UNIVERSITAS INDONESIA

ONTOLOGI UNTUK PEMODELAN KURIKULUM PADA PERGURUAN TINGGI YANG MENERAPKAN *OUTCOME-BASED EDUCATION*

Naskah Ringkas Disertasi

Siti Aminah
1706125166

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KOMPUTER
DEPOK
Januari 2025

ABSTRAK

Nama	:	Siti Aminah
Program Studi	:	Doktor Ilmu Komputer
Judul	:	Ontologi untuk Pemodelan Kurikulum pada Perguruan Tinggi yang Menerapkan *Outcome-Based Education*
Pembimbing	:	Prof. Dr. Achmad Nizar Hidayanto, S.Kom, M.Kom

Outcome-Based Education, (OBE) adalah pendekatan yang diakui secara global untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan menyelaraskan program akademik dengan kebutuhan industri. Meskipun memiliki berbagai keunggulan, implementasi OBE menghadapi tantangan signifikan, terutama dalam menjaga keselarasan antara capaian pembelajaran tingkat program dengan capaian pembelajaran spesifik mata kuliah, dan komponen kurikulum lainnya.

Pada penelitian ini dikembangkan ontologi untuk memodelkan rancangan kurikulum dalam kerangka OBE di pendidikan tinggi. Ontologi ini mengatasi masalah koherensi kurikulum dengan menerapkan prinsip-prinsip OBE, yang meliputi *clarity of focus*, *backward design*, *expanded opportunities*, dan *high expectations*. Ontologi dikembangkan berdasarkan analisis mendalam terhadap domain masalah dan formulasi pertanyaan kompetensi yang berasal dari skenario ketika *reviewer* kurikulum menganalisis apakah suatu kurikulum memenuhi persyaratan OBE. Ontologi diimplementasikan dengan *Web Ontologi Language* (OWL) berbasis *Description Logic* dan divalidasi dengan *Shapes Constraint Language* (SHACL) yang menjadi standar dari *World Wide Web Consortium* (W3C).

Penelitian ini menghasilkan ontologi OBC-ONTO yang mengakomodir prinsip-prinsip OBE, mendukung tugas-tugas *reviewer* kurikulum, serta mengakomodasi berbagai jenjang pendidikan tinggi termasuk diploma, sarjana, dan magister. Hasil evaluasi dengan metode FOCA (*Framework for Ontology Conformance Analysis*) menujukkan ontologi ini memenuhi metrik kualitas utama yaitu *completeness, consistency, conciseness, adaptability, computational efficiency* dan *clarity*.

Penelitian ini juga menghasilkan prototipe aplikasi *Semantic Web* yang dibangun berbasis OBC-ONTO dengan antarmuka ramah pengguna bagi *reviewer* untuk memeriksa rancangan suatu kurikulum. Arsitektur aplikasi menggunakan basis data graf GraphDB dan kerangka kerja pengembangan web Django, menghasilkan aplikasi yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk manajemen kurikulum berskala operasional. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam mendukung implementasi OBE dengan menyediakan alat bantu analisis kurikulum berbasis teknologi semantik.

Kata kunci:
Curriculum analysis, curriculum review, curriculum ontology, ontology, ontology engineering, outcome-based curriculum, outcome-based curriculum ontology, semantic web.

DAFTAR ISI

ABSTRAK i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR GAMBAR v

DAFTAR TABEL vi

DAFTAR KODE PROGRAM vii

DAFTAR LAMPIRAN viii

1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Permasalahan 4
1.2.1 Ide Dasar Penelitian 7
1.2.2 Definisi Permasalahan 9
1.2.3 Ruang Lingkup dan Batasan Permasalahan 9
1.3 Tujuan Penelitian 10
1.4 Urgensi Penelitian 10
1.5 Posisi Penelitian 11

2 *OUTCOME-BASED EDUCATION* 19
2.1 Definisi OBE 19
2.2 Prinsip-Prinsip OBE 20
2.3 Terminologi dalam OBE 21
2.4 Kurikulum Berbasis OBE 24
2.5 Proses *Review* Dokumen Kurikulum Perguruan Tinggi yang Menerapkan OBE 28
2.6 Kebutuhan akan Representasi Dokumen Kurikulum Perguruan Tinggi dalam Format Terstruktur 30

3 ONTOLOGI UNTUK PEMODELAN KURIKULUM 32
3.1 *Semantic Web* 32
3.2 Ontologi 34
3.2.1 Definisi Ontologi 35
3.2.2 Ontologi vs Basis Data 35
3.2.3 Asumsi pada Ontologi 36
3.2.4 Komponen Ontologi 36
3.2.5 Formalisasi Ontologi dengan *Description Logics* 38
3.2.5.1 Sintaks *Description Logics* 39
3.2.5.2 Semantik *Description Logics* 41

3.2.5.3 Contoh Ontologi dalam Notasi *Description Logics* . . . 42
3.2.6 Dari *Description Logics* ke OWL(*Web Ontology Language*) 44
3.2.7 Kueri Ontologi dengan SPARQL (*SPARQL Protocol & RDF Query Language*) 46
3.2.8 Validasi Ontologi dengan SHACL (*Shapes Constraint Language*) . 47
3.2.9 Kategori Ontologi 49
3.2.10 Metode Pengembangan Ontologi 52
3.3 Metode Evaluasi Ontologi 53
3.4 Ontologi Terkait dengan Pemodelan Kurikulum 55
3.4.1 Hasil Studi Literatur tentang Ontologi Terkait Pemodelan Kurikulum 55

4 METODOLOGI PENELITIAN 58
4.1 Spesifikasi Ontologi 58
4.2 Metode Pengembangan Ontologi 59
4.3 Analisis Domain 59
4.3.1 Analisis Dasar Penyusunan PLO 60
4.3.2 Analisis Rumusan PLO 61
4.3.3 Analisis Matriks Pengalaman Belajar 62
4.3.4 Analisis CLO 64
4.3.5 Analisis Keselarasan PLO dan CLO 65
4.4 Pengembangan *Competency Questions* 66
4.5 Penyusunan Komponen Ontologi 68
4.5.1 Enumerasi Kosa Kata 68
4.5.2 Mendefinisikan Kelas dan Hirarki antar Kelas 69
4.5.3 Mendefinisikan *Class Properties* 70
4.6 Penulisan Ontologi dengan OWL 71

5 HASIL PENGEMBANGAN ONTOLOGI 73
5.1 Ontologi OBC-ONTO 73
5.2 Implementasi SHACL untuk Validasi Aturan Kurikulum 80
5.3 Pengembangan Prototipe Aplikasi *Semantic Web* 84

6 EVALUASI, DISKUSI DAN IMPLIKASI PENELITIAN 89
6.1 Evaluasi Ontologi OBC-ONTO 89
6.1.1 Evaluasi aspek *Consistency, Conciseness, Computational Efficiency* Ontologi OBC-Onto pada Protege 89
6.1.2 Evaluasi aspek *Adaptability* 91
6.1.3 Evaluasi aspek *Minimal Ontological Commitment* 91
6.1.4 Evaluasi Jawaban *Competency Questions* 92
6.1.5 Evaluasi oleh Pakar 95
6.2 Diskusi 99
6.3 Implikasi Penelitian 101

7 PENUTUP 103
7.1 Kesimpulan 103
7.2 Kontribusi Penelitian 106

7.3 Saran 106

DAFTAR REFERENSI 107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kerangka kerja OBE pada level program studi (sumber: NED University of Engineering and Technology) 3

Gambar 2.1. Piramida *Outcomes* (sumber: Qadir et al. (2020) 25
Gambar 2.2. Tahapan Penyusunan Kurikulum (sumber: Junaidi et al. (2020) . . . 26

Gambar 3.1. Arsitektur Semantic Web (sumber: W3C) 33
Gambar 3.2. Contoh Ontologi Sederhana 38
Gambar 3.3. Spektrum dari Kategori Ontologi (sumber: Wong, Liu, dan Bennamoun (2012) 51

Gambar 4.1. Metode Pengembangan Ontologi 59
Gambar 4.2. Contoh Antarmuka Protege untuk Mendefinisikan Kelas 72

Gambar 5.1. Implementasi Kelas-Kelas Ontologi pada Protégé 74
Gambar 5.2. Struktur Umum OBC-ONTO 79
Gambar 5.3. Struktur Umum OBC-ONTO sesuai panduan Kurikulum Dikti . . . 80
Gambar 5.4. Arsitektur Aplikasi Berbasis *Semantic Web*. Kotak warna biru adalah arsitektur sistemnya dan kotak warna kuning adalah aktor pengguna sistem 85
Gambar 5.5. Tampilan antarmuka aplikasi untuk kaprodi mengunggah spreadsheet 86
Gambar 5.6. Tampilan antarmuka aplikasi untuk *reviewer* 86
Gambar 5.7. Contoh tampilan antarmuka aplikasi ketika *reviewer* menganalisis PLO 87
Gambar 5.8. Contoh tampilan antarmuka aplikasi ketika *reviewer* menganalisis pemetaan PLO ke mata kuliah 88

Gambar 6.1. *Reasoning* pada Protege dengan menggunakan Pellet dan HermiT . . 91
Gambar 6.2. Jawaban *competency question* Q8 tentang pemetaan PEO ke PLO . . 93
Gambar 6.3. Jawaban *competency question* Q14 tentang pemetaan PLO ke CLO . 94

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. **Rangkuman penelitian ontologi untuk mendukung OBE** 12

Tabel 2.1. Padanan Terminologi OBE (sumber: Qadir et al. (2020)) 23
Tabel 2.2. Terminologi OBE yang Digunakan pada Penelitian 24
Tabel 2.3. Daftar Sebagian Pertanyaan untuk Penelaahan Kurikulum di Universitas Indonesia 28

Tabel 3.1. Sintaks dan Semantik DL (sumber: Ratcliffe (2018)) 42
Tabel 3.2. Kerangka *Goal/Question/Metric* untuk Evaluasi Ontologi dengan Metode FOCA 54

Tabel 4.1. PLO and subject matters mapping 62
Tabel 4.2. PLO and course mapping 62
Tabel 4.3. Matriks Pengalaman Belajar 63
Tabel 4.4. Contoh Pemetaan PLO ke CLO dengan ketidaksesuaian pada PLO_3 and PLO_4 66
Tabel 4.5. *Competency Questions* 67
Tabel 4.6. Enumerasi Kosa kata 69

Tabel 5.1. Daftar Kelas dan SubKelas Ontologi OBC-ONTO 73
Tabel 5.2. Data Properties pada Ontologi OBC-Onto 75
Tabel 5.3. Daftar Kelas Enumerasi 76
Tabel 5.4. Daftar Properti Objek pada Ontologi OBC-ONTO 77

Tabel 6.1. Evaluator Ontologi OBC-ONTO 90
Tabel 6.2. Rumusan Butir Evaluasi untuk Pakar Domain 96
Tabel 6.3. Profil Evaluator 97
Tabel 6.4. Evaluasi OBC-ONTO oleh Pakar Domain 98

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode 3.1. Contoh representasi kelas dalam OWL 45
Kode 3.2. Contoh representasi properti objek dalam OWL 45
Kode 3.3. Contoh kode SPARQL untuk mendapatkan informasi `Course` dan `credit` 46
Kode 3.4. Contoh kode SHACL untuk validasi jumlah minimal `Course` yang dimiliki oleh `Program` 49
Kode 5.1. Kode Validasi PEO dalam SHACL 80
Kode 5.2. Kode Validasi PLO dalam SHACL 81
Kode 6.1. Kueri SPARQL untuk menjawab *competency question* Q8 92
Kode 6.2. Kueri SPARQL untuk menjawab *competency question* Q14 93

DAFTAR LAMPIRAN

BAB 1
PENDAHULUAN

Dalam perkembangan kecerdasan buatan, penelitian berbasis pembelajaran mesin yang menawarkan kemampuan prediktif maupun generatif telah mendominasi berbagai bidang, termasuk pendidikan. Pendekatan ini sangat efektif dalam memproses data besar dan menemukan pola-pola yang tidak selalu terlihat secara langsung. Namun, dalam konteks pemodelan kurikulum, pembelajaran mesin menghadapi tantangan ketika menjawab kebutuhan untuk merepresentasikan konsep-konsep dengan hirarki dan relasi yang kompleks. Untuk menjawab kebutuhan ini, pendekatan kecerdasan buatan yang bersifat simbolik, berbasis pada representasi pengetahuan eksplisit melalui logika formal, berpotensi menjadi solusi yang lebih sesuai. Penelitian ini mengambil pendekatan *symbolic AI* dalam bentuk ontologi yang dituliskan dengan Bahasa OWL yang berbasis *description logics*.

Pada bab ini disajikan gambaran umum penelitian yang mencakup latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, urgensi penelitian, serta posisi penelitian dalam konteks studi sebelumnya. Dengan memanfaatkan logika formal dalam bentuk ontologi, penelitian ini mencoba menjawab kebutuhan praktis dalam pemodelan kurikulum di perguruan tinggi yang menerapkan *Outcome-Based Education* (OBE).

1.1 Latar Belakang

Globalisasi dan revolusi industri 4.0 telah menciptakan perubahan di industri dan pasar kerja. Perguruan tinggi, sebagai unsur strategis dalam pembangunan sumber daya manusia, perlu menyesuaikan diri dengan perubahan ini. Salah satu penyesuaian yang dilakukan perguruan tinggi adalah menggeser paradigma pendidikan berbasis input dan proses menuju pendidikan berbasis capaian pembelajaran atau *Outcome-Based Education* (selanjutnya disingkat dengan OBE).

OBE dicetuskan pada tahun 90-an oleh William G. Spady sebagai sarana untuk menjamin kualitas dalam sistem sekolah Amerika Serikat. OBE kemudian diperluas ke sistem pendidikan tinggi. Menurut Spady (1994), OBE memusatkan dan mengatur seluruh program dan upaya pengajaran sebuah lembaga pendidikan berdasarkan hasil yang je-

las, yang ingin agar semua siswa bisa menunjukkannya ketika mereka lulus dari lembaga pendidikan tersebut.

OBE merupakan sebuah paradigma di dalam pendidikan yang filosofi pendidikannya, penetapan tujuan, rancangan pembelajaran, hingga rancangan evaluasinya, secara jelas mengacu kepada kemampuan akhir mahasiswa (Panduan KPT UI, 2022). OBE menekankan pencapaian hasil pembelajaran yang terukur dan dapat diamati sebagai landasan pengembangan kurikulum di perguruan tinggi (Biggs & Tang, 2011). Dalam paradigma OBE, praktik pengajaran dan penilaian/evaluasi bersifat eksplisit, dirancang untuk memastikan pencapaian hasil pembelajaran yang telah ditentukan sebelumnya dan selaras dengan tujuan yang lebih luas, tujuan pendidikan jangka panjang (Qadir et al., 2020) .

Pada saat ini, implementasi OBE pada kurikulum menjadi standar yang perlu dipenuhi oleh perguruan tinggi. OBE menjadi salah satu kriteria dalam proses akreditasi nasional di Indonesia oleh Badan Akreditasi Nasional (BAN) maupun Lembaga Akreditas Mandiri (LAM). OBE menjadi rujukan bagi Washington Accord maupun Seoul Accord dan menjadi kriteria dalam akreditasi regional seperti AUN-QA, maupun akreditasi internasional seperti AACSB, ABET, ASIC, ASIIN, AUN-QA, FIBAA, IABEE, IMAREST, KAAB dan RSC.

Menurut Rani (2020), kurikulum yang digunakan pada OBE lebih fokus dan koheren, lulusan yang dihasilkan oleh perguruan tinggi akan lebih relevan dengan kebutuhan industri dan pemangku kepentingan lainnya, serta OBE mengandung perbaikan kualitas yang berkesinambungan. Hal lain yang menjadi keunggulan utama OBE adalah kejelasan dalam relevansi, potensi untuk diskursus, kejelasan yang melekat, akuntabilitas, kemandirian, fleksibilitas, serta kerangka kerja yang terintegrasi dalam pengajaran, pembelajaran, dan penilaian (Davis dan Winch, 2015 dalam Rao (2020)). OBE juga mengakomodasi gaya belajar yang berbeda dan memungkinkan inovasi dalam pengajaran (Rao, 2020).

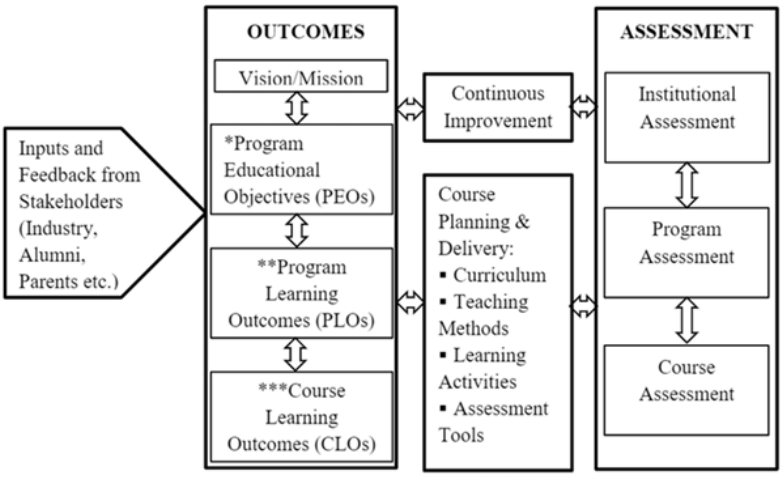
Yusoff, Fuaad, Yasin, dan Tawil (2014) melakukan meta-analisis terkait OBE dengan menganalisis 20 studi empiris untuk meneliti *program outcome* dan *learning outcome* serta pengaruhnya terhadap prestasi mahasiswa di perguruan tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa implementasi OBE menawarkan dampak positif bagi pengajar maupun mahasiswa dalam hal pencapaian *program outcome*, dan disimpulkan bahwa OBE merupakan model pendidikan yang efektif untuk digunakan di institusi pendidikan tinggi.

Paradigma OBE yang digunakan dalam pengembangan dan pelaksanaan kurikulum, secara sederhana terdiri atas tiga tahapan yang saling berinteraksi sebagai berikut (Direktorat Pengembangan Akademik dan Sumber Daya Pembelajaran UI, 2022).

a) *Outcome Based Curriculum (OBC)*. OBC adalah pengembangan kurikulum yang dirancang berdasarkan profil lulusan dan Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) atau *learning outcome* (LO). Dari CPL tersebut, selanjutnya disusun bahan kajian, pembentukan mata kuliah beserta bobot SKS, peta kurikulum, serta rancangan pembelajaran. pengembangan bahan ajar, serta pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi.

b) *Outcome Based Learning and Teaching* (OBLT). Salah satu prinsip utama dalam OBLT adalah memastikan bahwa bentuk dan metode pembelajaran yang dipilih untuk diterapkan oleh mahasiswa harus selaras dan sesuai dengan Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL).

c) *Outcome Based Assessment and Evaluation* (OBAE). Pendekatan dalam penilaian dan evaluasi pencapaian CPL bertujuan untuk mendukung peningkatan kualitas pembelajaran secara berkelanjutan. Penilaian dilakukan baik selama proses pembelajaran maupun pada hasil akhir pencapaian CPL. Evaluasipada tingkat kurikulum dilakukan dengan mengukur pencapaian CPL Program Studi dan hasilnya digunakan untuk perbaikan dan pengembangan berkelanjutan.



