumbuhan dengan nama lokal ((*Plant*)-[*HAS\_NAME*]-(*Local Name*)) mengandung sebanyak 357 hubungan, sedangkan hubungan nama lokal dengan etnis ((*Local Name*)-[*NAME\_OF*]-(*Ethnic*)) mengandung sebanyak 357 hubungan. Atribut yang digunakan pada entitas ini adalah *id*, *label*, dan *refs*.

### 3. Taksonomi Tumbuhan

Berdasarkan data tumbuhan Indonesia yang telah diperoleh, terdapat 1 *kingdom*, 7 *phylum*, 30 *class*, 158 *order*, 566 *family*, 4505 *genus*, dan 33,146 *species*. Sementara itu, jumlah data berdasarkan hubungan antar konsep adalah sebagai berikut: (Phylum)-[*IS\_A*]-(*Kingdom*) 7 data, (Class)-[*IS\_A*]-(*Phylum*) 30 data, (Order)-[*IS\_A*]-(*Class*) 158 data, (Family)-[*IS\_A*]-(*Order*) 563 data, (Genus)-[*IS\_A*]-(*Family*) 4490 data, (Species)-[*IS\_A*]-(*Genus*) 33,145 data, (Plant)-[*HAS\_KINGDOM*]-(*Kingdom*) 215,145 data, (Plant)-[*HAS\_PHYLUM*]-(*Phylum*) 215,817 data, (Plant)-[*HAS\_CLASS*]-(*Class*) 215,810 data, (Plant)-[*HAS\_ORDER*]-(*Order*) 216,023 data, (Plant)-[*HAS\_FAMILY*]-(*Family*) 216,587 data, (Plant)-[*HAS\_GENUS*]-(*Genus*) 220,326 data, dan (Plant)-[*HAS\_SPECIES*]-(*Species*) 229,497 data.

### 4. Bagian Tumbuhan

Sumber data yang digunakan untuk memperoleh bagian tumbuhan adalah Dr. Duke's (U.S. Department of Agriculture), IMPPAT (Mohanraj *et al.* 2018), RISTOJA Osing (Kemenkes RI 2015b), dan RISTOJA Bali Aga (Kemenkes RI 2015a). Hasil ekstraksi bagian tumbuhan untuk masing-masing sumber data adalah sebagai berikut: Dr. Duke 115 data, IMPPAT 31 data, RISTOJA Osing 16 data, dan RISTOJA Bali Aga 15 data.

Langkah selanjutnya adalah menerjemahkan bagian-bagian tumbuhan dalam bahasa Inggris ke dalam bahasa Indonesia untuk sumber Duke dan IMPPAT. Sebaliknya, sumber

RISTOJA Osing dan RISTOJA Bali Aga diterjemahkan dari bahasa Indonesia ke dalam bahasa Inggris. Terjemahan dilakukan menggunakan perpustakaan terjemahan. Selanjutnya, dilakukan penggabungan bagian tanaman dari semua sumber, menghapus data duplikat, dan menetapkan kode unik untuk setiap bagian tanaman. Hasil dari proses ini terdapat 122 bagian tanaman unik dan 11,675 (Plant)-[HAS\_PART]-[PlantPart] pasangan. Atribut yang digunakan dalam entitas ini adalah id, label, dan labelid.

## 5. Senyawa Tumbuhan

Senyawa sebagai sebuah produk alami dari tumbuhan diperoleh dari Collection of Open Natural Products (COCONUT) versi Januari 2022 (Sorokina *et al.* 2021). Sementara data untuk hubungan antar konsep tumbuhan dengan senyawa dan bagian tumbuhan dengan senyawa diperoleh dari beberapa sumber data, yaitu herbaldb (<http://herbaldb.farmasi.ui.ac.id/v3/>), IMPPAT (Mohanraj *et al.* 2018), Dr. Duke's (U.S. Department of Agriculture), dan KNApSAcK (<http://www.knapsackfamily.com>).

### a. COCONUT

Data senyawa pada Collection of Open Natural Products (COCONUT) diperoleh dengan mengunduh data mentah "MongoDB dump" di <https://coconut.naturalproducts.net/download>. COCONUT mengandung sebanyak 404,270 senyawa alami unik. Atribut yang digunakan pada entitas senyawa adalah *id*, *label*, *iupac\_name*, *molecular\_formula*, *refs*, dan *xrefs*.

### b. Herbaldb

Data senyawa pada herbaldb diperoleh menggunakan teknik *crawling* menggunakan pustaka Beautiful Soup 4 (versi 4.8.1). Hasil ekstraksi mengandung sebanyak 4732 pasangan tumbuhan-senyawa, terdiri atas 431 tumbuhan dan 3691 senyawa. Proses selanjutnya adalah melakukan seleksi data tumbuhan pada herbaldb berdasarkan data tumbuhan yang telah diperoleh sebelumnya dan melakukan pemetaan senyawa pada tumbuhan terpilih ke COCONUT untuk mendapatkan senyawa alami saja menggunakan id KNApSAcK yang terdapat pada referensi silang di herbaldb. Hasil seleksi dan pemetaan mengandung sebanyak 3988 pasangan tumbuhan-senyawa, terdiri atas 429 tumbuhan dan 2841 senyawa alami.

### c. KNApSAcK

Data senyawa pada KNApSAcK diperoleh menggunakan teknik *crawling* menggunakan pustaka Beautiful Soup 4 (versi 4.8.1). Hasil ekstraksi mengandung sebanyak 134,227 pasangan tumbuhan-senyawa, terdiri atas 49,300 senyawa dan 21,875 tumbuhan. Proses selanjutnya adalah melakukan seleksi data tumbuhan pada KNApSAcK berdasarkan data tumbuhan yang telah diperoleh sebelumnya dan melakukan pemetaan senyawa pada tumbuhan terpilih ke COCONUT untuk mendapatkan senyawa alami saja menggunakan id senyawa KNApSAcK. Hasil seleksi dan pemetaan mengandung sebanyak 12,134 pasangan tumbuhan-senyawa, terdiri atas 2431 tumbuhan dan 5781 senyawa alami.

### d. Dr. Duke's

Dr. Duke's mengandung sebanyak 104,388 pasangan tumbuhan-bagian tumbuhan-senyawa, terdiri atas 2315 tumbuhan, 90 klasifikasi bagian tumbuhan, dan 24,771 senyawa. Proses selanjutnya adalah melakukan seleksi data tumbuhan pada Duke's berdasarkan data tumbuhan yang telah diperoleh sebelumnya dan melakukan pemetaan senyawa pada tumbuhan terpilih ke COCONUT untuk mendapatkan senyawa alami saja menggunakan nama senyawa. Hasil seleksi dan pemetaan mengandung sebanyak 24,327 pasangan tumbuhan-bagian tumbuhan-senyawa, terdiri atas 768 tumbuhan, 73 bagian tumbuhan, dan 977 senyawa alami.

### e. IMPPAT

Data pada IMPPAT diekstrak menggunakan teknik *crawling* menggunakan pustaka Beautiful Soup 4 (versi 4.8.1). Hasil ekstraksi mengandung sebanyak 189,386 pasangan

tumbuhan-bagian tumbuhan-senyawa, terdiri atas 4010 tumbuhan, 32 klasifikasi bagian tumbuhan, dan 17,967 senyawa.

Proses selanjutnya adalah melakukan seleksi data tumbuhan pada IMPPAT berdasarkan data tumbuhan yang telah diperoleh sebelumnya dan melakukan pemetaan senyawa pada tumbuhan terpilih ke COCONUT untuk mendapatkan senyawa alami saja menggunakan referensi silang pada IMPPAT seperti ChEBI, ZINC, dan ChEMBL. Hasil seleksi dan pemetaan mengandung sebanyak 108,019 pasangan tumbuhan-bagian tumbuhan-senyawa, terdiri atas 2877 tumbuhan, 28 bagian tumbuhan, dan 3666 senyawa alami.

Setelah semua sumber data diekstrak, langkah selanjutnya adalah menggabungkan seluruh hasil ekstraksi. Hasil penggabungan mengandung sebanyak 5162 tumbuhan, 83 bagian tumbuhan, 9567 senyawa alami, 88,849 hubungan (*Plant*)-[HAS\_COMPOUND]-(*Compound*), dan 13,742 data hubungan (*PlantPart*)-[HAS\_COMPOUND]-(*Compound*).

## 6. Ontologi Penyakit

Ontologi penyakit (DO) (Schriml *et al.* 2022) diunduh dengan format JSON dari <https://raw.githubusercontent.com/DiseaseOntology/HumanDiseaseOntology/main/src/ontology/doid.json>. Kelas/konsep pada DO diekstrak berdasarkan properti *class* pada properti *node* dengan menyaring data yang tidak usang (*deprecated*) dan relasi diekstrak berdasarkan *edge* pada struktur data JSON. *Class* tersebut menggambarkan suatu kelas atau konsep pada ontologi. *Edge* pada data ini berbentuk *triple* (subjek, predikat, objek), berisi pasangan hubungan antar konsep yang digambarkan oleh subjek (sebagai *node* sumber), predikat (sebagai jenis relasi), dan objek (sebagai *node* tujuan).

## 7. Protein

Protein diperoleh dari sumber basis data BioGRID (<https://thebiogrid.org/>) dan DisGeNET (<https://www.disgenet.org/>). Gen/Protein pada BioGRID diambil dari berkas data mentah “BIOGRID-ALL-4.4.222.tab3.zip” pada <https://downloads.thebiogrid.org/BioGRID/Release-Archive/BIOGRID-4.4.222/> dan protein pada DisGeNET diambil dari berkas “curated\_gene\_disease\_associations.tsv” pada [https://www.DisGeNET.org/static/DisGeNET\\_ap1/files/downloads/curated\\_gene\\_disease\\_associations.tsv.gz](https://www.DisGeNET.org/static/DisGeNET_ap1/files/downloads/curated_gene_disease_associations.tsv.gz). Berkas “BIOGRID-ALL-4.4.222.tab3.zip” pada BioGRID mengandung sebanyak 85,406 gen/protein dari interaksi antar protein. Sementara berkas “curated\_gene\_disease\_associations.tsv” dari DisGeNET mengandung sebanyak 9703 protein; 11,181 penyakit, fenotipe, dan gabungan ke duanya; dan 84,038 asosiasi protein dengan penyakit, fenotipe, dan gabungan ke duanya. Total protein dari ke dua sumber tersebut ialah sebanyak 92,928 gen/protein unik.

Proses selanjutnya adalah melakukan pemetaan penyakit, fenotipe, dan gabungan keduanya pada DisGeNET ke penyakit di DO, fenotipe di Human Phenotype Ontology (HPO), dan gejala di symptom untuk mendapatkan asosiasi protein di DisGeNET ke setiap sumber data. Pemetaan dilakukan berdasarkan id penyakit DisGeNET yang merupakan kode identifikasi unik (*Concept Unique Identifier* (CUI)) sumber pengetahuan Sistem Bahasa Medis Terpadu (*Unified Medical Language System* (UMLS)) ke referensi silang setiap sumber data. Hasil pemetaan mengandung sebanyak 31,481 hubungan (*Disease*)-[ASSOCIATED]-(*Protein*), 319 hubungan (*Symptom*)-[ASSOCIATED]-(*Protein*), dan 28,895 hubungan (*Disease*)-[ASSOCIATED]-(*Phenotype*).

## 8. Interaksi Protein-Protein

Interaksi protein-protein (PPI) yang digunakan merupakan interaksi yang diverifikasi secara eksperimental antar protein dari sumber basis data BioGRID. PPI pada BioGRID diambil dari berkas data mentah “BIOGRID-ORGANISM-Homo\_sapiens-4.4.222.mitab.txt” yang diunduh pada <https://downloads.thebiogrid.org/File/BioGRID/Release-Archive/>

BIOGRID-4.4.222/BIOGRID-ORGANISM-4.4.222.mitab.zip mengandung 1,160,812 interaksi antar protein ((Protein)-[INTERACT]-(Protein)).