Gambar 1.1: Kerangka kerja OBE pada level program studi (sumber: NED University of Engineering and Technology)

Pada level program studi, kerangka kerja OBE ditunjukkan pada Gambar 1.1. PEO merupakan deskripsi kualitas atau tujuan tertentu yang menggambarkan pencapaian yang diharapkan dari pada lulusan dalam karir dan kehidupan professional mereka setelah lulus. PEO akan dievaluasi dalam waktu 3 hingga 5 tahun setelah mahasiswa lulus. *Program Learning Outcomes* (PLO) atau CPL adalah pernyataan yang menggambarkan apa yang diharapkan diketahui dan mampu dilakukan oleh mahasiswa pada saat kelulusan. Kerangka kerja ini menjamin bahwa kurikulum, pengajaran, strategi pembelajaran dan instrumen penilaian terus ditingkatkan melalui proses perbaikan yang berkelanjutan.

1.2 Permasalahan

Meskipun memiliki banyak keunggulan, penerapan *Outcome-Based Education* (OBE) menghadirkan sejumlah tantangan. Tim perancang kurikulum memikul tanggung jawab penting untuk merumuskan pernyataan yang komprehensif terkait *learning outcomes* (hasil pembelajaran) yang diinginkan (Lixun, 2011). *Learning outcomes* ini harus mempertimbangkan kemajuan dalam bidang studi, memenuhi permintaan pasar tenaga kerja, mengakomodasi harapan pemangku kepentingan, mematuhi persyaratan akreditasi, serta selaras dengan kualifikasi yang ditetapkan oleh konsorsium akademik atau regulasi pemerintah. Bagi perancang kurikulum, menciptakan *learning outcomes* yang komprehensif dan adaptif yang mampu mencakup berbagai faktor ini merupakan tugas yang esensial dan kompleks.

Selain itu, *learning outcomes* ini harus dirumuskan sedemikian rupa sehingga dapat diterapkan secara praktis oleh pengajar dalam perencanaan mata kuliah dan pengajaran, yang sering kali menjadi tugas yang tidak mudah (Biggs & Tang, 2011). Ketika *learning outcomes* di tingkat program dinyatakan dalam istilah yang terlalu umum atau abstrak, menerjemahkannya menjadi *learning outcomes* di tingkat mata kuliah yang spesifik dan dapat diterapkan menjadi sulit. Sebagai contoh, sebuah program teknik lingkungan mungkin menyatakan learning outcome tingkat program: *Mahasiswa mampu menyelesaikan masalah lingkungan menggunakan prinsip teknik dan teknologi terkini*. Tanpa perincian lebih lanjut ke dalam *learning outcomes* tingkat mata kuliah yang spesifik, pengajar individu mungkin kesulitan merancang aktivitas pembelajaran dan penilaian yang secara langsung mendukung pencapaian hasil tersebut. Selain itu, interpretasi yang berbeda oleh pengajar dapat menyebabkan ketidakkonsistenan dalam cara hasil pembelajaran diajarkan

dan dinilai.

Dalam OBE, kurikulum suatu program studi harus selaras dan konsisten di semua tingkat *learning outcomes*, mulai dari tingkat program hingga ke mata kuliah individual, yang sering kali sulit dicapai. Merumuskan *learning outcomes* yang jelas dan terukur di setiap tingkat memerlukan pemahaman mendalam tentang tujuan pendidikan secara keseluruhan dan bagaimana setiap mata kuliah berkontribusi untuk mencapai tujuan tersebut. Tanpa hal ini, kurikulum akan kehilangan arah yang terpadu.

Sebagai contoh, sebuah program akuntansi mungkin menetapkan *learning outcome* tingkat program:

> PLO-1: *Mahasiswa mampu mengevaluasi laporan keuangan untuk menilai kinerja perusahaan dan memberikan rekomendasi strategis yang mendukung pengambilan keputusan bisnis*.

Untuk mendukung ini, ditetapkan dua learning outcomes di tingkat mata kuliah:

> CLO-1: *Mahasiswa mampu mencatat transaksi keuangan dasar menggunakan perangkat lunak akuntansi* dan
>
> CLO-2: *Mahasiswa mampu membuat laporan keuangan tahunan sesuai standar akuntansi yang berlaku*.

Terdapat ketidaksesuaian di sini karena *learning outcomes* di tingkat mata kuliah lebih fokus pada keterampilan administratif dan teknis, sementara keterampilan analitis dan pengambilan keputusan strategis yang lebih luas seperti yang diminta pada tingkat program diabaikan. Jika dipotret dengan Taksonomi Bloom, PLO1 berada pada ranah kognitif *Evaluate* (C5), sedangkan CLO1 dan CLO2 berada pada ranah koginitif *Apply* (C3). Rumusan CLO yang lebih baik untuk mendukung PLO ini antara lain sebagai berikut:

> CLO-a: *Mahasiswa mampu mencatat dan mengolah transaksi keuangan menggunakan perangkat lunak akuntansi*.
>
> CLO-b: *Mahasiswa mampu menyusun laporan keuangan tahunan sesuai dengan standar akuntansi yang berlaku*.
>
> CLO-c: *Mahasiswa mampu mengevaluasi laporan keuangan untuk memberikan rekomendasi strategi bisnis berbasis data kuantitatif*.
>
> CLO-d: *Mahasiswa mampu melakukan analisis rasio keuangan untuk menilai kinerja perusahaan dalam konteks keputusan strategis*.
>
> CLO-e: *Mahasiswa mampu mengevaluasi hasil analisis keuangan untuk memberikan penilaian terhadap kinerja perusahaan dan relevansinya dengan strategi*

bisnis.

Pada rumusan yang telah diperbaiki ini, CLO-a dan CLO-b berada pada ranah kognitif *Apply*(C3), CLO-d berada pada ranah kognitif *Analyze*(C4), sedangkan CLO-c dan CLO-e berada pada ranah kognitif *Evaluate*(C5). Pencapaian mahasiswa terhadap kelima CLO ini berimplikasi pada pencapaian mahasiswa terhadap PLO-1.

Menguatkan pendapat Lixun (2011) tentang tantangan yang dihadapi dosen, S. K. Bansal dan Dalrymple (2016) menemukan bahwa 95% dosen baru memerlukan waktu empat hingga lima tahun, melalui trial dan error, untuk dapat mengajar dengan cara yang efektif sesuai prinsip OBE. Tantangan tersebut masih ditemui pada dekade berikutnya. Pada tahun 2020, sekelompok akademisi yang bekerja pada sembilan negara yang tersebar secara geografis (Pakistan, Inggris, Uni Emirat Arab, Amerika Serikat, Arab Saudi, Singapura, Qatar, Tiongkok, dan Malaysia) meneliti perspektif internasional mengenai standar, praktik, dan sikap terkait akreditasi dengan paradigma OBE. Pada penelitian ini ditemukan kesenjangan pada kurva pembelajaran bagi akademisi untuk memahami OBE — terutama terkait dengan beragamnya tugas yang harus dilakukan oleh dosen baru (Qadir et al., 2020). Ketika dihadapkan dengan banyak tugas, sebagian besar dosen melakukan apa pun yang diperlukan untuk menyelesaikan persyaratan tanpa benar-benar memahami dasar pemikiran OBE dan mengikuti prinsipnya.

Qadir et al. (2020) juga menemukan terdapat banyak keragaman dalam praktik akreditasi dan penilaian OBE, serta menemukan beberapa tren yang menyatukan. Keberagaman mencerminkan fakta bahwa setiap universitas memiliki kondisi yang berbeda dan melayani pemangku kepentingan yang berbeda, serta berada di lingkungan yang berbeda. Kesamaan tersebut muncul dari fakta bahwa setelah Washington Accord, terdapat peningkatan keseragaman ekspektasi terhadap hasil pembelajaran yang harus ditunjukkan oleh seorang lulusan.

Perguruan tinggi umumnya menyelenggarakan seminar atau *workshop* bagi para dosen untuk membangun pemahaman tentang OBE, melatih penyusunan kurikulum, serta penyusunan rancangan pengajaran hingga evaluasi pembelajaran. Sejumlah perguruan tinggi, baik di dalam negeri maupun di luar negeri, membuat panduan untuk membantu dosen dan tim kurikulum di tingkat program studi dalam menyusun dokumen kurikulum berbasis OBE ini.

Beberapa perguruan tinggi juga memiliki evaluator internal yang bertugas memeriksa

apakah rancangan kurikulum yang disusun oleh program studi sudah memenuhi prinsip-prinsip OBE. Selain itu, pemeriksaan terhadap rancangan dan implementasi kurikulum dilakukan oleh tim akreditasi nasional atau akreditasi internasional, yang umumnya beranggotakan evaluator dari luar perguruan tinggi tersebut. Dari hasil pemeriksaan dokumen kurikulum di Universitas Indonesia oleh evaluator internal sejak tahun 2017, ditemukan bahwa usulan kurikulum dari program studi umumnya memerlukan perbaikan untuk memenuhi prinsip-prinsip OBE.

Dapat disimpulkan bahwa *outcome-based curriculum* merupakan bentuk kurikulum yang saat ini berlaku pada perguruan tinggi secara global, implementasinya berpotensi menghasilkan lulusan yang sesuai dengan kebutuhan zaman, namun proses perancangannya bukanlah suatu hal yang mudah. Menyusun tujuan pembelajaran yang terukur, dan merinci keterkaitannya dengan kegiatan pembelajaran serta evaluasi hasil belajarnya, memiliki tantangan yang kompleks. Diperlukan kerangka kerja yang kuat untuk memodelkan hubungan yang jelas antara elemen-elemen kurikulum (Spady, 1994).

1.2.1 Ide Dasar Penelitian

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, penulis mengusulkan penggunaan ontologi untuk merepresentasikan kurikulum. Dalam ilmu informasi, ontologi didefinisikan sebagai "*explicit specification of a shared conceptualization*" (Gruber, 1993). Ontologi menyediakan struktur formal yang mengorganisasikan konsep-konsep dan hubungan antar konsep dalam suatu domain tertentu. Pemanfaatan ontologi berpotensi untuk mengatasi masalah keselarasan dalam OBE, dengan mendefinisikan *learning outcomes* pada tingkat program dalam istilah konkret yang dapat diterjemahkan ke *learning outcomes* spesifik di tingkat mata kuliah. Ontologi memungkinkan perancang kurikulum untuk memetakan hubungan antara hasil pembelajaran, aktivitas, dan penilaian, sehingga mendorong konsistensi dan koherensi. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kejelasan bagi pengajar dan mahasiswa, tetapi juga memperbaiki evaluasi dan pengukuran hasil pembelajaran, sesuai dengan konsep OBE untuk memberikan pengalaman pendidikan yang berorientasi pada hasil.

Selain itu, ontologi dapat digunakan oleh komputer untuk melakukan pengolahan otomatis terhadap informasi dalam kurikulum. Hal ini memudahkan dalam mengintegrasikan dan mengelola data kurikulum secara efisien, serta mendukung analisis data yang lebih canggih. Ontologi juga memungkinkan untuk proses pencarian dan temu kembali

informasi, dengan memberikan pertanyaan yang spesifik terkait kurikulum.

Pada ruang lingkup pendidikan secara umum, ontologi berhasil digunakan untuk merumuskan representasi domain pembelajaran dengan menentukan semua konsep yang terlibat, hubungan antar konsep, serta sifat dan kondisi yang ada (Grivokostopoulou et al., 2019). Ontologi secara umum dapat dikategorikan menjadi empat kategori utama dalam lingkungan pendidikan: manajemen dan pemodelan kurikulum, mendeskripsikan domain pembelajaran, mendeskripsikan data peserta didik, dan mendeskripsikan layanan *e-learning* (Stancin et al., 2020).

Pemanfaatan ontologi untuk pemodelan dan manajemen kurikulum merupakan area penelitian yang aktif dalam dekade terakhir. Banyak penelitian, diantaranya Al Yahya et al. (2013), Cung et al. (2014), Sarmiento et al. (2016), Berestneva et al. (2016), Bansal et al. (2016), Samia et al. (2018), Piedra and Caro (2018), Wang et al. (2019), Nahhas et al. (2019), Hulbert et. al (2022) menjelaskan bahwa salah satu aplikasi utama dari ontologi adalah untuk menghasilkan deskripsi dari konten kurikulum pendidikan yang konkret dan fleksibel. Meskipun demikian, penelitian-penelitian yang ada belum memanfaatkan ontologi untuk memodelkan kurikulum berbasis OBE. Sebagian penelitian terkait ontologi memuat konsep learning outcome namun baru di tingkat mata kuliah, belum memuat konsep learning outcome di tingkat program studi yang menjadi basis untuk memformulasikan learning outcome di tingkat mata kuliah dan komponen-komponen kurikulum lainnya.

Konteks spesifik yang ingin didukung oleh ontologi pada penelitian ini adalah pemeriksaan kurikulum oleh tim penelaah (*reviewer*) kurikulum. Tidak seperti ontologi terkait kurikulum yang umumnya ditujukan untuk masyarakat umum, mahasiswa, dosen atau manajemen perguruan tinggi, tim *reviewer* memerlukan informasi yang lebih spesifik pada saat memeriksa kurikulum. Sebagai contoh, pada saat memeriksa kesesuaian antara *learning outcome* di tingkat program studi dan *learning outcome* di tingkat mata kuliah, informasi eksplisit mengenai ranah pembelajaran (kognitif, atau afektif, atau psikomotorik) dari *learning outcome* tersebut akan membantu tugas *reviewer*. Adanya diagram alir yang menunjukkan bagaimana alur mata kuliah-mata kuliah dalam suatu program studi untuk mencapai *learning outcome* di tingkat program studi juga membantu *reviewer* melihat koherensi dari kurikulum.

1.2.2 Definisi Permasalahan

Dari uraian di atas, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah

- Bagaimana mengembangkan ontologi untuk memodelkan kurikulum pada perguruan tinggi yang menerapkan paradigma OBE, dengan *ontologi* yang mampu membantu reviewer untuk memeriksa kurikulum?
- Apa saja komponen ontologi *Outcome-Based Curriculum*, dan bagaimana komponen-komponen ini diturunkan dari berbagai sumber yang relevan?
- Bagaimana komponen-komponen pada *Outcome-Based Curriculum* saling terhubung?

1.2.3 Ruang Lingkup dan Batasan Permasalahan

Ruang lingkup dan batasan penelitian ini meliputi:

- Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini meliputi pemodelan kurikulum perguruan tinggi pada jenjang diploma, sarjana mapun magister yang menerapkan OBE.
- Dari tiga siklus OBE yaitu yaitu *Outcome-Based Curriculum* (OBC), *Outcome-Based Learning and Teaching* (OBLT) dan *Outcome-Based Assessment and Evaluation* (OBAE), penelitian ini berfokus pada fase *Outcome-Based Curriculum* (OBC), tanpa memodelkan fase OBLT dan OBAE.
- OBE merupakan suatu paradigma yang implementasi di lapangan dapat berbeda-beda dalam hal urutan, proses dan tingkat detailnya. Penelitian ini menggunakan dua panduan sebagai acuan utama: panduan penyusunan kurikulum perguruan tinggi yang diterbitkan Dikti pada tahun 2020 serta panduan penyusunan kurikulum di Universitas Indonesia pada tahun 2022 dan 2024. Meskipun demikian, keragaman praktik OBE yang didapatkan selama studi literatur menjadi pertimbangan dalam penyusunan ontologi.
- Proses penelaahan kurikulum pada penelitian ini mengacu pada praktik yang diterapkan di Universitas Indonesia.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan ontologi yang mampu memodelkan *Outcome-Based Curriculum* (OBC) pada suatu program studi di perguruan tinggi. Ontologi ini dirancang menggunakan *Web Ontology Language* (OWL) berbasis *description logics*, sehingga dapat merepresentasikan secara formal konsep-konsep kunci dalam OBC, termasuk *program educational objectives, learning outcomes, learning content*, strategi pengajaran atau aktivitas pembelajaran, mata kuliah, penilaian, indikator kinerja, serta hubungan semantik antar elemen-elemen tersebut. Ontologi ini juga dilengkapi dengan aturan-aturan semantik dan aksioma untuk menjamin konsistensi, dan kemampuan *reasoning* dalam menganalisis struktur kurikulum.

Lebih spesifik, penelitian ini bertujuan menyediakan model konseptual yang menjadi acuan dalam analisis kurikulum pada program studi di perguruan tinggi yang menerapkan OBE. Ontologi yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat bantu bagi *reviewer* kurikulum untuk menganalisis dan memvalidasi kesesuaian suatu kurikulum dengan prinsip-prinsip OBE, termasuk pencapaian *learning outcomes* dan keterkaitan antar elemen kurikulum.

1.4 Urgensi Penelitian

Ontologi penting untuk pemodelan *Outcome-Based Curriculum* karena beberapa alasan di bawah ini.

1. Kejelasan Semantik: Ontologi menyediakan cara terstruktur dan terstandarisasi untuk mendefinisikan dan mewakili konsep, hubungan, dan atribut yang relevan dengan domain tertentu, termasuk dalam perancangan kurikulum (Chimalakonda & Nori, 2020). Dalam konteks *Outcome-Based Curriculum*, hal ini memastikan bahwa semua pemangku kepentingan memiliki pemahaman yang jelas dan sama mengenai komponen dan tujuan kurikulum.

2. Keselarasan dengan Tujuan Pembelajaran: *Outcome-Based Curriculum* menekankan *learning outcome* sebagai fokus utama perancangan kurikulum. Ontologi memungkinkan definisi dan pemetaan tujuan pembelajaran yang tepat, memastikan bahwa komponen-komponen dalam kurikulum selaras dengan *learning outcomes* yang diinginkan. Ontologi dapat digunakan untuk menetapkan

mekanisme penjaminan mutu, memastikan bahwa desain dan implementasi kurikulum konsisten dengan standar dan tujuan pendidikan.

3. Fleksibilitas dan Kemampuan Beradaptasi: Ontologi dapat mengakomodasi perubahan pembaruan konten kurikulum dengan cepat, tanpa mengubah struktur kurikulum secara keseluruhan. Pendekatan ontologi memungkinkan dosen untuk menyesuaikan kurikulum dengan kebutuhan dan tujuan pendidikan yang terus berkembang, yang merupakan aspek mendasar dari *Outcome-Based Curriculum*.

4. Integrasi dan Analisis Data: Ontologi memfasilitasi integrasi berbagai sumber data dan analisis informasi terkait kurikulum. Hal ini mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (*evidence-based decision* making) dalam pengembangan kurikulum dan memastikan bahwa terpenuhinya tujuan kurikulum.

5. Interoperabilitas: Ontologi dapat digunakan sebagai bahasa bersama untuk berkomunikasi antara berbagai sistem dan aplikasi yang terkait dengan kurikulum. Hal ini memfasilitasi kolaborasi dan pertukaran informasi antar berbagai entitas dalam konteks pendidikan.

1.5 Posisi Penelitian

Penggunaan ontologi untuk pemodelan dan pengelolaan kurikulum telah menjadi topik penelitian yang aktif selama dua dekade terakhir. Penulis melakukan *systematic literature review* dan mendapatkan 29 artikel yang relevan dengan tema ontologi untuk pemodelan kurikulum di perguruan tinggi.

Penulis mempelajari hal-hal yang dilakukan oleh *reviewer* kurikulum, mendapati bahwa ontologi berpotensi untuk mendukung fase OBC dalam hal:

- Potensi 1: Memodelkan *Program Educational Objective* (PEO), *Program Learning Outcome* (PLO), dan *Course Learning Outcome* (CLO).

- Potensi 2: Memodelkan hubungan antara PEO, PLO dan CLO untuk memperlihatkan keselarasan antara ketiganya. Untuk analisis keselarasan antara PLO dan CLO, domain pembelajaran pada PLO dan CLO perlu dimodelkan secara eksplisit berdasarkan taksonomi tertentu (Diantaranya yang populer adalah Taksonomi Bloom atau kerangka kerja serupa untuk domain kognitif, afektif, maupun psikomotorik).

- Potensi 3: Memfasilitasi pemetaan PEO atau PLO ke referensi atau acuan yang digunakan dalam penyusunan kurikulum, seperti kerangka kualifikasi nasional, kurikulum standar nasional/internasional, atau persyaratan badan akreditasi.
- Potensi 4: Memfasilitasi pemetaan elemen kurikulum seperti bahan kajian, mata kuliah, aktivitas pembelajaran, metode penilaian, indikator kinerja, media/teknologi pembelajaran untuk memastikan keselarasan elemen-elemen ini dengan *learning outcomes*.

Uraian lebih lengkap tentang hasil studi literatur disajikan pada Subbab 3.4.1. Pada Tabel 1.1 penulis merangkum tentang posisi penelitian-penelitian sebelumnya dan penelitian penulis dalam mengimplementasikan potensi-potensi ini. Notasi ”Ya” menandakan bahwa penelitian telah mengimplementasikan potensi dari ontologi, ”Parsial” menandakan bahwa penelitian telah mengimplementasikan sebagian dari potensi ontologi, sedangkan ”Tidak”menandakan bahwa penelitian tidak mengimplementasikan potensi ontologi.

Tabel 1.1: Rangkuman penelitian ontologi untuk mendukung OBE

ID Artikel, Referensi	**Judul**	**Potensi 1**	**Potensi 2**	**Potensi 4**	**Potensi 4**
1,Triperina, Sgouropoulou, dan Tsolakidis (2013)	*AcademIS: an ontology for representing academic activity and collaborations within HEIs*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
2, Ramesh dan Iyer (2016)	*Integrating the Learning Objectives and Syllabus into a Domain Ontology for Data Structures Course*	Parsial	Tidak	Tidak	Parsial

Continued on next page...

ID Artikel, Referensi	Judul	Potensi 1	Potensi 2	Potensi 4	Potensi 4
3, Zhu, Wang, Fan, dan Chen (2017)	*Research of Learning path recommendation algorithm based on Knowledge Graph*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
4, Tapia-Leon, Aveiga, Chicaiza, dan Suárez-Figueroa (2019)	*Ontological Model for the Semantic Description of Syllabuses*	Parsial	Tidak	Tidak	Tidak
5, Pei, Xuejing, dan Deqing (2020)	*Construction of Curriculum Knowledge Map based on Ontology*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
6, Bucos, Dragulescu, dan Veltan (2010)	*Designing a semantic web ontology for E-learning in higher education*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
7, Lu dan Zhang (2011)	*Construction of Curriculum Ontology Aiming at Educational Service Support: An Ontology Approach for Knowledge-Intensive Service Systems*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
8, El-Ghalayini (2011)	*E-Course Ontology for Developing E-Learning Courses*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Continued on next page...

ID Artikel, Referensi	Judul	Potensi 1	Potensi 2	Potensi 4	Potensi 4
9, Ameen, Khan, dan Rani (2012)	*Creation of Ontology in Education Domain*	Parsial	Tidak	Tidak	Tidak
10, Karunananda, Rajakaruna, dan Jayalal (2012)	*OntoCD - Ontological solution for curriculum development*	Parsial	Tidak	Tidak	Tidak
11, Huang, Chen, dan Chen (2013)	*Course-recommendation system based on ontology*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
12, S. Bansal, Gaffar, dan Dalrymple (2015)	*Building faculty expertise in outcome-based education curriculum design*	Parsial	Parsial	Tidak	Parsial
13, Hedayati dan Mart (2016)	*Ontology-driven modeling for the culturally sensitive curriculum development: A case study in the context of vocational ICT education in Afghanistan*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Continued on next page...

ID Artikel, Referensi	Judul	Potensi 1	Potensi 2	Potensi 4	Potensi 4
14, Sarmiento, Duarte, Barrera, dan Soto (2016)	*Semi-automated academic tutor for the selection of learning paths in a curriculum: An ontology-based approach*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
15, Ibrahim, Yang, Ndzi, Yang, dan Al-Maliki (2018)	*Ontology-Based Personalized Course Recommendation Framework*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
16, Wang et al. (2019)	*A Courses Ontology System for Computer Science Education*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
17, Gupta dan Sabitha (2020)	*Designing Ontology for Massive Open Online Courses using Protégé*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
18, Aksenov et al. (2020)	*Competencies Ontology for the Analysis of Educational Programs*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
19, Zouri dan Ferworn (2021)	*An Ontology-Based Approach for Curriculum Mapping in Higher Education*	Parsial	Tidak	Tidak	Tidak
20, Reynolds, Pate, dan Ochoa (2023)	*An Ontology and Management System for Learning Outcomes and Student Mastery*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Continued on next page...

ID Artikel, Referensi	Judul	Potensi 1	Potensi 2	Potensi 4	Potensi 4
21, Wibowo (2024)	*A Semantic Knowledge Graph Approach to Support Outcome-Based Education System*	Parsial	Tidak	Tidak	Parsial
22, Evain, Exposito, Gueye, dan Arnould (2024)	*Ontology-Driven Approach for Competency-Oriented and Student-Centered Engineering Education*	Parsial	Tidak	Tidak	Tidak
23, Castellanos-Nieves, Fernández-Breis, Valencia-García, Martínez-Béjar, dan Iniesta-Moreno (2011)	*Semantic Web Technologies for supporting learning assessment*	Parsial	Tidak	Tidak	Tidak
24, Bussemaker, Trokanas, dan Cecelja (2017)	*An ontological approach to chemical engineering curriculum development*	Parsial	Tidak	Tidak	Tidak

Continued on next page...

ID Artikel, Referensi	Judul	Potensi 1	Potensi 2	Potensi 4	Potensi 4
25, Palombi et al. (2019)	*OntoSIDES: Ontology-based student progress monitoring on the national evaluation system of French Medical Schools*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
26, Clemente, Yago, de Pedro-Carracedo, dan Bueno (2022)	*A proposal for an adaptive Recommender System based on competencies and ontologies*	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
27, Milosz et al. (2024)	*Ontological approach for competency-based curriculum analysis*	Parsial	Tidak	Tidak	Tidak
28, Chung dan Kim (2016)	*An ontological approach for semantic modeling of curriculum and syllabus in higher education*	Parsial	Parsial	Tidak	Tidak
29, Katis, Kondylakis, Agathangelos, dan Vassilakis (2018)	*Developing an ontology for curriculum and syllabus*	Parsial	Tidak	Tidak	Ya

Continued on next page...

ID Artikel, Referensi	Judul	Potensi 1	Potensi 2	Potensi 4	Potensi 4
30, Penelitian ini	Ontologi untuk Pemodelan Kurikulum pada Perguruan Tinggi yang Menerapkan OBE	Ya	Ya	Ya	Ya

BAB 2
OUTCOME-BASED EDUCATION

Lahir dari kebutuhan untuk menjawab tantangan global dalam bidang pendidikan, OBE berfokus pada pengembangan kemampuan peserta didik agar dapat berhasil dalam lingkungan sosial dan lingkungan professional. OBE mensyaratkan model pembelajaran yang lebih efektif, menekankan pada pengembangan keterampilan, pengetahuan, dan sikap yang relevan bagi peserta didik dalam menghadapi tantangan nyata di luar dunia akademis. Secara implisit, OBE mendorong reformasi dalam kurikulum, metode pengajaran, dan penilaian, memastikan bahwa pendidikan lebih akuntabel dan responsif terhadap kebutuhan peserta didik dan masyarakat.

Pada bab ini dijelaskan hasil studi literatur tentang apa itu OBE, bentuk kurikulum perguruan tinggi yang sesuai dengan OBE, serta kebutuhan akan representasi dokumen kurikulum berbasis OBE dalam format terstruktur. Sesuai dengan tujuan penelitian, pada bab ini juga disajikan proses penelaahan kurikulum yang dilaksanakan di Universitas Indonesia.

2.1 Definisi OBE

Analisis terhadap literatur yang ada menunjukkan adanya berbagai definisi OBE, yang semuanya sampai pada suatu kesamaan dasar, bahwa OBE berfokus pada hasil pendidikan yang dapat diamati dan terukur, serta memenuhi tuntutan masyarakat (Wani, 2020). Spady (1994) mendefinisikan OBE sebagai suatu "pendekatan komprehensif untuk mengatur dan mengoperasikan sistem pendidikan yang terfokus pada dan ditentukan oleh demonstrasi keberhasilan pembelajaran dari setiap siswa".

OBE adalah proses belajar mengajar yang berpusat pada siswa (*student centered learning* atau SCL), dengan penyampaian dan penilaian dalam perkuliahan direncanakan untuk mencapai tujuan dan hasil yang sudah didefinisikan (Wani, 2020). Dalam konteks ini, SCL menjadi alat yang efektif dalam implementasi OBE, karena dengan menempatkan siswa di pusat proses pembelajaran, siswa lebih mungkin mencapai hasil pembelajaran yang diinginkan. Penerapan SCL dalam kerangka OBE memungkinkan pendidikan

yang lebih fleksibel dan dinamis, disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan individu siswa.

2.2 Prinsip-Prinsip OBE

Ada empat prinsip dasar OBE yang dikemukakan oleh Spady (1994) yakni Clarity of Focus, Designing Back, High expectations dan Expanded opportunity. Selain itu, prinsip *Cnstructive Alignment* dari Biggs dan Tang (2011) pada umumnya diterapkan dalam implementasi OBE. Pada panduan penyusunan kurikulum nasional oleh Junaidi et al. (2020) disebutkan pula bahwa *Continuous Quality Improvement* menjadi bagian tak terpisahkan dari OBE. Berikut penjelasan dari prinsip-prinsip ini.

- *Clarity of Focus*. Prinsip ini menekankan pada pentingnya memiliki tujuan pembelajaran yang jelas dan terdefinisi dengan baik. Dalam pendekatan OBE, penting bagi pendidik untuk menentukan hasil pembelajaran yang diharapkan (*learning outcome*) secara spesifik dan jelas, agar dapat merancang kurikulum dan strategi pengajaran yang efektif untuk mencapai hasil tersebut.

- *Designing Down* atau disebut juga *Designing Back* atau *Backward Design*. Titik tolak pengembangan kurikulum dengan bermula dari *outcome* yang diinginkan. Semua keputusan instruksional kemudian dibuat dengan menelusuri kembali *outcome* yang telah didefinisikan dan mengidentifikasi pengalaman pembelajaran dan penilaian yang sesuai untuk mencapai *outcome* tersebut. Hal ini tidak berarti bahwa desain kurikulum merupakan proses yang bersifat linier dan sederhana, namun berarti bahwa semua keputusan perencanaan, pengajaran dan penilaian harus saling terkait langsung pada *outcome* yang pada akhirnya ingin dicapai siswa.

- *High Expectations*. OBE mengusung gagasan bahwa setiap siswa memiliki potensi untuk mencapai tingkat keunggulan tertinggi. Prinsip ini mendorong pengajar untuk memiliki harapan yang tinggi terhadap semua mahasiswa dan memberikan dukungan yang sesuai. Jenis asesmen harus cukup menantang mahasiswa untuk mengaktifkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (seperti *critical thinking, decision making, problem solving*).

- *Expanded Opportunities*. Prinsip ini menggarisbawahi perlunya menyediakan berbagai peluang pembelajaran bagi mahasiswa, berbagai metode pengajaran, sum-

ber daya, dan aktivitas pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan belajar yang beragam dari siswa. Hal ini termasuk menyediakan pengalaman belajar di luar kelas dan pembelajaran kontekstual. Ini membantu siswa mengembangkan keterampilan praktis yang relevan dengan dunia nyata. Prinsip ini juga menekankan pada pentingnya pembelajaran sepanjang hayat dan pembelajaran yang berkelanjutan.

- *Constructive Alignment*. Dalam konsep ini, praktik pendidikan dirancang untuk menyelaraskan tiga elemen utama: *learning outcome*, aktivitas belajar mengajar, dan metode penilaian. Penyelarasan ini memastikan bahwa apa yang diharapkan dicapai oleh siswa (*learning outcome*) terhubung langsung dengan cara mereka belajar (kegiatan mengajar) dan bagaimana pembelajaran mereka dinilai (metode penilaian).

- *Continous Quality Improvement*. OBE menuntut peningkatan berkelanjutan dalam mencapai hasil pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja dan masyarakat. Dalam penerapannya, OBE memerlukan evaluasi dan penyesuaian berkelanjutan terhadap kurikulum, metode pengajaran, dan penilaian untuk memastikan bahwa hasil pembelajaran yang diinginkan dapat dicapai secara efektif. Oleh karena itu, prinsip *continuous quality improvement* diintegrasikan ke dalam OBE untuk memastikan bahwa pendekatan pendidikan terus diperbaharui dan ditingkatkan sesuai dengan kebutuhan dan tantangan yang berubah.

2.3 Terminologi dalam OBE

Learning outcomes, diterjemahkan menjadi capaian pembelajaran, merupakan terminologi pusat dalam OBE. Tim KKNI (2015) menjelaskan definisi dari *learning outcome* dalam tiga paragraf berikut.

”Capaian pembelajaran (*learning outcomes*) adalah suatu ungkapan tujuan pendidikan, yang merupakan suatu pernyataan tentang apa yang diharapkan diketahui, dipahami, dan dapat dikerjakan oleh peserta didik setelah menyelesaikan suatu periode belajar. Capaian pembelajaran adalah kemampuan yang diperoleh melalui internalisasi pengetahuan, sikap, keterampilan, kompetensi, dan akumulasi pengalaman kerja.”

”Istilah capaian pembelajaran kerapkali digunakan bergantian dengan kompetensi, meskipun memiliki pengertian yang berbeda dari segi ruang lingkup pendekatannya. Allan dalam Butcher, Davies, dan Highton (2006) menjelaskan bahwa banyak terminologi

digunakan untuk menjelaskan *educational intent*, diantaranya adalah *learning outcomes, teaching objectives, competencies, behavioural objectives, goals* dan *aims*."

"Kompetensi adalah suatu bentuk capaian pembelajaran, bersifat lebih terbatas. Ketercapaiannya biasanya dinyatakan dengan kompeten atau tidak kompeten, lulus atau tidak lulus, dan bukan dalam bentuk peringkat (*grade*). Capaian pembelajaran dapat dicapai dalam bentuk berbagai tingkatan, bahkan dengan berbagai cara, dan hasilnya dapat diukur dengan berbagai cara pula, tidak hanya dengan observasi langsung. Bentuk lain dari capaian pembelajaran adalah '*behavioural objectives*', dimana pencapaiannya dapat diamati secara langsung."

Dalam konteks nasional, capaian pembelajaran didefinisikan dalam berbagai tingkat, sebagai berikut:

- Profil Lulusan adalah penciri atau peran yang dapat dilakukan oleh lulusan di bidang keahlian atau bidang kerja tertentu setelah menyelesaikan studinya.
- *Program Educational Objective* (PEO) merupakan pernyataan umum yang menggambarkan apa yang diharapkan akan dicapai lulusan dalam beberapa tahun setelah lulus. PEO didasarkan pada kebutuhan dan prediksi kemampuan masa depan.
- Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) adalah kemampuan yang dimiliki oleh setiap lulusan propgram studi yang merupakan internalisasi dari sikap, penguasaan pengetahuan dan ketrampilan sesuai dengan jenjang prodinya yang diperoleh melalui proses pembelajaran.
- CPL yang dibebankan pada mata kuliah adalah beberapa capaian pembelajaran lulusan program studi yang digunakan untuk pembentukan/pengembangan sebuah mata kuliah yang terdiri dari aspek sikap, ketrampulan umum, ketrampilan khusus dan pengetahuan.
- Capaian Pembelajaran Mata kuliah (CPMK) adalah kemampuan yang dijabarkan secara spesifik dari CPL yang dibebankan pada mata kuliah, dan bersifat spesifik terhadap bahan kajian atau materi pembelajaran mata kuliah tersebut.
- Sub-CP Mata kuliah (Sub-CPMK) adalah kemampuan yang dijabarkan secara spesifik dari CPMK yang dapat diukur atau diamati dan merupakan kemampuan akhir

yang direncanakan pada tiap tahap pembelajaran, dan bersifat spesifik terhadap materi pembelajaran mata kuliah tersebut.

Pada konteks internasional, Qadir et al. (2020) yang meneliti penerapan OBE di 9 negara, mengidentifikasi bahwa suatu konsep yang sama disebut dengan akronim yang berbeda-beda di negara yang berbeda, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1. *Learning outcomes* pada tingkat mata kuliah umumnya disebut *Course Learning Outcomes* (CLOs), namun di tempat lain seperti oleh AHEP (*Association of Higher Education Professionals*) di Inggris disebut sebagai *Intended Learning Outcome* (ILOs) dan *Subject Learning Outcome* (SLOs) seperti di Malaysia dan Hongkong.

Tabel 2.1: Padanan Terminologi OBE (sumber: Qadir et al. (2020))

Akronim	**Terminologi**	**Padanan**	**Penjelasan**
CLO	*Course Learning Outcomes*	ILO	*What students should be able to know, do, and value by the end of a course.*
GA	*Graduate Attributes*	PLO, SLO, SO	*Statements that describe what students are expected to know and be able to do by the time of graduation.*
ILO	*Intended Learning Outcomes*	CLO	*What students should be able to know, do, and value by the end of a course (Sometimes used to refer to desired outcomes at the end of course units).*
PEO	*Program Educational Objectives*		*Broad statements that describe what graduates are expected to attain within a few years of graduation.*
PLO	*Program Learning Outcomes*	SO/SLO	*Statements that describe what students are expected to know and be able to do by the time of graduation.*
SO	*Student Outcomes*	SLO	*Statements that describe what students are expected to know and be able to do by the time of graduation.*
SLO	*Student Learning Outcomes*	SO	*Statements that describe what students are expected to know and be able to do by the time of graduation.*

Qadir et al. (2020) juga menemukan bahwa *learning outcome* pada tingkat program,

atau *outcome* yang diharapkan ditunjukkan oleh siswa pada saat lulus, juga disebut dengan beragam istilah. Sebagian besar menyebutnya sebagai *Program Learning Outcomes* (PLOs), namun di beberapa tempat termasuk dalam Washington Accord disebut sebagai *Graduate Attributes* (GAs), dan ada yang menyebut sebagai *Student Outcomes* (SOs) seperti pada ABET. Beberapa penulis juga menggunakan istilah *Student Learning Outcomes* (SLOs), yang setara dengan PLO atau SO. Sayangnya, di Malaysia SLO juga digunakan untuk merujuk pada *Subject Learning Outcomes*, yang setara dengan CLO.

MenurutQadir et al. (2020), istilah *objective* berbeda dengan outcome: *objective* biasanya bersifat jangka panjang, sedangkan outcome bersifat jangka pendek. Dalam OBE, terminologi yang menggunakan kata *objective* adalah *Program Educational Objectives* (PEOs), yaitu pernyataan yang secara luas menggambarkan pencapaian karir dan profesional yang disiapkan oleh program studi untuk dicapai oleh lulusannya dalam beberapa tahun pertama (umumnya 3 hingga 5 tahun) setelah lulus.

Dari keragaman yang ada, terminologi yang selanjutnya dipakai dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2: Terminologi OBE yang Digunakan pada Penelitian

Terminologi yang Digunakan	**Padanan**
Program Educational Objective (PEO)	-
PProgram Learning Outcome (PLO)	*Graduate Attribute* *Student Learning Outcome* *Student Outcome* Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)
Course Learning Outcome (CLO)	*Intended Learning Outcome* *Subject Learning Outcome* Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

2.4 Kurikulum Berbasis OBE

Penyusunan kurikulum dalam OBE diawali dengan penyusunan profil lulusan (graduate profiles) yang memperhatikan analisis kebutuhan baik kebutuhan peserta didik, masyarakat, bidang ilmu, pengguna lulusan, dan kebutuhan masa depan, visi misi institusi, serta hasil evaluasi kurikulum. Deskripsi dari profil lulusan yang menjadi tujuan penyelenggaraan program studi dikenal sebagai *Program Educational Objective* (PEO).