## 9. Interaksi Senyawa – Protein

Interaksi antara senyawa-protein yang digunakan berasal dari sumber basis data BioGRID. Interaksi tersebut diambil dari berkas data mentah “BIOGRID-CHEMICALS-4.4.222.chemtab.txt” yang diunduh pada [https://downloads.thebiogrid.org/File/BioGRID/Release-Archive/BIOGRID\\_4.4.222/BIOGRID-CHEMICALS-4.4.222.chemtab.zip](https://downloads.thebiogrid.org/File/BioGRID/Release-Archive/BIOGRID_4.4.222/BIOGRID-CHEMICALS-4.4.222.chemtab.zip) mengandung 30,725 interaksi. Senyawa dari interaksi tersebut selanjutnya dilakukan proses pemetaan ke data senyawa alami COCONUT. Hasil pemetaan menunjukkan sebanyak 836 interaksi senyawa-protein unik ((*Compound*)-[INTERACT]-(*Protein*)).

## 10. Efek Samping

Efek samping diperoleh dari sumber Side Effect Resource (SIDER) versi 4.4. SIDER mengandung sebanyak 30,948 pasangan antara senyawa dengan efek samping. Selanjutnya senyawa yang teridentifikasi sebagai id PubChem dilakukan pemetaan ke senyawa alami pada COCONUT berdasarkan *iupac name*. *Iupac name* setiap senyawa pada SIDER diperoleh menggunakan pustaka berdasarkan id PubChem pada SIDER. Sementara itu, efek samping dilakukan pemetaan ke penyakit (DO), gejala (SYMP), dan fenotipe (HPO) berdasarkan UMLS CUI. Hasil pemetaan mengandung sebanyak 87 senyawa alami pada COCONUT, 418 penyakit (DO), 741 fenotipe (HPO), dan 55 gejala penyakit. Jumlah hubungan antar konsep pada efek samping mengandung sebanyak (Compound)-[HAS\_SIDE\_EFFECT]-(Disease), (Compound)-[HAS\_SIDE\_EFFECT]-(Phenotype), dan (Compound)-[HAS\_SIDE\_EFFECT]-(Symptom).

## 11. Etnis

Jumlah etnis di Indonesia diperoleh dari sumber data BPS 2010 (BPS 2010). Sumber data tersebut memiliki sebanyak 327 etnis.

## 12. Penggunaan Tradisional

Penggunaan tumbuhan oleh masyarakat Indonesia secara tradisional tidak hanya digunakan dalam pengobatan penyakit, gejala penyakit, maupun manfaat lain dari selain keduanya. Sebagai contoh, sakit kepala merupakan gejala dari penyakit COVID-19 (Sampaio Rocha-Filho *et al.* 2022) and to characterize the headache. Method: This was a cross-sectional study. All hospital inpatients and health workers at the Hospital Universitario Oswaldo Cruz with a PCR-confirmed COVID-19 infection between March and June 2020 were considered for the study and were interviewed by telephone at least 2-months after the acute phase of the disease. These patients were identified by the hospital epidemiological surveillance department. A semi-structured questionnaire was used containing sociodemographic and clinical data and the ID-Migraine. Results: A total of 288 patients was interviewed; 53.1% were male; with a median age of 49.9 (41.5–60.5). Namun, praktik dalam masyarakat umum di Indonesia, mereka tidak dapat mengklasifikasikan hal tersebut. Terlebih lagi banyaknya penamaan penyakit maupun gejala penyakit yang dipengaruhi oleh bahasa masyarakat lokal (etnis). Bahkan mungkin masih sedikit atau belum ada suatu penelitian maupun sistem informasi yang berfokus pada pengklasifikasian penggunaan tumbuhan obat Indonesia tersebut.

Sampel data penggunaan tumbuhan obat secara tradisional diperoleh dari sumber data hasil RISTOJA oleh etnis Osing dan RISTOJA oleh etnis Bali Aga. Kedua sumber tersebut diekstraksi secara manual. Jumlah data yang diperoleh adalah sebanyak 894 hubungan antara tumbuhan dengan bagian tumbuhan, dan bagian tumbuhan dengan penggunaan tradisional, terdiri atas 95 data penggunaan tradisional, 96 tumbuhan, dan 11 bagian tumbuhan.

Proses selanjutnya adalah melakukan pemetaan penggunaan tradisional ke penyakit pada DO dan gejala pada symptom. Berdasarkan hasil pemetaan tersebut, terdapat sebanyak 54 data

penggunaan tradisional yang tergolong pada penyakit di DO, 13 data penggunaan tradisional yang tergolong pada gejala penyakit di symptom, 54 hubungan (TraditionalUse)-[EQUALS]- (Disease), dan 12 hubungan (TraditionalUse)-[EQUALS]- (Symptom).

### 13. Cara Penggunaan

Cara penggunaan tumbuhan diperoleh dari sumber Formularium Ramuan Obat Indonesia (FROTI) (Kepmenkes RI 2017) yang diekstraksi secara manual. FROTI mengandung sebanyak 45 cara penggunaan. Jumlah hubungan cara penggunaan dengan konsep lainnya adalah sebanyak 16 hubungan (MethodOfUse)-[METHOD\_OF\_USE\_FOR]- (TraditionalUse), 57 hubungan (MethodOfUse)-[METHOD\_OF\_USE\_FOR]- (Plant), dan (MethodOfUse)-[METHOD\_OF\_USE\_FOR]- (Plant Part).

### Penyimpanan Graf Pengetahuan

Penyimpanan graf pengetahuan ke Neo4j dilakukan menggunakan fasilitas *import neo4j-admin* (<https://neo4j.com/docs/operations-manual/current/tutorial/neo4j-admin-import/>) berdasarkan data *node*/kelas/konsep dan relasi diantaranya. Hasil penyimpanan graf pengetahuan mengandung sebanyak 1,012,694 *nodes*, 3,351,642 *relationships*, 6,253,731 *properties*, dan 1.042 GiB *memory usage*.

### Penalaran Graf Pengetahuan

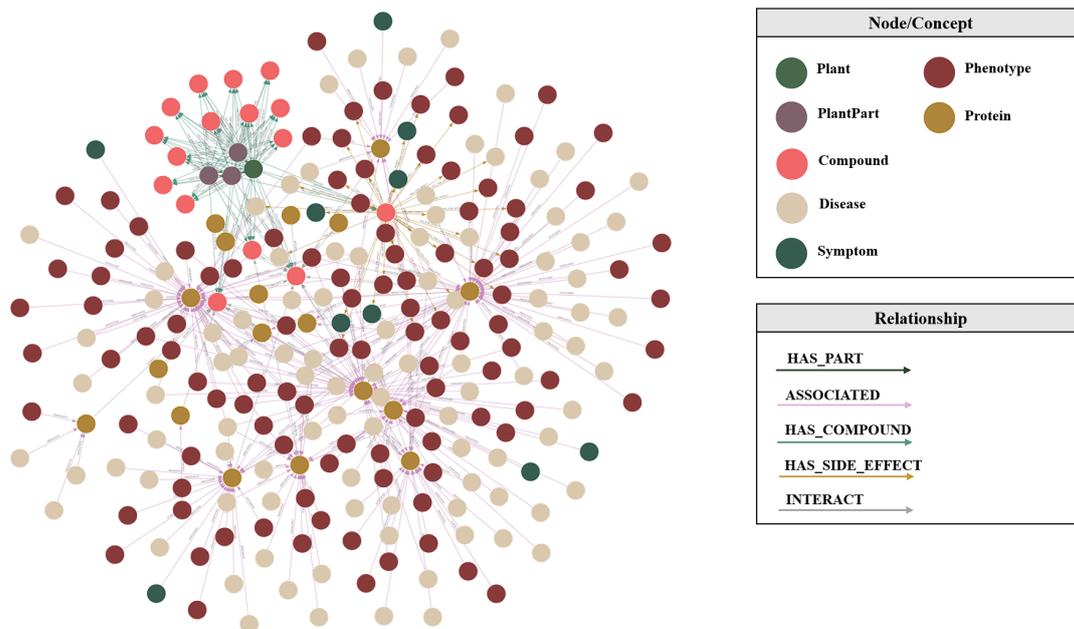
Penalaran pengetahuan yang digunakan merupakan penalaran pengetahuan berbasis graf (*graph-based reasoning*) menggunakan NEO4J dengan bahasa *Chyper*. Penalaran pengetahuan berbasis graf adalah metode untuk merepresentasikan pengetahuan dalam bentuk graf dan menggunakan algoritma graf untuk melakukan penalaran dan pengambilan keputusan. Dalam pendekatan ini, konsep-konsep yang berbeda direpresentasikan sebagai simpul-simpul (*node*) di dalam graf, dan hubungan antara konsep-konsep tersebut direpresentasikan sebagai sisi-sisi atau relasi (*relationship*) antara simpul. Terdapat beberapa penalaran terkait pengetahuan tumbuhan Indonesia pada penelitian ini, diantaranya adalah penamaan tumbuhan (nama ilmiah, nama umum, dan nama lokal), taksonomi tumbuhan, penggunaan secara tradisional, farmakologi tumbuhan, dan penyakit. Sebagai contoh, penalaran pengetahuan terkait farmakologi tumbuhan *Amaranthus hybridus* dapat dilihat pada Gambar 3 (kueri *Chyper*) dan Gambar 4 (hasil penalaran).

Gambar 3 memperlihatkan kueri *Chyper* untuk melakukan proses penalaran terkait farmakologi dari tumbuhan *Amaranthus hybridus* yang memberikan informasi terkait bagian tumbuhan, senyawa kimia yang terkait, interaksi antara senyawa dengan protein, asosiasi protein, dan efek samping dari senyawa kimia tersebut. Penjelasan setiap bagian kueri adalah sebagai berikut:

- 'MATCH plant\_part = (p:Plant {label : 'Amaranthus hybridus'})-[:HAS\_PART]- (pp:PlantPart)'. Bagian ini mencocokkan sebuah pola graf yang dimulai dengan simpul 'p' yang memiliki label 'Plant' dan properti 'label' yang bernilai 'Amaranthus hybridus'. Kemudian, mencari hubungan 'HAS\_PART' yang menghubungkan simpul 'p' dengan simpul 'pp' yang memiliki label 'PlantPart'. Hasil pencocokan ini diberikan ke dalam variabel 'plant\_part'.

```
MATCH plant_part=(p:Plant{label:"Amaranthus hybridus"})-[:HAS_PART]- (pp:PlantPart)
OPTIONAL MATCH plant_compound=(p)-[:HAS_COMPOUND]- (c:Compound)
OPTIONAL MATCH plant_part_compound=(pp)-[:HAS_COMPOUND]- (c)
OPTIONAL MATCH compound_interact_protein=(c)-[:INTERACT]- (pro:Protein)
OPTIONAL MATCH protein_associated=(pro)-[:ASSOCIATED]- (l)
OPTIONAL MATCH side_effect=(c)-[:HAS_SIDE_EFFECT]- (s)
RETURN plant_part, plant_compound, plant_part_compound, compound_interact_protein, protein_associated, side_effect
```

Gambar 3 Kueri Chyper untuk penalaran pengetahuan farmakologi tumbuhan *Amaranthus hybridus*