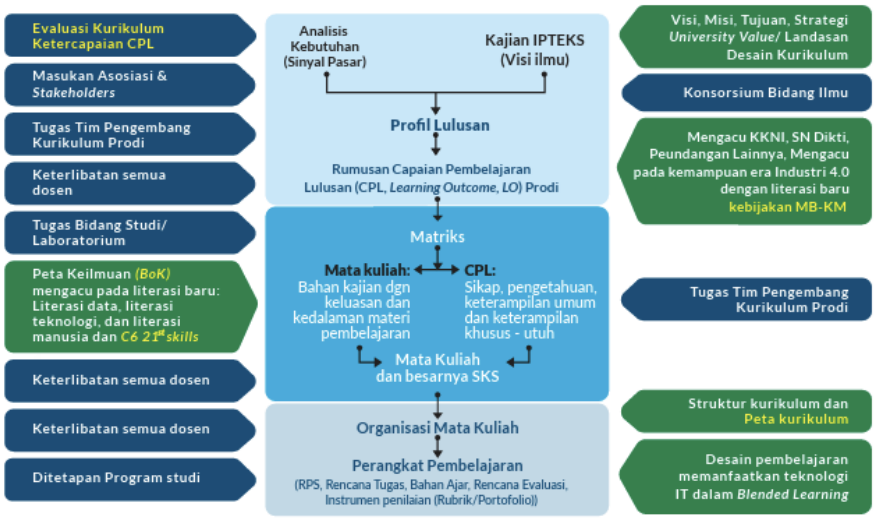
Ada pula praktik yang tidak merumuskan profil lulusan, namun langsung menyatakannya dalam PEO. Pada Gambar 2.1 disajikan piramida dari *learning outcomes* yang proses perumusannya dilakukan secara *top-down*, sedangkan proses pencapaiannya diraih secara *bottom-up*.

Gambar 2.1: Piramida *Outcomes* (sumber: Qadir et al. (2020)

PEO memainkan peran sentral dalam efektivitas OBE. Inti dari OBE adalah bahwa kurikulum, pengajaran, dan penilaian harus direncanakan berdasarkan tujuan umum jangka panjang dan hasil jangka pendek. Penggunaan PEO memungkinkan setiap lembaga pendidikan untuk mendefinisikan kesuksesan bagi dirinya sendiri dan menetapkan tujuannya sendiri. Hal ini memberikan fleksibilitas bagi lembaga untuk membuat program yang efektif sesuai konteks dan kebutuhan para pemangku kepentingan. Qadir et al. (2020) merekomendasikan agar lembaga yang ingin diakreditasi (internasional) setidaknya mempersiapkan diri untuk:

- memberikan daftar PEO (yang harus dipublikasikan dengan baik kepada seluruh pemangku kepentingan termasuk mahasiswa);
- menunjukkan konsistensi PEO dengan misi dan visi lembaga;
- mengidentifikasi pemangku kepentingan yang signifikan atau konstituen dari program studi;
- menjelaskan proses yang digunakan untuk menetapkan dan meninjau PEO dan menetapkan bahwa berbagai pemangku kepentingan terlibat aktif dalam proses ini;
- menunjukkan bahwa proses di atas dapat berjalan dan menghasilkan hasil yang diinginkan, dan umpan balik yang dihasilkan digunakan untuk menyempurnakan PEO dan kurikulum serta pengajaran sesuai kebutuhan.

Setelah penyusunan PEO, selanjutnya dirumuskan CPL atau Program Learning Outcomes. Secara sederhana tahapan penyusunan kurikulum terdiri dari: (1) Penetapan profil lulusan (termasuk PEO) dan perumusan Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL); (2) Penetapan bahan kajian dan pembentukan mata kuliah; (3) Penyusunan matriks organisasi mata kuliah dan peta kurikulum.



Gambar 2.2: Tahapan Penyusunan Kurikulum (sumber: Junaidi et al. (2020)

Tahapan penyusunan kurikulum ini disajikan pada Gambar 2.2. Di Indonesia, penyusunan CPL mempertimbangkan sejumlah landasan diantaranya Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI), masukan dari pemangku kepentingan, acuan dari konsorsium bidang ilmu, serta hasil evaluasi kurikulum sebelumnya. Negara-negara lain juga pada umumnya memiliki *National Qualification Frameworks*, suatu kerangka penjenjangan sumber daya manusia untuk memberikan struktur yang jelas tentang perjalanan pendidikan dan pengembangan ketrampilan.

Tidak ada standar acuan baku tentang *template* dokumen kurikulum suatu program studi, pada umumnya mengandung hal-hal berikut.

1. Indentitas program studi
2. Visi dan misi universitas/fakultas/program studi
3. *Program Educational Objective* (PEO) Proses penyusunan PEO maupun PLO umumnya disertai dengan uraian yang berisi tentang hasil evaluasi kurikulum se-

belumnya, masukan dari para pemangku kepentingan, benchmarking dengan institusi yang relevan, konsorsium bidang ilmu,

4. *Program Learning Objective* (PLO)
5. Pemetaan PEO dengan PLO
6. Pemetaan PLO atau PEO terhadap aturan yang berlaku. Sebagai contoh, persyaratan yang berlaku di Indonesia adalah tersedianya
   - Pemetaan PLO terhadap KKNI (Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia) atau
   - Pemetaan PEO terhadap KKNI
7. *Course Learning Outcome* (CLO), atau ada program studi yang membuat Sub-PLO sebagai turunan dari PLO.
8. Pemetaan PLO terhadap CLO atau pemetaan PLO terhadap Sub-PLO.
9. Matriks pengalaman belajar, yang berisi pemetaan antara PLO, bahan kajian, nama mata kuliah, indikator dan asesmen.
10. Pemetaan antara PLO dan Mata Kuliah
11. Organisasi mata kuliah
12. Deskripsi asesmen pada level mata kuliah (CLO), level capaian pembelajaran (PLO) dan level tujuan program studi.

Untuk memberikan gambaran yang lebih konkret, diberikan contoh dokumen kurikulum berbasis OBE dari beberapa program studi yang dapat diakses melalui s.id/ContohKurikulumOBE.

Pada studi ini ditemukan variasi implementasi OBE. Misalnya dalam panduan kurikulum dari DIKTI, tidak ada matriks pengalaman belajar dan tidak ada Sub-PLO (pemetaan dari PLO langsung ke CLO). Dalam panduan dari Aptikom, tidak ada matriks pengalaman belajar, pemetaan terhadap KKNI dan analisis learning domain, tidak ada Sub-PLO. Di Universitas Indonesia, prodi dapat memilih apakah akan menggunakan konsep Sub-PLO ataupun tidak. Keragaman ini diakomodir dalam ontologi yang dikembangkan pada penelitian ini.

2.5 Proses *Review* Dokumen Kurikulum Perguruan Tinggi yang Menerapkan OBE

Universitas umumnya memiliki tim yang bertugas melakukan *review* terhadap dokumen kurikulum prodi, sebelum kurikulum diimplementasikan (dalam periode pembaruan kurikulum yang umumnya berlangsung setiap empat tahun sekali).*review* terhadap kurikulum OBE dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen kurikulum, mulai dari learning outcomes, materi pengajaran, metode pengajaran, hingga penilaian, selaras dengan hasil pembelajaran yang diharapkan. *review* ini juga memungkinkan institusi pendidikan untuk menyesuaikan kurikulum dengan perkembangan terbaru dalam disiplin ilmu terkait, teknologi, dan kebutuhan pasar kerja. Proses *review* ini membantu dalam mengidentifikasi dan memperbaiki kelemahan atau celah dalam kurikulum, serta memastikan bahwa kurikulum tetap relevan dan efektif dalam mencapai tujuan pendidikan.

Pada Tabel 2.3 diberikan sebagian dari pertanyaan-pertanyaan diagnostik yang digunakan untuk memandu *reviewer* dalam menganalisis kurikulum di Universitas Indonesia yang berlaku saat ini. Pertanyaan-pertanyaan ini sebagian besar mengevaluasi aspek-aspek OBE, namun juga mengandung pertanyaan seputar merdeka belajar dan pembelajaran berbasis riset yang berlaku di Universitas Indonesia.

Tabel 2.3: Daftar Sebagian Pertanyaan untuk Penelaahan Kurikulum di Universitas Indonesia

Butir	**Pertanyaan**
1	Apakah Dokumen kurikulum sudah memuat Capaian Pembelajaran, Materi Pembelajaran, Proses Pembelajaran, Asesmen, dan Evaluasi?
2	Apakah pada Dokumen Kurikulum proses perumusan Tujuan Pendidikan/Profil lulusan sudah memperhatikan visi dan misi Institusi (Univ, Fak/Prodi), kebutuhan pemangku kepentingan, serta yang disyaratkan oleh Pemerintah dan Badan Akreditasi?
Proses Perumusan Capaian Pembelajaran	
3b	Apakah CPL yang telah dirumuskan sudah berdasarkan level KKNI, khususnya bagian keterampilan khusus dan pengetahuan? (Matriks padanan CPL dengan KKNI)

Lanjut ke halaman berikutnya

Butir	Pertanyaan
3c	Apakah CPL yang telah dirumuskan berlandaskan kepada visi, misi perguruan tinggi, fakultas, dan program studi?
3d	Apakah semua pemangku kepentingan (dosen, mahasiswa, alumni, dan pemberi kerja) dilibatkan dalam menyusun Capaian Pembelajaran?
3e	Apakah kebutuhan pemangku kepentingan diterjemahkan dalam CPL?
3f	Apakah CPL dirumuskan dengan jelas dan merefleksikan kebutuhan pemangku kepentingan?
3g	Apakah dalam perumusan capaian pembelajaran dilakukan benchmarking ke institusi keilmuan yang relevan?
3h	Apakah ada mekanisme review terhadap CPL?
3i	Apakah CPL sudah memuat semua aspek kompetensi kognitif, afektif, dan psikomotor sehingga mampu mempromote kemampuan belajar sepanjang hayat?
3j	Apakah CPL yang dirumuskan bisa terukur dan diamati?
3k	Apakah ada matrik hubungan antara Profil Lulusan dengan Capaian Pembelajaran untuk memastikan keselarasan?
Desain Proses Pembelajaran	
4a	Apakah kurikulum menunjukkan keseimbangan antara sikap, pengetahuan, dan keterampilan?
4b	Apakah Struktur Kurikulum disusun sesuai dengan peraturan yang berlaku dan menjamin kepastian terpenuhinya capaian pembelajaran?
4c	Apakah Mata kuliah sudah disusun saling terkait dengan jelas dan menunjukkan penahapan tingkat kompleksitas dalam mencapai kompetensi?
4d	Apakah tersedia Matriks Pemetaan Mata Kuliah dan CPL?
4e	Apakah tersedia Diagram Alir Mata Kuliah dalam Pencapaian CPL?
4f	Apakah Metoda Asesmen yang ditentukan selaras dengan CPL?

Lanjut ke halaman berikutnya

Butir	Pertanyaan
4g	Apakah Aktifitas Belajar Mengajar yang ditentukan selaras dengan CPL?
4h	Apakah indikator kinerja beserta metode penilaian yang sesuai telah ditetapkan untuk tiap CPL Program Studi?
4i	Apakah Metoda Belajar Mengajar yang diterapkan berorientasi kepada mahasiswa? (Penerapan *Student Centered Learning*)
4j	Apakah ada Matrik Hubungan antara CPMK dengan CPL?

2.6 Kebutuhan akan Representasi Dokumen Kurikulum Perguruan Tinggi dalam Format Terstruktur

Dari uraian di atas, diperoleh gambaran umum mengenai OBE dan kompleksitas yang dihadapi oleh program studi ketika menyusun dokumen kurikulum berbasis OBE, serta kompleksitas tugas seorang reviewer yang mengevaluasi dokumen kurikulum tersebut. Menganalisis dokumen kurikulum OBE yang disusun dalam bahasa manusia memiliki tantangan yang tidak mudah. Dalam dokumen berbahasa manusia yang jumlah halamannya banyak karena memuat gambaran perjalanan pendidikan siswa sejak masuk hingga lulus dari suatu program studi, tidak mudah untuk meneliti hubungan yang logis antara *learning outcomes* dalam berbagai level, juga meneliti keselarasan antara *learning outcomes* dengan aktivitas belajar/mengajar dan aktivitas penilaian.

Dokumen kurikulum yang disusun dalam format terstruktur yang dapat diproses oleh komputer, seperti menggunakan *markup languages* atau format data terstruktur lainnya, menawarkan kejelasan dan konsistensi yang lebih baik. Format terstruktur memudahkan pengolahan dan analisis data oleh komputer, yang dapat secara otomatis mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan mengolah informasi terkait kurikulum. Hal ini memungkinkan analisis yang lebih cepat dan akurat, membantu sebagian tugas dari *reviewer* kurikulum. Tidak terbatas pada membantu tugas *reviewer* kurikulum saja, penggunaan format terstruktur juga akan membantu pimpinan program studi dalam melakukan *backward design* dan *constructive alignment* dalam penyusunan kurikulum. Bagi pemangku kepentingan seperti siswa, masyarakat dan pengguna lulusan, penggunaan format terstruktur akan membantu dalam menavigasi kurikulum hingga ke aspek-aspek yang rinci.

Dalam ilmu komputer, *Semantic Web* dan Ontologi merupakan teknologi yang relevan untuk memodelkan kurikulum secara terstruktur. Eksplorasi tentang *Semantic Web* dan Ontologi untuk pemodelan kurikulum selanjutnya disajikan pada Bab 3.

BAB 3
ONTOLOGI UNTUK PEMODELAN KURIKULUM

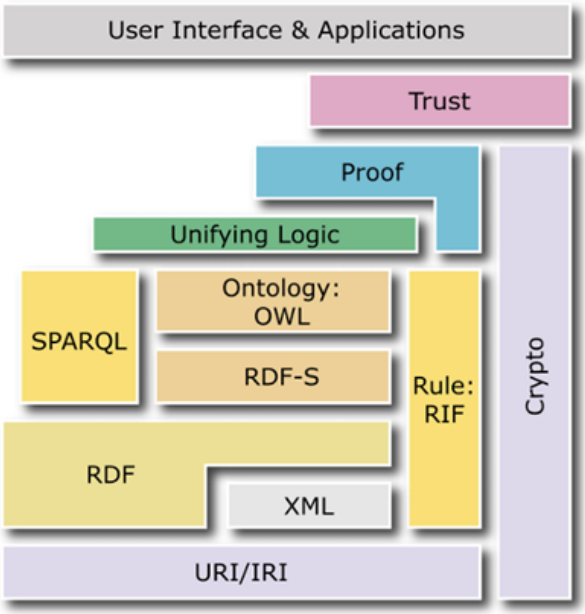
Dengan memanfaatkan ontologi, kurikulum berbasis OBE dapat direpresentasikan dalam format terstruktur dengan semantik yang kaya, memastikan bahwa semua aspek penting dari kurikulum dapat dianalisis secara efektif. Pendekatan ini memungkinkan pemangku kepentingan pendidikan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kurikulum dengan cara yang lebih terstruktur dan berbasis bukti. Implementasi ontologi perlu diintegrasikan dengan teknologi *Semantic Web*. Teknologi ini memungkinkan ontologi untuk beroperasi pada lingkungan yang lebih luas dan terhubung, memanfaatkan standar web untuk memastikan bahwa data dapat dipahami secara universal. Pada bab ini dijelaskan tentang teknologi *Semantic Web*, model ontologi, serta hasil-hasil penelitian yang terkait dengan pemanfaatan ontologi untuk pemodelan kurikulum.

3.1 *Semantic Web*

Perkembangan teknologi *Semantic Web* erat kaitannya dengan *World Wide World* (WWW). Baik *Semantic Web* maupun *World Wide World* memiliki penemu yang sama, Sir Tim Berners Lee, dan dirancang untuk mencapai tujuan yang hampir sama, yaitu membuat pengetahuan dapat diakses secara luas dengan mengaktifkan aplikasi untuk mencari, menjelajah dan berbagi pengetahuan tersebut (Hitzler, Krotzsch, & Rudolph, 2010). Semantic Web merupakan evolusi dari web saat ini yang bertujuan untuk menyajikan informasi secara lebih bermakna bagi manusia dan komputer. Dibandingkan dengan *World Wide Web* tradisional yang berfokus pada penyajian informasi, *Semantic Web* menekankan pada makna (semantik) dan hubungan antar data. Ini memungkinkan komputer dan manusia untuk bekerja sama dalam pengambilan dan pemrosesan informasi dengan lebih efisien (Fazzinga & Lukasiewicz, 2010).

Perkembangan *Semantic Web* telah mengarah pada penciptaan teknologi dan standar baru yang memungkinkan data untuk dihubungkan dan dikonsumsi oleh aplikasi perangkat lunak secara lebih luas. Termasuk di sini adalah bahasa *markup* seperti RDF (*Resource Description Framework*) dan OWL (*Web Ontology Language*), yang mem-

berikan cara untuk menggambarkan hubungan antara obyek dan konsep dalam web. Pada Gambar 3.1 disajikan salah satu bentuk arsitektur dari *Semantic Web*.



Gambar 3.1: Arsitektur Semantic Web (sumber: W3C)

Pada Gambar 3.1, lapisan pertama dalam Semantic Web adalah *Uniform Resource Identifier* (URI) atau IRI (*International Resource Identifier*). URI lebih fundamental dibanding HTTP atau HTML, yaitu sebaris karakter yang mengidentifikasi setiap sumber daya dari web. Sedangkan IRI adalah generalisasi dari URI. URI hanya terbatas menggunakan karakter dari ASCII, sedangkan IRI dapat ditambah karakter-karakter dari UCS (*Universal Character Set*). URI/IRI sangat fundamental pada *Semantic Web*, setiap sumber daya selalu menggunakan URI/IRI agar saling terhubung dan terintegrasi. URI/IRI memungkinkan penandaan unik dari dokumen web, yang digunakan untuk mengidentifikasi dokumen di web.

Lapisan kedua dari arsitektur *Semantic Web* adalah XML (*Extensible Markup Language*). XML adalah bahasa sederhana yang memungkikan pengguna untuk dapat memberikan anotasi dokumen di web dengan tag yang dibuatnya sendiri. XML menyediakan sintaks mendasar untuk struktur konten di dalam dokumen. Namun, XML tidak cukup digunakan dalam *Semantic Web* karena hanya mendefinisikan struktur dari dokumen, tidak dapat memberikan semantik yang dapat dimengerti oleh mesin. Oleh karena itu, dibutuhkan model yang dapat memberikan setiap sumber daya yang ada di web.

Format data utama dari *Semantic Web* adalah RDF. RDF adalah model standar un-

tuk pertukaran data di web, awalnya dirancang sebagai model untuk merepresentasikan metadata oleh *World Wide Web Consortium* (W3C). RDF memungkinkan representasi data secara terstruktur, sehingga memungkinkan untuk mendeskripsikan sumber daya dan hubungan antar sumber daya di internet. Dokumen RDF terdiri dari himpunan *triple* yang masing-masing terdiri dari komponen subyek, predikat dan obyek. Setiap *triple* ini dapat ditulis dengan tag XML. RDF-S (RDF Schema) memperluas RDF dalam mendefinisikan dan menstrukturisasi semantik data di web.

Web Ontology Language (OWL) adalah *framework* untuk merepresentasikan pengetahuan yang direkomendasikan W3C untuk mendeskripsikan sumber daya di web. SPARQL merupakan bahasa kueri yang mencocokkan kueri pengguna dengan data dalam format RDF. Lapisan *Logic* dan *Proof* berupa aturan-aturan dan sistem untuk melakukan penalaran pada ontologi sehingga dapat disimpulkan apakah suatu sumber daya memenuhi syarat tertentu. *Trust* merupakan layer terakhir yang memungkinkan pengguna web untuk mempercayai suatu informasi pada web.