Gambar 4 Hasil penalaran pengetahuan farmakologi tumbuhan *Amaranthus hybridus*

- ‘OPTIONAL MATCH plant\_compound = (p)-[:HAS\_COMPOUND]-(c:Compound)’. Kueri ini merupakan bagian opsional dari kueri yang mencoba untuk mencocokkan pola graf yang sama seperti sebelumnya, tetapi dengan simpul ‘c’ yang memiliki label ‘Compound’. Kueri ini juga mencari hubungan ‘HAS\_COMPOUND’ yang menghubungkan simpul ‘p’ dengan simpul ‘c’. Hasil pencocokan ini diberikan ke dalam variabel ‘plant\_compound’. Karena ini opsional, jika tanaman ‘Amaranthus hybridus’ tidak memiliki senyawa kimia terkait, maka variabel ini berisi NULL.
- ‘OPTIONAL MATCH plant\_part\_compound = (pp)-[:HAS\_COMPOUND]-(c)’. Bagian ini merupakan bagian opsional lainnya yang mencocokkan pola graf antara simpul ‘pp’ dan simpul ‘c’ tanpa memerlukan label tertentu pada node ‘c’. Hasil pencocokan ini diberikan ke dalam variabel ‘plant\_part\_compound’. Bagian ini digunakan untuk mencari hubungan antara bagian tumbuhan dan senyawa kimia.
- ‘OPTIONAL MATCH compound\_interact\_protein = (c)-[:INTERACT]-(pro:Protein)’. Bagian ini merupakan bagian opsional yang mencoba mencocokkan pola graf yang menghubungkan simpul ‘c’ dengan simpul ‘pro’ yang memiliki label ‘Protein’ melalui hubungan ‘INTERACT’. Hasil pencocokan ini diberikan ke dalam variabel ‘compound\_interact\_protein’. Bagian ini digunakan untuk mencari informasi tentang interaksi antara senyawa kimia dan protein.
- ‘OPTIONAL MATCH protein\_associated = (pro)-[:ASSOCIATED]-()’. Bagian ini merupakan bagian opsional yang mencoba mencari simpul-simpul yang terhubung dengan simpul ‘pro’ melalui hubungan ‘ASSOCIATED’, tanpa memerlukan label tertentu pada simpul-simpul yang terhubung. Hasil pencocokan ini diberikan ke dalam variabel ‘protein\_associated’. Bagian ini digunakan untuk mencari informasi tentang entitas apapun yang terkait dengan protein.
- ‘OPTIONAL MATCH side\_effect = (c)-[:HAS\_SIDE\_EFFECT]-()’. Bagian ini merupakan bagian opsional yang mencari hubungan ‘HAS\_SIDE\_EFFECT’ yang terhubung ke simpul ‘c’ (senyawa kimia) tanpa memerlukan label tertentu pada simpul-simpul yang terhubung. Hasil pencocokan ini diberikan ke dalam variabel ‘side\_effect’. Bagian ini digunakan untuk mencari informasi tentang efek samping dari senyawa kimia.

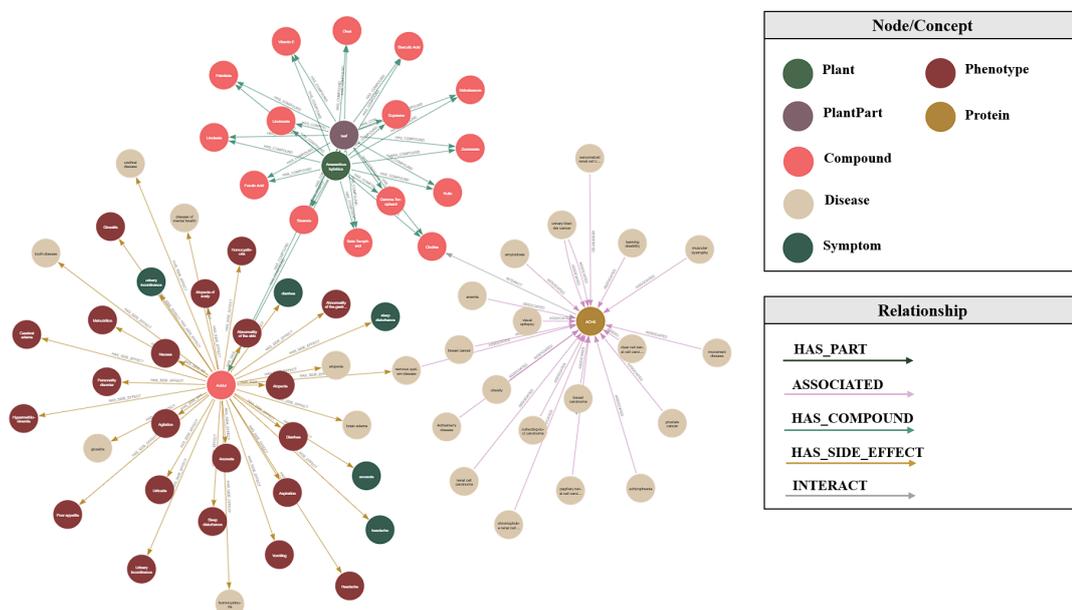
- ‘RETURN plant\_part, plant\_compound, plant\_part\_compound, compound\_interact\_protein, protein\_associated, side\_effect’. Bagian ini merupakan perintah untuk mengembalikan semua nilai pada variable yang telah diinisialisasi.

Gambar 4 memperlihatkan hasil pengetahuan terkait penggunaan tumbuhan farmakologi dari tumbuhan *Amaranthus hybridus*. Hasil tersebut mengandung sebanyak 3 bagian tumbuhan (*plant part*), 16 senyawa (*compound*), 97 penyakit (*disease*), 10 gejala penyakit (*symptom*), 106 fenotipe (*phenotype*), dan 18 protein (*protein*). Lebih spesifik, misalnya kita mengambil contoh studi kasus pada bagian daun (*leaf*), hasilnya adalah seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Gambar 5 memperlihatkan sebanyak 16 senyawa yang dimiliki oleh daun ((PlantPart)-[HAS\_COMPOUND]-(Compound)), di antaranya termasuk *Acidol* dan *Choline*. *Choline* berinteraksi dengan protein/gen acetylcholinesterase (ACHE) ((Compound)-[INTERACT]-(Protein)). Protein/gen ACHE berasosiasi dengan 20 penyakit ((Disease)-[ASSOCIATED]-(Protein)), termasuk di antaranya adalah kanker payudara (*Breast Cancer* (DOID\_1612)). (Paydar *et al.* 2018) mengevaluasi ACHE dan *arylesterase activity* (ARE), *malondialdehyde* (MDA) levels, dan total *oxidative status* (TOS) di tumor payudara. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa aktifitas ACHE secara signifikan lebih rendah pada pasien kanker payudara dibandingkan dengan kontrol yang sehat. Hal tersebut merupakan bukti ilmiah dari pemanfaatan tumbuhan *Amaranthus hybridus* secara tradisional oleh etnis Osing untuk pengobatan kanker. Sementara itu, senyawa *Acidol* (CNP0242100) memiliki efek samping ((Compound)-[HAS\_SIDE\_EFFECT]-()) sebanyak 34 efek samping yang teridentifikasi pada tiga klasifikasi, yaitu penyakit, gejala penyakit, dan fenotipe. Contohnya ialah senyawa *Acidol* pada bagian daun *Amaranthus hybridus* dapat menyebabkan efek samping diare (*Diarrhea* (SYMP\_0000570)).