Manusia memahami lapisan *Trust*, *Logic* dan *Proof*, namun komputer tidak memahaminya, karena komputer tidak dapat menguraikan makna dan relasi dari lapisan ini. Di sisi lain, komputer memahami lapisan URI, XML, RDF dan RDFS. Dengan membangun lapisan *Trust*, *Logic* dan *Proof* di atas lapisan *Ontology vocabulary* yang dibangun di atas lapisan RDF dan saling menghubungkan antar lapisan ini memungkinkan komputer untuk membaca dan memahami lapisan di atasnya.

Dengan demikian, dapat kita lihat bahwa ontologi memainkan peran penting dalam *Semantic Web*. Ontologi membantu dalam pemodelan pengetahuan dan memungkinkan mesin untuk memahami dan menanggapi permintaan pengguna dengan lebih akurat. Bahkan, istilah teknologi *Semantic Web* seringkali tidak dibedakan dengan teknologi berbasis ontologi, meskipun sebenarnya penerapan ontologi tidak terbatas pada bentuk aplikasi web. Penjelasan lebih rinci tentang ontologi disajikan pada sub bab selanjutnya.

3.2 Ontologi

Pada sub bab ini dijelaskan pengertian tentang ontologi, komponen ontologi serta metodologi untuk membangun ontologi, serta *Description Logics* sebagai sistem logika yang membangun ontologi.

3.2.1 Definisi Ontologi

Istilah ontologi saat ini digunakan oleh banyak disiplin ilmu, antara lain Filsafat, Ilmu Informasi dan Psikologi (Busse et al., 2015). Dalam disiplin Filsafat, para ilmuwannya memberikan definisi yang berbeda-beda, seperti betapa berbedanya interpretasi mereka terhadap "keberadaan". Dalam bidang ini, ontologi adalah ilmu yang paling inklusif dari semua ilmu pengetahuan. Dalam disiplin ilmu Psikologi, Ontologi mengungkapkan kemampuan pikiran manusia untuk mengembangkan konsep dan istilah (Busse et al., 2015).

Dalam Ilmu Informasi, ditemukan banyak definisi ontologi. Diantara yang populer adalah definisi dari T. R. Gruber (1993) yang mendefinisikan ontologi sebagai "*an explicit specification of a conceptualization*". Definisi dari Gruber menekankan pada spesifikasi dari konsep dan *relationship* yang akan memfasilitasi *knowledge sharing and reuse*.

Pada tahun 1997, Borst mendefinisikan ontologi sebagai "*a formal specification of a shared conceptualization*" (Borst, 1997). Definisi ini menekankan bahawa suatu konseptualisasi harus mengekspresikan representasi pengetahuan yang dapat dibagikan dan harus diekspresikan dalam format yang dapat dibaca oleh mesin (komputer).

Selanjutnya, Studer, Benjamins, dan Fensel (1998) menggabungkan kedua definisi tersebut, menjelaskan bahwa "*An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualization*". '*Formal*' disini berarti bahwa ekspresi yang digunakan harus dalam bentuk yang dapat dibaca oleh mesin. '*Explicit*' berarti bahwa konsep-konsep dan relasi atar konsep harus didefinisikan secara eksplisit. '*Shared*' mengekspresikan fakta bahwa pengetahuan yang direpresentasikan oleh ontologi harusnya dapat dibagikan ke pihak lain.

Pada tahun 2009, Gruber memberikan pengertian baru, dalam konteks ilmu komputer dan informasi, bahwa ontologi mendefinisikan sekumpulan representasi primitif yang digunakan untuk memodelkan domain pengetahuan (T. Gruber, 2009). Ontologi memodelkan domain pengetahuan, kepentingan (interest) atau fungsi secara konkret.

3.2.2 Ontologi vs Basis Data

Perbedaan antara ontologi dan basis data dari perspektif representasi pengetahuan perlu untuk dijelaskan. Ontologi dan basis data memainkan peran penting dalam representasi pengetahuan, namun keduanya memiliki perbedaan mendasar dari perspektif ini. Mengikuti definisi baru dari T. Gruber (2009), ontologi menyediakan kerangka kerja untuk menggambarkan konsep dan hubungan dalam domain tertentu, seringkali dengan

cara yang memungkinkan makna semantik dari data tersebut dipahami oleh mesin. Sebaliknya, basis data, khususnya basis data relasional, lebih berfokus pada penyimpanan dan pengaturan data yang efisien. Basis data relasional mengatur data dalam struktur tabel dan tidak secara inheren menyediakan makna semantik atau kontekstual dari data yang disimpannya.

Dengan demikian, perbedaan utama antara ontologi dan basis data terletak pada fokusnya. Ontologi berfokus pada representasi semantik dan relasional dari pengetahuan, memfasilitasi pemahaman yang lebih dalam tentang data dan kemampuannya untuk menghubungkan informasi secara makna. Sementara itu, basis data lebih mengutamakan aspek penyimpanan, pengambilan, dan pengelolaan data yang efisien, tanpa fokus yang sama pada makna semantik atau hubungan antar data (Martinez-Cruz, Blanco, & Vila, 2012).

3.2.3 Asumsi pada Ontologi

Ada dua buah asumsi yang selalu digunakan pada saat bekerja dengan ontologi. Yang pertama adalah *Open World Assumption* (OWA). Dalam asumsi ini, setiap pernyataan yang belum diketahui kebenarannya tidak berarti salah. Oleh karena itu, informasi yang hilang tidak dianggap salah. *Open world assumption* berguna ketika informasi diintegrasikan dari sumber yang berbeda (Bergman, 2009). Kebalikan dari *open world assumption* adalah *Closed World Assumption* (CWA) yang menyatakan bahwa jika suatu fakta tidak diketahui kebenarannya, maka berarti salah. CWA biasa digunakan pada aplikasi basis data, yang sistemnya diasumsikan lengkap.

Asumsi kedua yang digunakan ketika bekerja dengan ontologi adalah *no unique names assumption*. Dalam asumsi ini, setiap entitas yang berbeda nama maupun identitas, belum tentu merupakan entitas yang berbeda. Maka untuk setiap *class* dalam ontologi, diperlukan deskripsi yang eksplisit mengenai entitas mana saja yang dianggap sama dengannya.

3.2.4 Komponen Ontologi

Umumnya ontologi memiliki komponen berikut.

1. *Class* (kelas): merupakan konsep utama dalam ontologi, yang merepresentasikan sekumpulan entitas dengan ciri-ciri atau sifat yang serupa. *Class* bisa dianggap

sebagai 'kategori' atau 'tipe' entitas dalam domain pengetahuan tertentu.

2. *Property* (properti): merupakan atribut atau karakteristik yang bisa dimiliki oleh entitas dalam kelas. *Object property* mendefinisikan hubungan antara entitas dengan entitas lainnya, sedangkan *data property* mendefinisikan hubungan antara entitas dan nilai data tertentu.

3. *Instance* (individual): entitas individual atau contoh konkret yang termasuk dalam kelas.

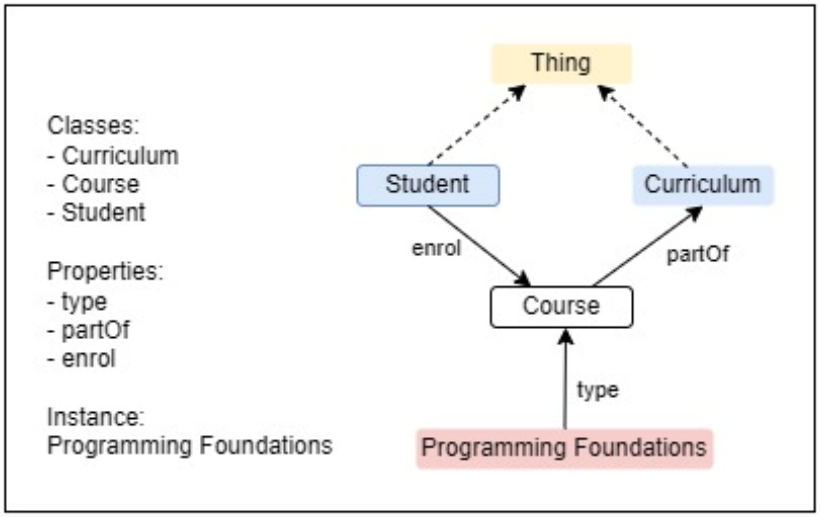
4. *Axioms* (aksioma): pernyataan atau aturan yang digunakan untuk mendefinisikan perilaku kelas, properti, dan individu dalam ontologi. Aksioma membantu dalam menetapkan batasan-batasan atau logika yang mengatur ontologi.

5. *Function terms* (istilah fungsi): merepresentasikan bentuk khusus dari relasi.

6. *Restrictions* (batasan): deskripsi formal yang menetapkan persyaratan bagi seseorang untuk menjadi anggota kelas.

7. emphRules (aturan): pernyataan berupa kalimat jika-maka (*antecedent-consequent*) yang menguraikan kesimpulan logis yang dapat diambil dari suatu pernyataan dalam bentuk tertentu.

Contoh ontologi sederhana yang memodelkan konsep mengenai mata kuliah diberikan pada Gambar 3.2. Pada gambar tersebut, terdapat konsep tentang `Thing`, `Curriculum`, `Course` dan `Student`. Dapat dilihat bahwa `Thing` pada domain yang dimaksud terdiri dari `Curriculum`, `Course` dan `Student`. Hubungan antara `Course` dengan `Curriculum` adalah `partOf`, sedangkan hubungan antara `Student` dengan `Course` adalah `enrol`. Di sini, `partOf` dan `enrol` merupakan *object properties*. `Programming Foundations` merupakan *instance* dari `Course`.



Gambar 3.2: Contoh Ontologi Sederhana

3.2.5 Formalisasi Ontologi dengan *Description Logics*

Description Logics (DL) adalah sekumpulan bahasa formalisasi representasi pengetahuan yang dapat digunakan untuk merepresentasikan pengetahuan dari suatu domain aplikasi secara terstruktur dan mudah dipahami (Baader, Horrocks, Lutz, & Sattler, 2017). DL dicirikan oleh penggunaan berbagai konstruktor untuk membangun kelas-kelas kompleks dari kelas-kelas yang lebih sederhana, dengan penekanan pada *decidability* dari masalah-masalah penalaran utama, serta penyediaan layanan penalaran yang akurat (*sound*), lengkap (*complete*), dan (secara empiris) dapat ditangani (*tractable*) (Horrocks, Patel-Schneider, & van Harmelen, 2003). DL memiliki dasar teori yang kuat dan aplikasi dalam sistem semantik, termasuk ontologi berbasis OWL.

Description Logics dibangun oleh tiga komponen utama, yaitu:

- *Elements*, yakni obyek-obyek individual dalam konteks tertentu. Elements disebut juga *individuals*, *instance*, atau *objects*.
- *Concepts* atau *Class* yang merupakan himpunan dari *elements*. *Concepts* dapat dipandang sebagai *unary predicate*.
- *Roles*, yang merupakan relasi biner dari *elements*.

Tujuan dari DL adalah:

- Memformalisasi terminologi dasar dari domain aplikasi, disimpan dalam TBox (*Terminological Box*). Contoh terminologi dasar dalam konteks pemodelan kurikulum adalah 'kurikulum', 'mata kuliah', 'PLO'.

- Memungkinkan penalaran atas konsep-konsep tertentu. Sebagai contoh dalam konteks pemodelan kurikulum, kita melakukan penalaran: *Apakah kurikulum ini memiliki PLO?*, *Apakah setiap PLO memiliki paling tidak sebuah CLO yang terkait dengannya?*

- Menyimpan fakta-fakta individu dalam ABox (*Assertional Box*). Dalam konteks ini 'Dasar-Dasar Pemrograman' dan 'Rekayasa Perangkat Lunak' merupakan individu yang menjadi *instance* dari konsep 'Mata Kuliah'.

- Memungkinkan penalaran tentang individu-individu dan konsep-konsep. Contoh penalaran disini adalah *Apakah matakuliah Dasar-Dasar Pemrograman dirancang untuk memenuhi PLO1?*

3.2.5.1 Sintaks *Description Logics*

Sintaks DL mendefinisikan cara membangun konsep dan peran menggunakan ekspresi formal. Elemen sintaks DL yang digunakan dalam OWL2 antara lain meliputi:

- **Concepts**: Representasi abstrak dari sekumpulan individu.
  - *Atomic Concept*: A, misalnya *Human*.
  - *Universal Concept*: $\top$, merepresentasikan semua individu di domain.
  - *Empty Concept*: $\bot$, merepresentasikan konsep kosong.

- **Roles**: Menghubungkan individu-individu dalam domain.
  - *Atomic Role*: r, misalnya *hasParent*.
  - *Inverse Role*: r^{-}, misalnya $hasChild^{-}$ adalah invers dari *hasParent*.

DL memungkinkan pembentukan *concepts* baru menggunakan konstruk lojikal yang dapat mengombinasikan *concepts* dan *roles* yang sudah ada. Sebagai contoh, untuk *concepts* C, D, dan *role* r:

- Konjungsi dilambangkan dengan $C \sqcap D$.

- Disjungsi dilambangkan dengan $C \sqcup D$.
- Negasi dilambangkan dengan $\neg C$.
- Restriksi peran eksistensial dilambangkan dengan $\exists r.C$, yang merepresentasikan himpunan semua individu yang memiliki *r-successor* yang merupakan *instance* dari C.

Berbagai keluarga DL didefinisikan berdasarkan inklusi (atau eksklusi) dari berbagai konstruk seperti yang disebutkan di atas. Dua DL sederhana yang sering menjadi dasar pengembangan bahasa DL lainnya adalah $\mathcal{ALC}$ (*attributive language with complement*) dan $\mathcal{EL}$ (*existential language*).

Berbagai ekstensi konsep $\mathcal{EL}$ dan $\mathcal{ALC}$ diidentifikasi dengan label sebagai berikut:

- S: *Transitive roles*, misalnya $r(i,j), r(j,k) \rightarrow r(i,k)$.
- H: *Role hierarchies*, misalnya $s \sqsubseteq r$ di mana $r, s \in N_R$.
- R: *Role composition*, misalnya $r \circ s \rightarrow t$, dengan $r(i,j), s(j,k) \rightarrow t(i,k)$.
- O: *Nominal*, misalnya konsep $\{i\}$ di mana $i \in N_I$.
- I: *Inverse roles*, misalnya $\text{inv}(r(j,i)) \leftrightarrow r(i,j)$.
- Q: *Qualified cardinality restrictions*, misalnya $\geq 3r.C$ atau $\leq 6s.D$.
- D: Domain konkret dan peran tipe data, misalnya $\exists r.\text{double}[\geq 5.6]$.

OWL mendukung *concrete domains* untuk mendeskripsikan elemen selain individu abstrak, seperti angka, string, nilai boolean, serta tipe yang ditentukan pengguna. Domain konkret mencakup pembatasan atas literatur berbagai tipe XML Schema dalam graf RDF. Pembatasan ini dikenal sebagai *facets*, misalnya:

- $\text{int}[> 5]$: Merepresentasikan semua bilangan bulat dalam rentang $[6, \infty)$.
- $\text{double}[(> 5 \wedge < 6) \vee (> 6 \wedge < 7)]$: Merepresentasikan semua bilangan desimal dalam rentang $[5, 6)$ dan $(6, 7)$.

3.2.5.2 Semantik *Description Logics*

Semantik *Description Logics* didasarkan pada interpretasi formal yang menentukan makna dari concepts dan roles. Interpretasi terdiri dari:

- **Domain Interpretasi**: Δ^I, himpunan individu yang relevan.
- **Fungsi Interpretasi**: $\cdot^I$, memetakan konsep, peran, dan individu ke himpunan yang sesuai.

Makna semantik dari beberapa ekspresi DL adalah sebagai berikut disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Sintaks dan Semantik DL (sumber: Ratcliffe (2018))

Konstruk	**Sintaks**	**Semantik**
Concept assertion	$C(i)$	$i^I \in C^I$
Role assertion	$r(i,j)$	$\langle i^I, j^I \rangle \in r^I$
Top	$\top$	Δ^I
Bottom	$\bot$	$\emptyset$
Negation	$\neg C$	$(\neg C)^I = \Delta^I \setminus C^I$
Nominal	$\{i\}$	$\{i\}^I \subseteq \Delta^I, \#\{i^I\} = 1$
Conjunction	$C \sqcap D$	$(C \sqcap D)^I = C^I \cap D^I$
Disjunction	$C \sqcup D$	$(C \sqcup D)^I = C^I \cup D^I$
Existential role restriction	$\exists r.C$	$\{x \mid \exists y.\langle x,y \rangle \in r^I \wedge y \in C^I\}$
Universal role restriction	$\forall r.C$	$\{x \mid \forall y.\langle x,y \rangle \in r^I \rightarrow y \in C^I\}$
Min. quantified role restriction	$\geq nr.C$	$\{x \mid \#\{y \mid \langle x,y \rangle \in r^I \wedge y \in C^I\} \geq n\}$
Max. quantified role restriction	$\leq nr.C$	$\{x \mid \#\{y \mid \langle x,y \rangle \in r^I \wedge y \in C^I\} \leq n\}$
Exact quantified role restriction	$= nr.C$	$\{x \mid \#\{y \mid \langle x,y \rangle \in r^I \wedge y \in C^I\} = n\}$

Pada tabel ini C, D merupakan concepts, r merupakan nama role, i, j merupakan individuals, and $\#S$ menyatakan kardinalitas himpunan S.

3.2.5.3 Contoh Ontologi dalam Notasi *Description Logics*

Dalam DL, ontologi adalah *knowledge base* yang terbangun dari *concepts*, *roles* dan *individuals*. Struktur konseptual ontologi dideskripsikan dalam TBox, terdiri dari *concepts* (kelas), hirarki dari kelas, relasi antar kelas dan restriksi pada relasi. Informasi faktual dideskripsikan dalam ABox, yang berisi individu (*instance*) dan fakta tentang hubungan individu dengan kelas atau relasi.

Sebagai contoh, diberikan ontologi sederhana tentang pembelajaran yang ditulis

dalam notasi DL. Ontologi ini mencakup entitas `Course`, `Program`, `Student`, serta relasi di antara mereka. TBox berisi kelas, properti dan restriksi sebagai berikut.
Kelas dan hirarki antar kelas:

- `Course`, `Program`, `Student`
- $\texttt{CoreCourse} \sqsubseteq \texttt{Course}$
- $\texttt{ElectiveCourse} \sqsubseteq \texttt{Course}$

Properti objek (relasi):

- $\texttt{hasCourse} \sqsubseteq \texttt{Program} \times \texttt{Course}$
- $\texttt{enrolledIn} \sqsubseteq \texttt{Student} \times \texttt{Program}$
- $\texttt{takesCourse} \sqsubseteq \texttt{Student} \times \texttt{Course}$

Properti data (atribut):

- $\texttt{hasCredits} \sqsubseteq \texttt{Course} \rightarrow \texttt{integer}$
- $\texttt{hasSemester} \sqsubseteq \texttt{Course} \rightarrow \texttt{integer}$

Aksioma kelas:

- $\texttt{Program} \sqsubseteq \exists\, \texttt{hasCourse.CoreCourse} \sqcap \exists\, \texttt{hasCourse.Course}$
- $\texttt{Student} \sqsubseteq \exists\, \texttt{enrolledIn.Program} \sqcap \exists\, \texttt{takesCourse.Course}$
- $\texttt{CoreCourse} \sqsubseteq \exists\, \texttt{hasCredits.integer} \sqcap \exists\, \texttt{hasCredits.} \geq 3$
- $\texttt{ElectiveCourse} \sqsubseteq \exists\, \texttt{hasCredits.} \geq 2$

Restriksi properti:

- $\texttt{Student} \sqsubseteq \leq 1\ \texttt{enrolledIn.Program}$
- $\texttt{Course} \sqsubseteq \exists\, \texttt{hasCredits.} \geq 2 \sqcap \exists\, \texttt{hasCredits.} \leq 6$
- $\texttt{Course} \sqsubseteq \geq 1\ \texttt{hasSemester.integer}$

ABox berisi individu dan relasi mereka. Misalnya pada program studi `CSProgram` terdapat mata kuliah `CSPL101` dan `CSML301`. Ada seorang mahasiswa bernama `Budi` yang terdaftar pada program studi `CSProgram` dan mengambil mata kuliah `CSPL101`. Individu:

- $\texttt{Budi} \sqsubseteq \texttt{student}$
- `Budi enrolledIn CSProgram`
- `Budi takeCourse CSP101`

Fakta:

- `CSP101` $\sqsubseteq$ `CoreCourse`
- `CSPL101 hasCredits 3`
- `CSPL101 hasSemester 1`
- `CSProgram` $\sqsubseteq$ `Program`
- `CSProgram hasCourse CSPL101`
- `CSProgram hasCourse CSML301`

Untuk mengekspresikan hubungan atau logika tambahan yang tidak secara eksplisit dapat ditangkap oleh aksioma DL dapat didefinisikan *rules*. Sebagai contoh, jika berlaku aturan bahwa mahasiswa yang mengambil kuliah yang terdaftar pada sebuah program harus terdaftar pada program tersebut, dapat dibuat *rule*:

$$\forall x, y, z\ (\text{takesCourse}(x, z) \wedge \text{hasCourse}(y, z)) \rightarrow \text{enrolledIn}(x, y)$$

Rule juga dapat dituliskan dengan SWRL (*Semantic Web Rule Language*), yang merupakan ekstensi dari OWL yang bertujuan untuk memperkaya kemampuan penalaran dengan menambahkan aturan logika. Dalam notasi SWRL, *rule* di atas dituliskan sebagai:

$$\text{takesCourse}(?x, ?z) \wedge \text{hasCourse}(?y, ?z) \rightarrow \text{enrolledIn}(?x, ?y)$$

Setelah memahami bagaimana ontologi direpresentasikan dalam notasi DL, penting untuk melihat representasinya dalam OWL, yang dijelaskan dalam subbab berikut.

3.2.6 Dari *Description Logics* ke OWL(*Web Ontology Language*)

Description Logics adalah notasi formal yang kuat untuk merepresentasikan ontologi, namun bukan bahasa yang dapat digunakan langsung diimplementasikan dalam sistem komputasi. Untuk mengembangkan suatu aplikasi Semantic Web, diperlukan representasi yang dapat dimengerti oleh para pengembang web. OWL (*Web Ontology Language*) adalah bahasa standar untuk mendefinisikan ontologi di *Semantic Web*.

Dikembangkan oleh W3C, OWL memungkinkan representasi data yang kaya dan kompatibel dengan web. OWL memiliki beberapa varian, termasuk:

- OWL DL, yang berbasis penuh pada *description logics*, menyediakan keseimbangan antara ekspresivitas dan komputasi.
- OWL Full, yang kompatibel dengan RDF tetapi tidak dijamin terminasi atau komplitnya inferensi.
- OWL Lite, merupakan versi sederhana dengan fokus pada aplikasi yang memerlukan struktur ontologi sederhana.
- OWL 2, merupakan pembaruan OWL dengan peningkatan fitur dan profil (*Expressive Lightweight, Query Language, Rule Language*) untuk kebutuhan spesifik.

DL muncul pada tahun 1980-an, sedangkan OWL pertama kali distandarisasi pada 2004 oleh W3C dan diperbarui menjadi OWL 2 pada 2009.

Dari contoh ontologi sederhana yang dijelaskan di atas, diberikan notasi OWL yang relevan. Dalam OWL, kelas-kelas didefinisikan menggunakan `<owl:Class>`, dan relasi subclass menggunakan elemen `<rdfs:subClassOf>` yang ditunjukkan pada Kode 3.1.

```
<owl:Class rdf:about="http://www.example.org/ontology#Course"/>
  <owl:Class rdf:about="http://www.example.org/ontology#Program"/>
  <owl:Class rdf:about="http://www.example.org/ontology#Student"/>
<owl:Class rdf:about="http://www.example.org/ontology#CoreCourse">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.example.org/ontology#Course"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="http://www.example.org/ontology#ElectiveCourse">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.example.org/ontology#Course"/>
</owl:Class>
```

Kode 3.1: Contoh representasi kelas dalam OWL

Properti Objek (relasi) dalam OWL didefinisikan menggunakan `<owl:ObjectProperty>` dengan `domain` dan `range`, seperti yang ditunjukkan pada Kode 3.2.

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.example.org/ontology#hasCourse">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://www.example.org/ontology#Program"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.example.org/ontology#Course"/>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.example.org/ontology#enrolledIn">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://www.example.org/ontology#Student"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.example.org/ontology#Program"/>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.example.org/ontology#takesCourse">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://www.example.org/ontology#Student"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.example.org/ontology#Course"/>
```

```
12  </owl:ObjectProperty>
```

Kode 3.2: Contoh representasi properti objek dalam OWL

Sintaks OWL 2 berdasarkan rekomendasi dari W3C selengkapnya dapat dilihat pada `https://www.w3.org/TR/owl2-primer/`. Saat ini telah tersedia editor untuk menuliskan kodel OWL dengan mudah, sehingga pengguna tinggal mendefisikan komponen-komponen ontologinya dengan menu-menu grafis yang telah disediakan pada editor ini. Salah satu editor yang populer digunakan pada akademisi dan para *ontology engineer* adalah Protege yang dikembangkan oleh Stanford University.

Setelah penjelasan notasi ontologi dalam OWL, selanjutnya dijelaskan kategori ontologi. Bagi peneliti, memahami kategori merupakan hal yang penting untuk menentukan spesifikasi ontologi yang hendak dikembangkan.

3.2.7 Kueri Ontologi dengan SPARQL (*SPARQL Protocol & RDF Query Language*)

SPARQL, yang merupakan akronim rekursif untuk *SPARQL Protocol and RDF Query Language* adalah bahasa kueri yang digunakan untuk mengambil dan memanipulasi data yang disimpan dalam format RDF. SPARQL memungkinkan pengguna untuk mengekspresikan kueri untuk mengambil informasi yang tersimpan dalam ontologi, dan menghubungkan data antar entitas berdasarkan relasi yang didefinisikan.

Struktur Dasar Kueri SPARQL terdiri dari:

`SELECT`: Mengambil data spesifik.

`WHERE`: Menyatakan pola yang harus dipenuhi dalam RDF.

`FILTER`: Membatasi hasil kueri berdasarkan kondisi tertentu.

`PREFIX`: Menggunakan namespace untuk mempermudah penulisan. Referensi lengkap dapat diakses pada https://www.w3.org/TR/sparql11-query/.

Pada Kode 3.3 diberikan contoh kueri dalam SPQRL untuk mendapatkan informasi mata kuliah beserta kreditnya, dari ontologi yang dituliskan pada Subbab 3.2.5.3.

```
1 PREFIX : <http://example.org/ontology#>
2
3 SELECT ?course ?credits
4 WHERE {
5   ?course a :CoreCourse .
6   ?course :hasCredits ?credits .
```

```
7 }
```

Kode 3.3: Contoh kode SPARQL untuk mendapatkan informasi `Course` dan `credit`

3.2.8 Validasi Ontologi dengan SHACL (*Shapes Constraint Language*)

Open-World Assumption (OWA) adalah prinsip mendasar dalam *Semantic Web* dan teknologi berbasis ontologi seperti RDF dan OWL. OWA menyatakan bahwa ketiadaan informasi tertentu tidak berarti bahwa informasi tersebut salah. Dengan kata lain, sistem yang menggunakan OWA beroperasi dengan asumsi bahwa informasi yang diketahui saat ini mungkin tidak lengkap. Sebagai contoh, dalam ontologi yang dituliskan pada Subbab 3.2.5.3, telah diberikan aksioma bahwa setiap `Program` perlu memiliki minimal satu `Course`. Jika ontologi ini diberikan *instance* sebuah `Program` namun tidak diberikan *instance* suatu `Course` untuk Program tersebut, maka ketika dilakukan *reasoning* tidak dianggap tidak konsisten. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme validasi tertentu ketika pendekatan ontologi diaplikasikan pada masalah dunia nyata yang tidak cukup diselesaikan dengan *reasoning* pada OWA.

Beberapa peneliti mengajukan solusi berupa *Local Closed World Reasoning* (LCWR), untuk menangani penggabungan OWA dan CWA yang relevan dalam penggunaan *Description Logics* untuk *Semantic Web*. Knorr, Alferes, dan Hitzler (2011) memperkenalkan semantik berbasis well-founded model untuk ontologi hibrid MKNF (*Minimal Knowledge and Negation as Failure*) yang menggabungkan OWA dari *Description Logics* dan CWA dari *rule-based systems*. Sementara itu, Sengupta, Krisnadhi, dan Hitzler (2011) mengenalkan konsep *Grounded Circumscription* (GC) untuk menangani OWA dalam ontologi. GC memungkinkan untuk 'menutup' sebagian ontologi secara lokal, sehingga kita dapat menggunakan CWA pada bagian tertentu sambil tetap mempertahankan OWA untuk bagian lainnya.

Pendekatan lainnya adalah menerapkan mekanisme validasi dengan SHACL (*Shapes Constraint Language*). SHACL adalah bahasa yang digunakan untuk mendefinisikan, mengimplementasikan, dan memvalidasi batasan pada data RDF. SHACL mendukung pembatasan struktural dan semantik yang memungkinkan validasi data RDF terhadap aturan tertentu. Sebelum pengembangan SHACL, telah ada beberapa upaya untuk mengembangkan mekanisme validasi batasan menggunakan bahasa batasan graf RDF

atau metode serupa (Ekaputra & Lin, 2016). Diantara pendekatan tersebut adalah Pellet-ICV, SPIN, ShEx. Dari berbagai pendekatan ini, yang menjadi rekomendasi standar W3C untuk kosakata batasan struktural RDF adalah SHACL.

Dibandingkan dengan pendekatan LCWR, penulis memilih menggunakan mekanisme validasi dengan SHACL, karena SHACL menyediakan cara yang lebih langsung dan fleksibel untuk memvalidasi struktur dan semantik data RDF tanpa memerlukan *reasoning* yang kompleks seperti pada LCWR. SHACL juga memiliki keunggulan dalam hal interoperabilitas dan adopsi standar, karena dikembangkan sebagai rekomendasi resmi W3C. Hal ini memberikan jaminan dukungan dari komunitas pengembang, alat bantu, dan dokumentasi yang lebih luas. Saat ini juga telah dikembangkan *plug-in* SHACL ke editor Protege sehingga proses pembangunan dan validasi ontologi menjadi lebih mudah.

Beberapa istilah kunci yang digunakan dalam SHACL terdiri dari (Ekaputra & Lin, 2016):

- *Constraint*: Mendefinisikan batasan pada struktur graf RDF. Batasan adalah kondisi yang dapat divalidasi terhadap graf RDF.
- *Global & Local Constraint*: Batasan dapat diterapkan pada keseluruhan graf, yang disebut sebagai batasan global, atau divalidasi terhadap *node* tertentu yang disebut sebagai batasan lokal.
- *Focus Node*: Node tertentu tempat batasan lokal divalidasi disebut sebagai *focus node*.
- *Shape*: Sekelompok batasan yang diterapkan pada *focus node* yang sama.

SHACL terdiri dari berbagai elemen notasi yang memungkinkan definisi batasan yang kompleks (referensi lengkap dapat dilihat pada https://www.w3.org/TR/shacl):

- `sh:NodeShape`: mendefinisikan aturan untuk node RDF tertentu.
- `sh:PropertyShape`: mendefinisikan aturan untuk properti RDF.
- `sh:path`: menunjukkan properti RDF yang divalidasi.
- `sh:targetClass`: menentukan kelas RDF yang menjadi target validasi.
- `sh:minCount` dan `sh:maxCount`: menentukan batasan kardinalitas properti.

- `sh:class`: memastikan bahwa nilai properti adalah individu dari kelas tertentu.
- `sh:datatype`: memastikan tipe data properti (misalnya, xsd:string).
- `sh:message`: menyediakan pesan kesalahan jika aturan dilanggar.

Dari contoh ontologi pada 3.2.5.3, diberikan contoh SHACL untuk memvalidasi batasan bahwa setiap `Program` harus memiliki minimal satu `Course` pada Kode 3.4. Jika batasan ini tidak dipenuhi maka ontologi akan dianggap tidak valid.

```
@prefix sh: <http://www.w3.org/ns/shacl#> .
@prefix ex: <http://example.org/ontology#> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix : <http://www.example.org/SHACL#> .