## Desain KMS

Arsitektur sistem dibangun menggunakan konsep REST API dengan memisahkan antara *front-end* (*client*) dan *back-end* (*server*) seperti yang terlihat pada Gambar 6. Gambar 6 memperlihatkan pola komunikasi dari *front-end* ke *back-end* dengan melakukan permintaan (*request*) menggunakan metode *get*, *post*, *put*, atau *delete*. Selanjutnya *back-end* memberikan tanggapan (*response*) dengan mengembalikan nilai dalam bentuk JSON (*JavaScript Object Nation*). Sementara itu, *client* (*front-end*) dibagi menjadi dua layanan, yaitu layanan pencarian pengetahuan dan layanan pengelolaan pengetahuan.



Gambar 5 Hasil penalaran pengetahuan farmakologi bagian daun *Amaranthus hybridus*

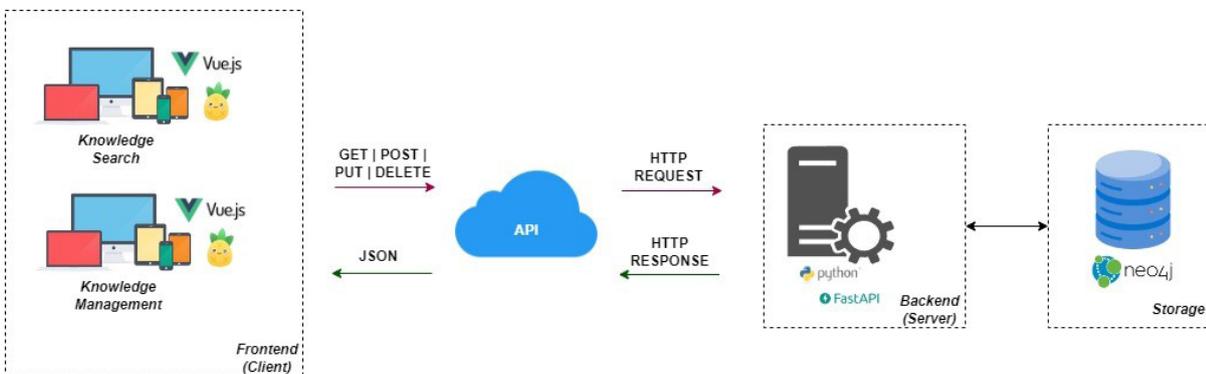
### Implementasi KMS

Implementasi *back-end* diimplementasikan menggunakan kerangka kerja Fast API dan basis data NEO4J. Sementara *front-end* diimplementasikan menggunakan kerangka kerja Vue.js dan Pinia dengan mengintegrasikan RESTful API pada *back-end* yang telah dibangun. Contoh hasil dari implementasi *back-end* dan *front-end* dapat dilihat pada Gambar 7.

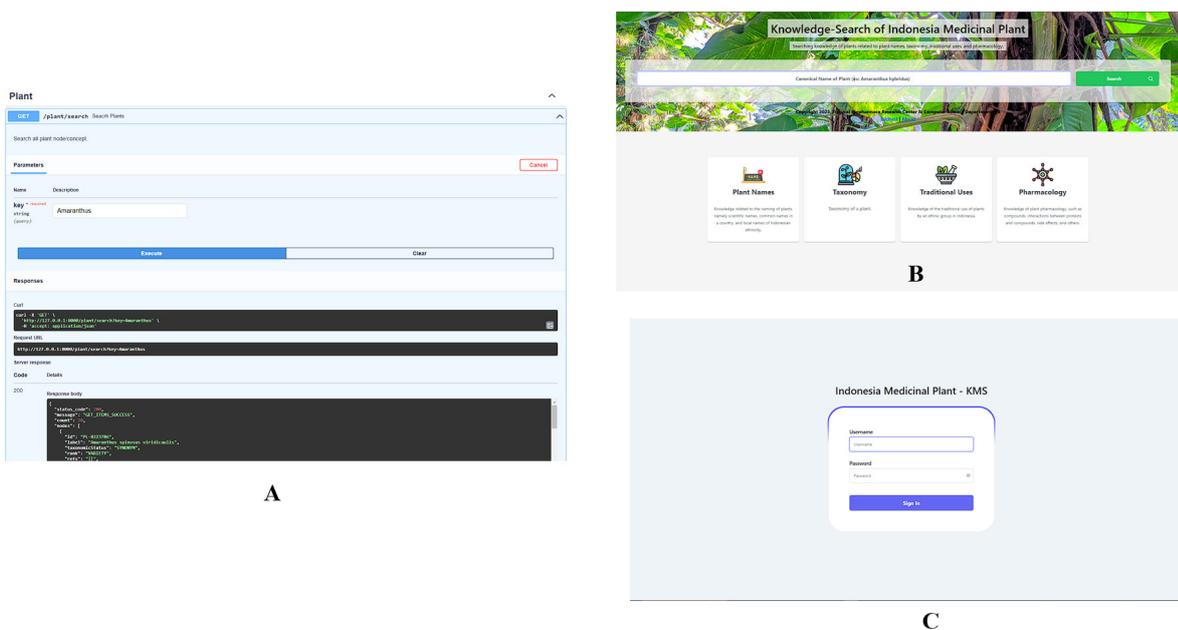
Gambar 7 (A) merupakan contoh potongan dokumentasi pengujian dari implementasi *back-end* yang telah disediakan oleh Fast API, (B) merupakan contoh antarmuka halaman awal pada *front-end* sistem pencarian yang dikembangkan menggunakan vue.js dan pinia, dan (C) merupakan contoh antarmuka halaman *login* pada *front-end* sistem manajemen tumbuhan yang dikembangkan menggunakan vue.js dan pinia.

### Pengujian KMS

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan *black box testing* agar sistem yang dibangun memiliki komponen-komponen yang sesuai dengan kebutuhan dan memastikan *input* diterima dengan baik dengan *output* yang benar. Contoh hasil pengujian sistem API untuk konsep tumbuhan dapat dilihat pada Tabel 1 dan contoh pengujian sistem API untuk penalaran pengetahuan tumbuhan dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 6 Arsitektur sistem



Gambar 7 Implementasi KMS, (A) *back-end* sistem, (B) *front-end* pencarian, dan (C) *front-end* manajemen

Tabel 1 Contoh hasil pengujian API pada konsep tumbuhan

Fungsi Sistem	Endpoint API		Hasil yang diharapkan	Hasil
	Request Methode	URL		
Menambah data	POST	/v1/plant	Mengembalikan pesan bahwa data berhasil ditambah dalam bentuk JSON	Sesuai
Mengambil seluruh data	GET	/v1/plant	Mengembalikan seluruh data dalam bentuk JSON	Sesuai
Mengambil data berdasarkan id	GET	/v1/plant/:id	Mengembalikan data berdasarkan id dalam bentuk JSON	Sesuai
Mengubah data	PUT	/v1/plant/:id	Mengembalikan pesan bahwa data sukses diubah dalam bentuk JSON	Sesuai
Menghapus data	DELETE	/v1/plant/:id	Mengembalikan pesan bahwa data berhasil dihapus dalam bentuk JSON	Sesuai

Tabel 2 Contoh hasil pengujian API pada penalaran pengetahuan tumbuhan

Fungsi Sistem	Endpoint API		Hasil yang diharapkan	Hasil
	Request Methode	URL		
Mengambil data penamaan suatu tumbuhan	GET	/v1/reasoning/plant-name?plant=:plant	Mengembalikan data terkait nama ilmiah, nama umum, dan nama lokal tumbuhan	Sesuai
Mengambil data taksonomi suatu tumbuhan	GET	/v1/reasoning/plant-taxa?plant=:plant	Mengembalikan data terkait <i>kingdom</i> , <i>phylum</i> , <i>class</i> , <i>order</i> , <i>family</i> , <i>genus</i> , dan <i>species</i> tumbuhan	Sesuai
Mengambil data penggunaan tradisional suatu tumbuhan	GET	/v1/reasoning/traditional-use?plant=:plant	Mengembalikan data bagian yang digunakan, penggunaan tradisional, dan metode penggunaannya dari suatu tumbuhan	Sesuai
Mengambil data farmakologi suatu tumbuhan	PUT	/v1/reasoning/pharmacology?plant=:plant	Mengembalikan data bagian tumbuhan, senyawa kimia tumbuhan, interaksi senyawa dengan protein, asosiasi protein, dan efek samping dari tumbuhan	Sesuai

## SIMPULAN

Graf pengetahuan tumbuhan obat Indonesia dapat dibangun menggunakan basis data graf Neo4j dan penalaran pengetahuan dapat dilakukan untuk mendapatkan berbagai pengetahuan terkait berdasarkan ontologi sebagai model dan representasi pengetahuan tumbuhan obat Indonesia yang mengintegrasikan berbagai sumber pengetahuan yang heterogen. Berdasarkan graf pengetahuan ini, dikembangkan sistem manajemen pengetahuan tumbuhan obat Indonesia. Sistem manajemen pengetahuan tumbuhan obat Indonesia yang dibangun menggunakan graf pengetahuan tumbuhan obat Indonesia dapat memfasilitasi berbagai layanan pengetahuan cerdas, seperti mengelola dan mencari pengetahuan sehingga pengetahuan dapat dibagikan, digunakan kembali, dan dimanfaatkan dalam pelayanan kesehatan masyarakat Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldwairi M, Jarrah M, Mahasneh N, Al-khateeb B. 2023. Graph-based data management system for efficient information storage, retrieval and processing. *Inf Process Manag.* 60(2):103165. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ipm.2022.103165>.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional. 2015. *Laporan Nasional Riset Khusus Eksplorasi Pengetahuan Lokal Etnomedisin dan Tumbuhan Obat Berbasis Komunitas di Indonesia (RISTOJA) Tahun 2015*. <http://labdata.litbang.depkes.go.id/riset-badan-litbangkes/menu-risikesnas/menu-rikus/418-rikus-ristoja-2015>.
- Barboza RRD, Souto W de MS, Mourão J da S. 2007. The use of zootherapeutics in folk veterinary medicine in the district of Cubati, Paraíba State, Brazil. *J Ethnobiol Ethnomed.* 3:1–14. doi:10.1186/1746-4269-3-32.