# Rule 1: Program must have at least one Course
:ProgramShape a sh:NodeShape ;
    sh:targetClass ex:Program ;
    sh:property [
        sh:path ex:hasCourse ;
        sh:class ex:Course ;
        sh:minCount 1 ;
        sh:message "Each Program must have at least one associated Course." ;
    ] .
```

Kode 3.4: Contoh kode SHACL untuk validasi jumlah minimal `Course` yang dimiliki oleh `Program`

3.2.9 Kategori Ontologi

Terdapat berbagai kategorisasi ontologi yang telah dikemukakan oleh para peneliti. Guarino, Oberle, dan Staab (2009) membagi ontologi menjadi 4 jenis berdasarkan tingkat keumumannya:

- *Top-level ontology* mendeskripsikan konsep yang sangat umum seperti ruang, waktu, kejadian, dan sebagainya.
- *Domain ontology* mendeskripsikan vokabulari yang terkait ke domain spesifik (seperti obat, mobil, makanan), dengan membuat istilah yang lebih spesifik dari istilah yang digunakan pada *top-level ontology*.
- *Task ontology* mendeskripsikan vokabulari yang berhubungan dengan tugas umum tertentu (seperti menjual, bekerja), dengan membuat istilah yang lebih spesifik dari istilah yang digunakan pada *top-level ontology*.

- *Application ontology* merupakan spesialisasi dari *domain ontology* dan *task ontology*, yang mendeskripsikan peran yang dilakukan oleh entitas pada domain tertentu ketika melakukan suatu tugas.

Gómez-Pérez, Fernández-López, dan Corcho (2006) mengklasifikasikan ontologi berdasarkan subyek konseptualisasi menjadi 10 jenis, sebagai berikut.

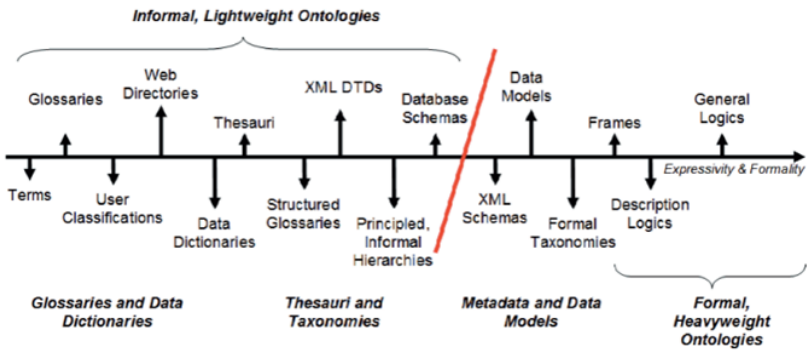
- *Knowledge representation ontology* menangkap representasi primitif yang digunakan untuk memformalkan pengetahuan dalam domain tertentu.
- *General/common ontology* mewakili pengetahuan '*common sense*' dan mencakup kosa kata yang terkait dengan konsep yang sangat umum seperti ruang, waktu, benda, peristiwa.
- *Top-level ontology* memberikan gagasan umum yang mendasari istilah-istilah dasar dalam ontologi yang harus dihubungkan.
- *Meta-Ontology* (juga disebut *Generic Ontology* atau *Core Ontology*) dapat digunakan kembali di berbagai domain.
- *Domain ontology* mendeskripsikan konsep dan hubungan antar konsep dalam suatu domain, serta dapat digunakan kembali dalam domain spesifik tersebut.
- *Task ontology* menyediakan kosakata istilah yang digunakan dalam melakukan tugas umum atau untuk memecahkan suatu masalah.
- *Linguistic ontology* menjelaskan konsep linguistik.
- *Domain-task ontology* adalah ontologi tugas pada suatu domain tertentu, yang tidak dapat digunakan kembali di domain lain.
- *Method ontology* menyediakan kosakata untuk istilah-istilah yang digunakan dalam melakukan tugas tertentu.
- *Application ontology* menjelaskan pengetahuan yang digunakan untuk memodelkan aplikasi tertentu.

Wong et al. (2012) membagi ontologi berdasarkan tingkat formalitasnya ke dalam 3 kategori, yang terdiri dari:

- *Informal / lightweight ontology* berbasis pada asosiasi yang bersifat umum, tidak didefinisikan menggunakan definisi formal yang ketat, menggunakan sedikit aksioma.

- *Formal / heavyweight ontology* menggunakan bahasa formal dan aksioma untuk mendefinisikan konsep secara tepat. Bahasa yang digunakan umumnya termasuk dalam keluarga *Description Logic*.

- *Semi-formal ontology* Spektrum dari kategori berdasarkan tingkat formalitasnya ini diilustrasikan pada Gambar 3.3



Gambar 3.3: Spektrum dari Kategori Ontologi (sumber: Wong et al. (2012)

Dalam aplikasi *Semantic Web* saat ini, tipe ontologi yang banyak diimplementasikan cenderung ke arah *lightweight ontology*. Alasan utamanya adalah karena *lightweight ontologies* menawarkan fleksibilitas yang lebih tinggi dan lebih mudah untuk diintegrasikan dengan berbagai aplikasi web. Jenis ontologi ini biasanya lebih sederhana dalam struktur dan lebih fokus pada kategorisasi dan hubungan dasar antar entitas, tanpa melihat terlalu mendalam pada formalisme yang kompleks. Ini membuatnya ideal untuk aplikasi web yang membutuhkan integrasi data yang cepat dan efisien, serta kemudahan dalam pemeliharaan. Sementara itu, *heavyweight ontologies*, cenderung lebih kompleks dan mendetail, dengan fokus yang lebih kuat pada logika dan formalisme yang ketat. Meskipun ini berguna untuk aplikasi yang memerlukan pemodelan pengetahuan yang sangat detil dan kompleks, tipe ini seringkali lebih sulit untuk dikembangkan dan diintegrasikan, sehingga kurang umum digunakan dalam aplikasi *Semantic Web* yang dinamis dan berubah cepat.

3.2.10 Metode Pengembangan Ontologi

Dalam dunia ilmu komputer, pengembangan ontologi telah melalui berbagai fase dan pendekatan sejak tahun 1990-an. Berbagai metodologi telah dikembangkan dan diterapkan untuk menangani kebutuhan spesifik dan konteks yang berbeda dalam pengembangan ontologi. Menurut Keet (2018); Alsanad, Chikh, dan Mirza (2019), tidak ada satu metodologi tunggal yang komprehensif dan dijadikan standar untuk membangun ontologi. Demikian pula Zhou, Goh, dan Shen (2016), ketika menganalisis 151 makalah penelitian, mendapati bahwa sebagian besar penelitian menggunakan metodologinya sendiri untuk mengembangkan ontologi. Zhou et al. (2016) menjelaskan bahwa penelitian tertentu mungkin mencakup beberapa langkah dari metodologi sebelumnya untuk mengembangkan ontologi mereka. Metodologi pengembangan ontologi sangat bergantung pada domain spesifik, tingkat detail, dan titik awal pengembangan (yaitu, perluasan dari ontologi yang sudah ada atau pengembangan ontologi baru).

Mengikuti tren berkembangnya metode '*agile*' di dunia rekayasa perangkat lunak, Peroni (2016) mengusulkan SAMOD (*Simple Agile Methodology for Ontology Development*). SAMOD merupakan metodologi *agile* dalam pengembangan ontologi, yang menyediakan pendekatan yang fleksibel untuk menghadapi kompleksitas pembangunan ontologi. Ada dua aktor dalam SAMOD, yakni *ontology engineer* dan *domain expert*. Dalam metodologi ini, ontologi dibangun secara iteratif. Ketika informasi tentang domain tertentu telah dikumpulkan oleh *ontology engineer* dengan *domain expert*, dibuatlah 'modelet' (*stand-alone model* yang mendeskripsikan domain tertentu) dan dilakukan pengujian. Jika semua (model, data, kueri) berfungsi dengan baik maka dilakukan penggabungan modelet yang baru saja dihasilkan dengan model yang telah ada saat ini. Setelah itu dilakukan *refactoring* pada model terbaru (hasil penggabungan), khususnya berfokus pada bagian terakhir yang ditambahkan pada langkah sebelumnya, dengan mempertimbangkan praktik yang baik untuk proses pengembangan ontologi.

Terinspirasi dari SAMOD, pada penelitian ini pengembangan ontologi juga dilakukan secara iteratif dan melibatkan domain expert ketika telah menyelesaikan suatu iterasi.

Setelah memahami berbagai metode pengembangan ontologi, selanjutkan dijelaskan tentang ontologi terkait pemodelan kurikulum yang telah dikembangkan para peneliti sebelumnya.

3.3 Metode Evaluasi Ontologi

Cara paling mendasar untuk mengevaluasi ontologi yang baru dikembangkan adalah dengan memeriksa kebenaran dan konsistensi ontologi, serta mengevaluasi jawaban dari *competency questions*. Evaluasi kebenaran dan konsistensi ontologi umumnya dilakukan secara otomatis dengan *reasoner*. Jawaban dari *competency questions* diperoleh melalui hasil dari kueri ke ontologi tersebut.

Namun selain evaluasi mendasar tersebut, sejumlah ahli mengemukakan beragam kriteria evaluasi. Gómez-Pérez (2001) menyebutkan bahwa proses evaluasi bertujuan untuk menentukan apa yang didefinisikan dengan benar oleh ontologi, apa yang tidak didefinisikan, dan apa yang didefinisikan secara tidak benar. Ada 5 kriteria yang diusulkan oleh Gómez-Pérez (2001), yakni *concistency, completeness, conciseness, expandability, sensitiveness*. Gangemi, Catenacci, Ciaramita, dan Lehmann (2006) mengusulkan sebuah pendekatan untuk mengevaluasi dan memvalidasi ontologi. Dalam karyanya, Gangemi menunjukkan berbagai dimensi untuk evaluasi ontologi, seperti dimensi struktural, fungsional, dan kegunaan. Obrst, Ceusters, Mani, Ray, dan Smith (2007) mengusulkan untuk menggambarkan masalah utama dalam mengevaluasi ontologi dari berbagai sudut pandang. Obrst menunjukkan berbagai cara untuk mengevaluasi ontologi, yaitu melalui serangkaian kriteria ontologi, pertanyaan dengan perspektif filosofis, dan pendekatan verifikasi dan validasi. Vrandečić (2009) mengumpulkan kriteria kualitas yang serupa dan lebih umum dari penelitian yang dilakukan oleh Obrst, Gangemi, Gruber, dan Gómez Pérez. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, ia mendefinisikan delapan kriteria kualitas ontologi untuk mengevaluasi ontologi.

Kerangka evaluasi yang lebih mutakhir adalah FOCA, dikembangkan oleh Bandeira, Bittencourt, Espinheira, dan Isotani (2016) dengan mempertimbangkan kriteria kualitas utama yang diusulkan oleh Vrandečić (2009). FOCA (*Framework for Ontology Conformance Analysis*) diakui sebagai sebuah metodologi untuk melakukan evaluasi terstruktur yang memfasilitasi penilaian objektif terhadap desain, konstruksi, dan implementasi ontologi berdasarkan kriteria kualitas yang telah ditetapkan.

Metode FOCA menggunakan pendekatan *Goal/Question/Metric* (GQM) yang ditampilkan pada Tabel 3.2. Ada enam metrik yang dievaluasi, yakni *completeness, adaptability, conciseness, consistency, computational efficiency, clarity*. Pada metode ini, Q4 dan Q5 diterapkan salah satunya: *application ontology* dievaluasi menggunakan Q5 sedangkan *domain ontology* atau *task ontology* dievaluasi dengan Q5. Evaluasi dengan

Tabel 3.2: Kerangka *Goal/Question/Metric* untuk Evaluasi Ontologi dengan Metode FOCA

Goal	***Question***	***Metric***
1. Memeriksa apakah ontologi memenuhi *Substitute*.	Q1. Apakah pertanyaan kompetensi telah didefinisikan?	*Completeness*
	Q2. Apakah pertanyaan kompetensi telah dijawab?	*Completeness*
	Q3. Apakah ontologi menggunakan kembali ontologi lain?	*Adaptability*
2. Memeriksa apakah ontologi memenuhi *Ontological Commitments*.	Q4. Apakah ontologi menerapkan komitmen ontologis minimal? (**untuk *application ontology***)	*Conciseness*
	Q5. Apakah ontologi menerapkan komitmen ontologis maksimal? (**untuk *domain ontology***)	*Conciseness*
	Q6. Apakah properti ontologi koheren dengan domain?	*Consistency*
3. Memeriksa apakah ontologi memenuhi *Intelligent Reasoning*.	Q7. Apakah ada aksioma yang saling bertentangan?	*Consistency*
	Q8. Apakah ada aksioma yang *redundant*?	*Conciseness*
4. Memeriksa apakah ontologi memenuhi *Efficient Computation*.	Q9. Apakah *reasoner* mendeteksi kesalahan pemodelan?	*Computational Efficiency*
	Q10. Apakah *reasoner* bekerja dengan cepat?	*Computational Efficiency*
5. Memeriksa apakah ontologi memenuhi emph-Humas Expression.	Q11. Apakah dokumentasi konsisten dengan pemodelan?	*Clarity*
	Q12. Apakah konsep-konsep ditulis dengan baik?	*Clarity*
	Q13. Apakah terdapat anotasi dalam ontologi yang menjelaskan definisi konsep?	*Clarity*

FOCA umumnya dilakukan oleh satu atau beberapa orang yang memahami tentang ontologi dan domain permasalahan. FOCA memberikan rubrik penilaian dengan skala 0 hingga 100 dan menyusun persamaan regresi untuk nilai kualitas ontologi, sebagaimana dijelaskan pada Bandeira et al. (2016).

3.4 Ontologi Terkait dengan Pemodelan Kurikulum

Studi terhadap ontologi yang telah ada dan mempertimbangkan penggunaan kembali ontologi yang relevan merupakan langkah yang harus dilakukan dalam merancang ontologi. Terdapat kemungkinan, ontologi yang sudah tersedia yang dapat disempurnakan, diambil sebagian, ataupun diperluas sesuai dengan kebutuhan penelitian ini. Bahkan jika tidak cukup kompatibel untuk digunakan, ontologi yang telah ada dapat menjadi sumber inspirasi.

3.4.1 Hasil Studi Literatur tentang Ontologi Terkait Pemodelan Kurikulum

Penulis melakukan *systematic literature review* untuk dengan meneliti ontologi yang terkait dengan pemodelan kurikulum dengan metode (Kitchenham & Brereton, 2013), yang selengkapnya dapat dibaca pada Aminah, Hidayanto, dan Krisnadhi (2024). Selanjutnya disampaikan hasil analisis dari ontologi yang telah dipelajari terhadap potensi-potensi ontologi dalam mendukung pemodelan kurikulum berbasis OBE yang telah disebutkan pada Subbab1.5.

Potensi 1. Memodelkan Program Educational Objective (PEO), Program Learning Outcome (PLO), dan Course Learning Outcome (CLO).
Dari 29 artikel yang dipelajari, hanya tiga artikel yang secara eksplisit menyebutkan Outcome-Based Education (OBE), yaitu S. Bansal et al. (2015), Reynolds et al. (2023), dan Wibowo (2024). Namun, hanya Wibowo (2024) yang mendefinisikan hasil belajar di tingkat program (PLO) dan menetapkan hubungan antara PLO dan CLO. Sayangnya, artikel ini tidak mencakup definisi Program Educational Objective (PEO). S. Bansal et al. (2015) dan Reynolds et al. (2023) membahas capaian pembelajaran dalam konteks mata kuliah individu, yang berarti belum sepenuhnya selaras dengan prinsip OBE dalam perancangan kurikulum.

Beberapa artikel lainnya, meskipun tidak secara eksplisit merujuk pada OBE, mencakup konsep hasil belajar atau istilah setara seperti *learning objective* atau *competence* di tingkat mata kuliah. Artikel-artikel tersebut mencakup Ramesh dan Iyer (2016), Tapia-Leon et al. (2019), El-Ghalayini (2011), Karunananda et al. (2012), Zouri dan Ferworn (2021), Evain et al. (2024), Castellanos-Nieves et al. (2011), Milosz et al.

(2024), Chung dan Kim (2016) danKatis et al. (2018). Meskipun kontribusi ini berharga, cakupan mereka tetap terbatas pada konteks tingkat mata kuliah saja, bukan hubungan yang lebih menyeluruh seperti yang diharapkan dalam OBE.

Potensi 2. Memodelkan hubungan PEO, PLO dan CLO untuk memperlihatkan keselarasan antara ketiganya.

Dari artikel yang dipelajari, hanya Wibowo (2024) yang menghubungkan PLO dengan CLO. Meskipun demikian, Wibowo (2024) tidak memodelkan komponen untuk memperlihatkan keselarasan antara PLO dan CLO. Pada studi tentang proses review kurikulum di Universitas Indonesia, keselarasan antara PLO dan CLO dianalisis berdasarkan taksonomi pada *learning domain* yang dimiliki oleh keduanya.

Penulis mengidentifikasi beberapa ontologi yang mendefinisikan domain pembelajaran menggunakan taksonomi tertentu (terutama Taksonomi Bloom) dan menghubungkannya dengan hasil belajar di tingkat mata kuliah. Contohnya termasuk S. K. Bansal dan Dalrymple (2016), Castellanos-Nieves et al. (2011) dan Chung dan Kim (2016). Namun, studi ini terbatas pada pemodelan domain kognitif saja dan belum mencakup domain afektif atau psikomotorik. Domain afektif dan psikomotorik sering kali sangat relevan dalam program seperti pendidikan kedokteran dan psikologi yang membutuhkan interaksi langsung dengan manusia. Ontologi yang ditujukan untuk memodelkan kurikulum secara berbagai bidang studi seharusnya mencakup ketiga domain tersebut agar dapat memodelkan proses pembelajaran dengan lebih holistik dan selaras.

Potensi 3. Memfasilitasi pemetaan PEOs atau PLOs ke acuan kurikulum.

Penulis tidak menemukan adanya ontologi yang secara eksplisit memetakan PEO atau PLO ke acuan kurikulum, seperti kerangka kualifikasi nasional, standar kurikulum internasional, atau persyaratan badan akreditasi. Pemetaan semacam itu penting untuk mencapai tujuan OBE dalam menghasilkan lulusan yang mampu bersaing secara global serta untuk mengomunikasikan transparansi pengembangan kurikulum kepada publik dan pemangku kepentingan.

Potensi 4. Memfasilitasi pemetaan elemen kurikulum seperti bahan kajian, mata kuliah, aktivitas pembelajaran, metode penilaian, indikator kinerja, media/te-

knologi pembelajaran untuk memastikan keselarasan elemen-elemen ini dengan learning outcomes.

Karena sebagian besar ontologi yang dipelajari tidak mendefinisikan PLO, tidak ada bukti adanya pemetaan sistematis antara PLO dan elemen kurikulum lainnya. Namun, beberapa ontologi seperti Ramesh dan Iyer (2016) serta S. Bansal et al. (2015) mendefinisikan keselarasan antara bahan kajian, mata kuliah, dan CLO. Komponen-komponen ini memberikan dasar yang berharga yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mencapai keselarasan yang lebih sistematis dalam kurikulum berbasis OBE.

BAB 4
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur tentang OBE, dengan fokus pada prinsip-prinsip dalam merancang kurikulum serta analisis yang dilakukan sebelum mengimplementasikan kurikulum berbasis OBE. Selain menelaah literatur yang relevan, penulis menghadiri beberapa seminar terkait OBE dan berkonsultasi dengan para ahli kurikulum. Peneliti meninjau berbagai ontologi yang berkaitan dengan pemodelan kurikulum yang telah dikembangkan oleh para peneliti selama 15 tahun terakhir, mengidentifikasi celah penelitian yang mendorong pengembangan *Outcome-Based Curriculum Ontology*.

Pada bab ini dijelaskan tentang metodologi penelitian, dimulai dengan penjelasan tentang spesifikasi ontologi yang dibangun dan tahapan untuk membangun ontologi. Ontologi yang dikembangkan pada penelitian ini diberi nama OBC-ONTO.

4.1 Spesifikasi Ontologi

Tujuan dari pengembangan OBC-ONTO adalah untuk memodelkan rancangan kurikulum bagi program pendidikan tinggi. Siklus pendidikan dalam pendekatan OBE mencakup tiga tahap yang saling terkait, yakni OBC, OBLT dan OBAE yang dijelaskan pada Bab 1. Penelitian ini membatasi cakupan ontologi untuk memodelkan siklus pendidikan pada tahap OBC.

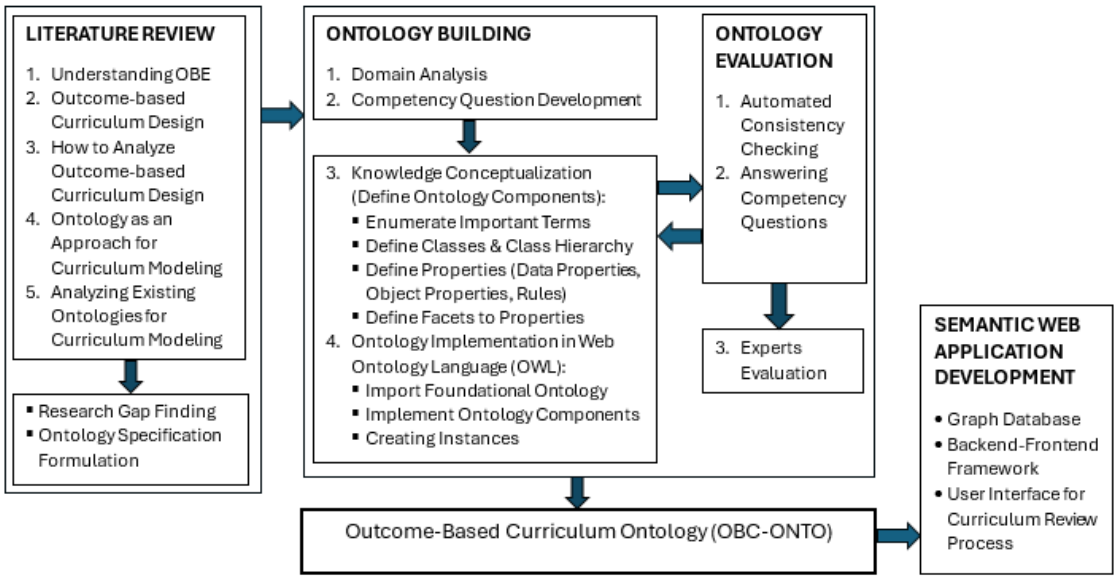
Pengguna utama ontologi ini adalah *reviewer* kurikulum yang bertanggung jawab untuk memverifikasi bahwa rancangan kurikulum memenuhi kriteria umum OBE dan layak untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu OBLT dan OBAE. Selain itu, kepala program studi atau tim perancang kurikulum dapat memanfaatkan struktur ontologi ini saat mengembangkan kurikulum mereka. Ontologi ini juga dapat memberikan gambaran menyeluruh kepada mahasiswa, fakultas, dan masyarakat umum tentang kurikulum suatu program studi.

Selain mendefinisikan tujuan, cakupan, dan pengguna, penentuan kategori ontologi juga sangat penting. Sejumlah peneliti telah membuat beberapa kategori ontologi, sebagaimana penjelasan pada Bab 3. OBC-ONTO yang dibangun pada penelitian ini dikat-

egorikan sebagai *formal application ontology*.Pemilihan *application ontology* dilakukan berdasarkan tujuan spesifik yang ingin dicapai, yakni untuk mendukung proses *review* kurikulum. Hal-hal pokok yang dilakukan *reviewer* ketika meninjau dokumen kurikulum menjadi panduan dalam membangun ontologi ini. Meskipun ontologi yang dikembangkan termasuk *formal ontology*, hal ini tidak mengurangi kemampuan ontologi ini untuk diimplementasikan secara praktis pada aplikasi *Semantic Web*.

4.2 Metode Pengembangan Ontologi