- BPS. 2010. *Kewarganegaraan, Suku Bangsa, Agama, dan Bahasa sehari-hari Penduduk Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Chao K, Tao L, Li M, Guoyu J, yuchao W, Yu Z. 2021. Construction and Application Research of Knowledge Graph in Spacecraft Launch. *J Phys Conf Ser*. 1754:12180. doi:10.1088/1742-6596/1754/1/012180.
- Chen X, Jia S, Xiang Y. 2019. A review: Knowledge reasoning over knowledge graph. *Expert Syst Appl*. 141:112948. doi:10.1016/j.eswa.2019.112948.
- Chenglin Q, Qing S, Pengzhou Z, Hui Y. 2018. Cn-MAKG: China Meteorology and Agriculture Knowledge Graph Construction Based on Semi-structured Data. hlm 692–696.
- Cox PA, Balick MJ. 1994. The ethnobotanical approach to drug discovery. *Sci Am*. 270(6):82–87.
- Dörpinghaus J, Stefan A, Schultz B, Jacobs M. 2020. Towards context in large scale biomedical knowledge graphs. <http://arxiv.org/abs/2001.08392>.
- El-Dahiyat F, Rashrash M, Abuhamdah S, Abu Farha R, Babar ZUD. 2020. Herbal medicines: A cross-sectional study to evaluate the prevalence and predictors of use among Jordanian adults. *J Pharm Policy Pract*. 13(1):1–9. doi:10.1186/s40545-019-0200-3.
- Fensel D. 2001. Ontologies. Di dalam: *Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. hlm 11–18.
- Kemendes RI. 2015a. Riset Khusus Eksplorasi Pengetahuan Lokal Etnomedisin dan Tumbuhan Obat Berbasis Komunitas di Provinsi Bali. *Badan Penelit dan Pengemb Kesehat.*, siap terbit.
- Kemendes RI. 2015b. Riset Khusus Eksplorasi Pengetahuan Lokal Etnomedisn Dan Tumbuhan Obat Berbasis Komunitas Di Indonesia (Etnis Osing Provinsi Jawa Timur). *Kementeri Kesehat Ri Badan Penelit Dan Pengemb Kesehat Balai Besar Penelit Dan Pengemb Tanam Obat Dan Obat Tradis.*, siap terbit.
- Kepmenkes RI. 2017. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/187/2017 Tentang Formularium Ramuan Obat Tradisional Indonesia. Volume ke-87.
- Lin J, Zhao Y, Huang W, Liu C, Pu H. 2021. Domain Knowledge Graph-Based Research Progress of Knowledge Representation. *Neural Comput Appl*. 33(2):681–690. doi:10.1007/s00521-020-05057-5.
- Mohanraj K, Karthikeyan BS, Vivek-Ananth RP, Chand RPB, Aparna SR, Mangalapandi P, Samal A. 2018. IMPPAT: A curated database of Indian Medicinal Plants, Phytochemistry And Therapeutics. *Sci Rep*. 8(1):4329. doi:10.1038/s41598-018-22631-z.
- Mostefai MA, Ahmed-Nacer M. 2011. An agile methodology for implementing knowledge management systems: A case study in component-based software engineering. *Int J Softw Eng its Appl*. 5:159–170.
- Newman DJ, Cragg GM, Snader KM. 2003. Natural products as sources of new drugs over the period 1981-2002. *J Nat Prod*. 66(7):1022–1037. doi:10.1021/np030096l.
- Paydar P, Asadikaram G, Nejad HZ, Moazed V, Poursayedi B, Nematollahi MH, Akbari H, Abolhassani M, Shadmani FK. 2018. The role of acetylcholinesterase, paraoxonase, and oxidative stress in breast tumors. *Int J Cancer Manag*. 11(11):1–8. doi:10.5812/ijcm.83370.
- Pengpid S, Peltzer K. 2018. Utilization of traditional and complementary medicine in Indonesia: Results of a national survey in 2014-15. *Complement Ther Clin Pract*. 33:156–163. doi:10.1016/j.ctcp.2018.10.006.
- Sampaio Rocha-Filho PA, Albuquerque PM, Carvalho LCLS, Dandara Pereira Gama M, Magalhães JE. 2022. Headache, anosmia, ageusia and other neurological symptoms in COVID-19: a cross-sectional study. *J Headache Pain*. 23(1):1–11. doi:10.1186/s10194-021-01367-8.

- Sari LORK. 2006. Lusia Oktora Ruma Kumala Sari. *Maj Ilmu Kefarmasian*. III(1):1–7.
- Schriml LM, Munro JB, Schor M, Olley D, McCracken C, Felix V, Baron JA, Jackson R, Bello SM, Bearer C, *et al.* 2022. The Human Disease Ontology 2022 update. *Nucleic Acids Res.* 50(D1):D1255–D1261. doi:10.1093/nar/gkab1063.
- Shi L, Li S, Yang X, Qi J, Pan G, Zhou B. 2017. Semantic Health Knowledge Graph: Semantic Integration of Heterogeneous Medical Knowledge and Services. *Biomed Res Int.* 2017:2858423. doi:10.1155/2017/2858423.
- Sorokina M, Merseburger P, Rajan K, Yirik MA, Steinbeck C. 2021. COCONUT online: Collection of Open Natural Products database. *J Cheminform.* 13(1):2. doi:10.1186/s13321-020-00478-9.
- Szekely P, Knoblock C, Slepicka J, Philpot A, Singh A, Yin C, Kapoor D, Natarajan P, Marcu D, Knight K, *et al.* 2015. Building and Using a Knowledge Graph to Combat Human Trafficking.
- Tan J, Qiu Q, Guo W, Li T. 2021. Research on the construction of a knowledge graph and knowledge reasoning model in the field of urban traffic. *Sustain.* 13(6). doi:10.3390/su13063191.
- Tiwari S. 2008. Plants: A rich source of herbal medicine. *J Nat Prod.* 1:27–35. [http://www.journalofnaturalproducts.com/Volume1/04\\_Review\\_vol\\_01-2008\\_s.pdf](http://www.journalofnaturalproducts.com/Volume1/04_Review_vol_01-2008_s.pdf).
- U.S. Department of Agriculture ARS. Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases. [diakses 2023 Jan 20]. <http://phytochem.nal.usda.gov/> <http://dx.doi.org/10.15482/USDA.ADC/1239279>.
- Wahyono S. 2013. *Laporan Nasional Eksplorasi Pengetahuan Lokal Etnomedisin dan Tumbuhan Obat di Indonesia Berbasis Komunitas*. Jakarta: Lembaga Penerbitan Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI. [https://labmandat.litbang.kemkes.go.id/images/download/laporan/RIKHUS/2012/LaporanNasional\\_Ristoja2012.pdf](https://labmandat.litbang.kemkes.go.id/images/download/laporan/RIKHUS/2012/LaporanNasional_Ristoja2012.pdf).
- Widiyastuti Y, Adi Samsu B, Widodo H, Widayat T. 2011. 100 Top Tanaman Obat Indonesia.
- Yu T, Li J, Yu Q, Tian Y, Shun X, Xu L, Zhu L, Gao H. 2017. Knowledge graph for TCM health preservation: Design, construction, and applications. *Artif Intell Med.* 77:48–52. doi:10.1016/j.artmed.2017.04.001.
- Yuan H, Ma Q, Ye L, Piao G. 2016. The Traditional Medicine and Modern Medicine from Natural Products. *Molecules.* 21(5). doi:10.3390/molecules21050559.
- Zhao Z, Han S-K, So I-M. 2018. Architecture of Knowledge Graph Construction Techniques. *Int J Pure Appl Math.* 118(19):1869–1883.