Telah dijelaskan pada Bab 3 bahwa tidak ada satu metode universal yang menjadi standar pengembangan ontologi. Pada penelitian ini digunakan *mix-method* untuk pengembangan ontologi. Fase konseptualisasi pengetahuan mirip dengan metode yang diajukan oleh Noy, McGuinness, et al. (2001), namun dilakukan sejumlah iterasi ketika mendefinisikan, mengimplementasikan dan mengevaluasi ontologi sebagaimana direkomendasikan dalam metode SAMOD oleh Peroni (2016). Gambar 4.1 menjelaskan metode yang dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 4.1: Metode Pengembangan Ontologi

4.3 Analisis Domain

Setelah menelaah prinsip-prinsip Outcome-Based Education (OBE) dan menganalisis ontologi yang relevan untuk pemodelan kurikulum, penulis melakukan analisis domain yang

komprehensif. Analisis ini mencakup:

- Menganalisis dokumen kurikulum dari berbagai program studi di tingkat diploma, sarjana, dan magister, terutama dari Universitas Indonesia dan beberapa universitas lainnya.
- Menelaah panduan pengembangan kurikulum yang disediakan oleh pemerintah Indonesia, serta *template* kurikulum dari negara lain.
- Mempelajari prosedur *review* kurikulum di Universitas Indonesia dan berdiskusi dengan para *reviewer* kurikulum.

Aspek-aspek kunci yang diidentifikasi dalam tahap analisis domain dijelaskan dalam bagian-bagian berikut.

4.3.1 Analisis Dasar Penyusunan PLO

Pada kurikulum yang mengadopsi OBE, *Program Learning Outcomes* (PLOs) memegang peran yang sangat penting dan harus dirancang untuk memenuhi permintaan pasar dalam ekonomi berbasis pengetahuan (Harrison, 2017). Pengembangan PLO yang efektif membutuhkan perencanaan yang komprehensif, dengan mempertimbangkan visi dan misi institusi, kebutuhan pemangku kepentingan (seperti alumni dan pemberi kerja), serta standar internasional dan kerangka kerja kurikulum yang spesifik untuk bidang tertentu. Selain itu, PLO harus selaras dengan kriteria akreditasi nasional dan/atau internasional serta dibandingkan dengan program serupa yang berkualitas tinggi untuk memastikan bahwa PLO tersebut mencerminkan praktik terbaik dan tetap relevan dengan ekspektasi industri.

Pada umumnya, PLO dipetakan ke kerangka kualifikasi nasional atau *National Qualification Framework* (NQF), yang berfungsi sebagai sistem kualifikasi sumber daya manusia di suatu negara. Kerangka ini menghubungkan, menyetarakan, dan mengintegrasikan pendidikan dengan pelatihan dan pengalaman kerja dalam struktur keterampilan yang diakui, yang disesuaikan dengan berbagai sektor pekerjaan. Kerangka Kualifikasi adalah alat penting untuk ”memberikan sinyal kepada pasar tenaga kerja mengenai keterampilan dan kompetensi yang dimiliki oleh lulusan” (Santiago, Tremblay, Basri, Arnal, et al., 2008). Kerangka Kualifikasi bertujuan untuk ”mengintegrasikan dan mengoordinasikan subsistem kualifikasi nasional serta meningkatkan transparansi, akses, pengembangan,

dan kualitas kualifikasi terkait dengan pasar tenaga kerja dan masyarakat sipil" (European Union, 2008).

Sebagian besar NQF terdiri dari beberapa tingkatan, di mana setiap jenjang pendidikan diharapkan memenuhi kriteria kualifikasi tertentu. Dalam penelitian ini, Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) diterapkan, yang mendefinisikan sembilan tingkat kualifikasi—Level 1 sebagai tingkat terendah dan Level 9 sebagai tingkat tertinggi. Lulusan Diploma 3 umumnya diharapkan mencapai minimal Level 5; lulusan sarjana minimal Level 6, spesialis minimal Level 7, dan lulusan magister minimal Level 8. Tingkat kualifikasi ini ditentukan berdasarkan cakupan pekerjaan, pengetahuan dan keterampilan, kemampuan memproses informasi, tanggung jawab, serta perilaku profesional. Dalam analisis kurikulum, program studi harus menunjukkan bahwa PLO mereka selaras dengan standar NQF yang sesuai untuk tingkat pendidikan mereka, guna memastikan relevansi dan ketelitian dalam konteks nasional dan profesional.

4.3.2 Analisis Rumusan PLO

Setiap butir PLO mengandung kemampuan (*behavior/cognitive process*) dan bahan kajian (*subject matters*), bahkan dapat ditambah konteksnya (*context*) (Tyler (2013); Anderson dan Krathwohl (2001) dalam Junaidi et al. (2020)). Dalam membaca aspek kemampuan yang ada pada rumusan *learning outcomes* di berbagai level, seorang *reviewer* kurikulum menganalisis taksonomi pembelajaran yang dirancang oleh program studi dengan *learning outcome* tersebut.

Ada sejumlah taksonomi yang diajukan oleh ahli pendidikan diantaranya Gagné (1985), Marzano dan Kendall (2006). Semua taksonomi ini merupakan upaya untuk memberikan struktur pada proses yang terlibat dalam pembelajaran berdasarkan pengamatan perilaku belajar dan pemahaman tentang cara kerja otak. Yang paling populer dan diikuti oleh mayoritas akademisi adalah *Revised Bloom's Taxonomy*, yang merupakan revisi dari *Bloom Taxonomy* (1956) yang diusulkan oleh Anderson dan Krathwohl (2001).

Berdasarkan *Revised Bloom's Taxonomy* dari Anderson dan Krathwohl (2001), ranah kognitif memiliki dua dimensi: proses kognitif dan kategori pengetahuan. Proses kognitif yang disusun secara hierarki adalah sebagai berikut: *remember, understand, apply, analyze, evaluate, create* (selanjutnya pada penelitian ini secara berurutan disingkat menjadi C1, C2, C3, C4, C5, C6). Kategori pengetahuan terdiri dari *factual knowledge, conceptual knowledge, procedural knowledge* dan *metacognitive knowledge*.

Domain afektif biasanya dikaitkan dengan perasaan dan emosi, biasanya ditampilkan dalam bentuk reaksi positif atau negatif terhadap peristiwa, objek, perilaku, kebijakan atau situasi. Domain afektif yang diusulkan Rao (2020) mengikuti referensi dari taksonomi Pierce dan Gray (2013) yang menyusun 6 domain sesuai urutan peningkatan kognisi: *perceive, react, conform, validate, affective judge, effective create*.

Pembelajaran pada ranah psikomotorik melibatkan aktivitas motorik dan otot. Pembelajaran psikomotor juga dapat terjadi bersamaan dengan pembelajaran domain kognitif dan afektif Hal ini ditunjukkan oleh keterampilan fisik yang diperoleh melalui praktik. Untuk domain psikomotorik, penelitian ini juga mengikuti referensi dari taksonomi Pierce dan Gray (2013) yang menyusun 6 domain sesuai urutan peningkatan kognisi: *psychomotor perceive, activate, execute, manourvre, psichomotor judge, psychomotor create*.

Dari setiap PLO yang dirumuskan oleh program studi, *reviewer* dapat melihat apakah PLO tersebut berada pada ranah kognitif, afektif ataupun psikomotorik, dan berada di level mana pada masing-masing ranah tersebut. Program studi yang menganggap penting penjelasan taksonomi pembelajaran, umumnya secara eksplisit menyertakan informasi tentang *learning domain* dari setiap PLO yang disusunnya.

4.3.3 Analisis Matriks Pengalaman Belajar

Sesuai prinsip *Designing Back*, mata kuliah tidak muncul begitu saja dalam kurikulum, namun diturunkan dari suatu PLO. Salah satu cara menunjukkan prinsip ini adalah dengan menyusun matriks yang berisi pemetaan dari setiap PLO ke bahan kajian (*subject matters*), yakni topik-topik yang perlu dipelajari mahasiswa untuk mencapai PLO. Mata kuliah kemudian dibentuk berdasarkan bahan kajian yang telah ditetapkan. Pemetaan ini ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1: PLO and subject matters mapping

PLO	Subject Matters	Description of Subject Matters

Tabel 4.2: PLO and course mapping

Semester	Course	PLO1	PLO2	...	PLOn

Bentuk yang lebih ketat dari penerapan prinsip *Designing Back* adalah memetakan PLO sekaligus ke aktivitas pembelajaran yang perlu dilakukan mahasiswa untuk mencapai PLO, bahan kajian yang sesuai untuk memenuhi PLO, mata kuliah yang dibentuk

oleh bahan kajian tersebut, media dan teknologi yang diperlukan, indikator pencapaian PLO yang terkait dengan mata kuliah tersebut, dan metode asesmen untuk mengukur keberhasilan mahasiswa. Di Universitas Indonesia, penyusunan kurikulum OBE mengikuti cara ini, dengan membentuk matriks yang disebut dengan 'matriks pengalaman belajar', disajikan pada Tabel 3.

Tabel 4.3: Matriks Pengalaman Belajar

PLO	Sub PLO	Learning Activity	Subject Matter	Media or Tech	Course	Assesment	Performance Indicator

Ketika memeriksa matriks pengalaman belajar, ada banyak aspek yang dianalisis oleh *reviewer*, untuk melihat apakah setiap PLO didukung oleh pengalaman belajar/metode pembelajaran, bahan kajian, media/teknologi, indikator, asesmen dari suatu mata kuliah yang sesuai untuk mencapai PLO tersebut. Pada umumnya program studi merumuskan PLO dengan kemampuan yang "tinggi" untuk memberikan kesan kepada *stakeholder* bahwa lulusannya memiliki kualifikasi yang tinggi, namun perlu dicek apakah rancangan mata kuliah dan pembelajarannya benar-benar mendukung PLO tersebut. Contoh ketidaksesuaian yang ditemukan reviewer adalah:

- Pengalaman belajar yang dirancang untuk mencapai PLO hanya menggunakan metode ceramah atau *one-way-lecturing* yang bersifat *teacher- centered learning*. Cara ini umumnya tidak sesuai untuk mencapai pengetahuan yang mendalam dan ketrampilan yang tinggi bagi mahasiswa.

- Pengalaman belajar menggunakan metode *student centered-learning* namun tidak memenuhi PLO yang telah dirancang. Misalnya suatu program studi Public Health dalam salah satu PLO-nya menyebutkan *mampu mengedukasi masyarakat tentang pola makanan yang sehat* namun pengalaman belajar mahasiswanya hanya berupa kegiatan di dalam kelas dan tidak ada interaksi langsung dengan masyarakat.

- Indikator yang dirancang, tidak sesuai dengan PLO yang ingin dicapai. Misalnya untuk PLO *mampu mengedukasi masyarakat tentang pola makanan yang sehat*, indikatornya *mampu membuat bahan publikasi untuk edukasi tentang pola makanan sehat*.

- Bentuk asesmen tidak mencakup ranah yang sesuai dengan PLO yang ingin dicapai. Misalnya program studi menetapkan PLO yang terkait dengan pembentukan sikap

tertentu kepada mahasiswanya, namun pengalaman pembelajarannya hanya mencakup aspek kognitif dan ujiannya pun hanya menguji kemampuan kognitif saja, tentunya hal ini tidak sesuai.

- Mahasiswa dinilai dengan level kognitif yang lebih rendah dari indikator yang ingin dicapai dari suatu mata kuliah untuk mencapai PLO tertentu. Sebagai contoh, ketika sebuah program studi menginginkan mahasiswanya mampu menciptakan produk iklan digital yang dapat ditayangkan di media sosial, tentunya tidak cocok ketika bentuk asesmennya hanya berupa ujian tertulis, melainkan mahasiswa perlu diuji dengan praktik membuat produk iklan digital.

- Media pembelajaran atau teknologi yang direncanakan dalam dokumen kurikulum kurang memadai untuk mencapai PLO.

4.3.4 Analisis CLO

Dalam penyusunan kurikulum OBE yang berlangsung secara *top down* dimulai dari PLO, maka setiap PLO memiliki sejumlah indikator yang dikaitkan dengan mata kuliah tertentu. Dari indikator PLO inilah disusun rumusan CLO. Ada program studi yang membuat rumusan yang sama antara indikator PLO dengan CLO, ada pula yang membuat rumusan CLO yang berbeda namun mengacu pada indikator-indikator ini.

Untuk menyusun pernyataan CLO secara terstuktur, ada beberapa model yang umum dipakai. Diantaranya adalah 'ABCD model' yang diajukan oleh *educational theorist* R. Mager (1984). Menurut model ini, learning outcome terdiri dari empat komponen: (i) *audience*, (ii) *behavior*, (iii) *condition*, (iv) *degree*. Ketika menyusun ontologi untuk *instructional module design*, S. K. Bansal dan Dalrymple (2016) menyusun *learning outcome* dalam empat komponen dengan referensi dari Anderson & Krathwohl (2001), Robet Mager (1997), Wiggins & McTighe (2005)). Keempat komponen ini adalah (i) *condition*, (ii) *performance*, (iii) *content* dan (iv) *criteria*. *Criteria* memiliki 4 subcriteria yakni *quantity*, *quality*, *accuracy* dan *speed*. S. K. Bansal dan Dalrymple (2016) mengklasifikasikan bahan kajian sebagai '*good to know*', '*important*' dan '*critical*'. Rao (2020) menggabungkan elemen yang diusulkan oleh Mager, Anderson dan Bloom, mengusulkan mengusulkan struktur pernyataan dari course outcome dalam empat komponen: (i) *action*, (ii) *knowledge*, (iii) *condition*, (iv) *criterion*.

Pada penelitian ini digunakan empat komponen dalam penyusunan CLO, yang terdiri

dari (i) *condition* (ii) *action*, (iii) *content* dan (iv) *criteria*. *Condition* merepresentasikan proses yang peserta titik diharapkan untuk mengikuti, atau kondisi dimana peserta didik harus bertindak, atau kondisi dimana action diharapkan terjadi (ini merupakan elemen yang bersifat opsional). *Action* merepresentasikan aktivitas kognitif/afektif/psikomotorik yang seharusnya ditunjukkan oleh peserta didik. *Content* merepresentasikan pengetahuan spesifik dari satu atau lebih kategori pengetahuan. *Criteria* merepresentasikan parameter-paramater yang menjadi ciri tingkat penerimaan dari tindakan peserta didik (ini merupakan elemen yang bersifat opsional).

Diberikan contoh *course learning outcome* dari mata kuliah Sains Data Dasar: *Jika diberikan problem dunia nyata berskala sederhana yang membutuhkan solusi kecerdasan artifisial dan sainsdata, peserta mampu memilih model kecerdasan artifisial dan sains data yang sesuai untuk problem tersebut dan menerapkannya dalam bentuk solusi dengan kinerja yang tinggi*. Komponen CLO-nya sebagai berikut:

- *Condition*: Diberikan problem dunia nyata berskala sederhana yang membutuhkan solusi kecerdasan artifisial dan sains data.
- *Action*: Mampu memilih model dan menerapkannya (*cognitive domain* C3).
- *Content*: Model kecerdasan artifisial dan sains data (*conceptual, procedural knowledge*).
- *Criteria*: Menghasilkan kinerja yang tinggi.

4.3.5 Analisis Keselarasan PLO dan CLO

Ketika memeriksa keselarasan antara PLO dan CLO, reviewer memastikan bahwa setiap PLO sudah terpetakan ke CLO, dan setiap CLO juga memiliki hubungan dengan PLO. Ketika ada PLO yang tidak diturunkan ke suatu CLO maka PLO tersebut tidak akan dicapai oleh mahasiswa. Hal ini mudah dilihat jika program studi membuat matriks pemetaan PLO dan CLO. Jika tidak membuatnya, meskipun hal ini tampak trivial, kadang-kadang masih terlewatkan dalam dokumen kurikulum yang umumnya tebal dengan jumlah ratusan halaman.

Selain itu, yang dilakukan oleh *reviewer* kurikulum di Universitas Indonesia adalah mengidentifikasi keselarasan level kognitif dalam taxonomy of learning dari PLO dan CLO yang berkaitan. Misalnya sebuah PLO yang berada pada level kognitif *analyze* (C4)

dipetakan ke 5 CLOs, maka harus ada minimal 1 dari CLO tersebut yang merupakan C4, sisanya boleh berada pada level C4 ataupun C1, C2, C3. Jika kelima CLO berada pada level maksimal C3, maka PLO dan CLO ini dikatakan tidak selaras, karena CLO ini tidak akan mencapai PLO yang direncanakan. Demikian pula, jika ada salah satu atau lebih dari CLO ini yang C5 atau C6 berarti tidak selaras, karena memberikan beban lebih berat kepada mahasiswa dibandingkan PLO yang perlu dicapainya.

Sebagai ilustrasi, dari Tabel 4.4, PLO_1 yang berada pada level kognitif apply (C3) sudah tepat karena hendak dicapai melalui CLO_1 yang berada pada level kognitif understand (C2), CLO_4 yang juga berada pada C2 dan CLO_10 yang berada pada C3. Pemetaan PLO_2 dan PLO_5 juga sudah sesuai. Yang tidak sesuai adalah PLO_3 yang memiliki level kognitif *analyze* (C4), namun diturunkan ke ke CLOs yang punya level kognitif C2 dan C3. Demikian pula PLO_3 yang memiliki level kognitif C4 tidak sesuai dipetakan ke CLO_7 yang memiliki level kognitif C5.

Tabel 4.4: Contoh Pemetaan PLO ke CLO dengan ketidaksesuaian pada PLO_3 and PLO_4

	PLO_1 (C3)	**PLO_2 (C4)**	**PLO_3 (C4)**	**PLO_4 (C4)**	**PLO_5 (C5)**
CLO_1 (C2)	V				
CLO_2 (C2)		V	V		
CLO_3 (C3)	V				
CLO_4 (C2)		V			
CLO_5 (C4)		V			
CLO_6 (C4)		V			
CLO_7 (C5)				V	V
CLO_8 (C2)	V				
CLO_9 (C3)			V		
CLO_10 (C3)	V		V		
CLO_11 (C4)					V

Reviewer juga perlu memeriksa keselarasan PLO dan CLO dalam domain afektif dan domain psikomotorik, dengan mekanisme yang serupa dengan domain kognitif.

4.4 Pengembangan *Competency Questions*

Competency Questions (CQ) adalah pertanyaan panduan yang dirancang untuk mengidentifikasi cakupan ontologi dan memastikan ontologi dapat menjawab kebutuhan pengguna.

Tabel 4.5: *Competency Questions*

No	Pertanyaan	Prinsip
Q1	Apa nama program studi yang memiliki kurikulum ini? Apa visi dan misinya.	
Q2	Sebutkan identitas kurikulum yang dimiliki oleh program studi.	
Q3	Sebutkan Program Educational Objectives (PEO) dari program studi.	CoF
Q4	Sebutkan Program Learning Outcomes (PLO) dari program studi.	CoF
Q5	Sebutkan referensi dalam penyusunan kurikulum, termasuk: • Lembaga akreditasi internasional/regional/nasional (jika ada). • Dokumen referensi, seperti kurikulum standar internasional, kurikulum standar nasional, dokumen masukan dari *stakeholder*, dokumen hasil survei alumni, dokumen yang relevan dari institusi yang menjadi benchmark.	CoF
Q6	Sebutkan pemetaan PLO atau PEO terhadap national quality framework (termasuk level, aspek pengetahuan, aspek keterampilan kerja, aspek kewenangan, dan tanggung jawab).	CoF
Q7	Jelaskan domain pembelajaran (cognitive / affective / psychomotor) dari tiap PLO.	CoF
Q8	Jelaskan pemetaan antara PEO dan PLO.	CoF
Q9	Jelaskan pemetaan antara PLO dan mata kuliah pada kurikulum.	BD
Q10	Sebutkan Course Learning Outcomes (CLO) yang dimiliki kurikulum.	CoF, BD
Q11	Sebutkan komponen-komponen tiap CLO (Condition, Action, Content, Criteria).	CoF
Q12	Jelaskan domain pembelajaran (cognitive / affective / psychomotor) dari tiap CLO.	CoF
Q13	Jelaskan kategori pengetahuan dari tiap CLO (factual / conceptual / procedural / metacognitive).	CoF
Q14	Jelaskan keselarasan dalam pemetaan PLO ke CLO.	BD
Q15	Sebutkan pemetaan antara PLO, Sub-PLO, learning activities, performance indicators, course, media or technology, asesmen untuk tiap PLO.	BD, HE, EO

Dalam penelitian ini, pengembangan CQ dilakukan dengan mempertimbangkan:

- Keterkaitan dengan Prinsip OBE: CQ dirancang untuk mencakup prinsip-prinsip

dasar dari OBE.

- Analisis Domain: CQ disusun berdasarkan hasil analisis dokumen-dokumen kurikulum, panduan penyusunan kurikulum, dan wawancara dengan *reviewer* kurikulum di Universitas Indonesia. Hal ini memastikan bahwa CQ relevan dan mencerminkan kebutuhan aktual dalam desain kurikulum berbasis OBE.
- Kategori CQ: CQ dikelompokkan menjadi beberapa kategori berdasarkan tahap analisis, yaitu:
  - Identitas Kurikulum: Pertanyaan mengenai nama, visi, dan misi program studi.
  - Hubungan Antar Elemen: Pemetaan PLO ke CLO, PEO ke PLO, serta ke elemen lainnya seperti National Qualification Framework (NQF).
  - Evaluasi Komponen Kurikulum: Kesesuaian domain pembelajaran (kognitif, afektif, psikomotorik) dan kategori pengetahuan terhadap PLO dan CLO.
- Integrasi ke Ontologi: CQ berfungsi sebagai panduan dalam menyusun struktur ontologi OBC-ONTO, memastikan ontologi mampu menjawab kebutuhan dari pengguna utama, yaitu *reviewer* kurikulum.

Hasil penyusunan CQ disajikan pada Tabel 4.5

4.5 Penyusunan Komponen Ontologi

Setelah penyusunan *competency questions*, dilakukan konseptualisasi pengetahuan, berupa penyusunan komponen ontologi. Tahap ini dimulai dari enumerasi kosa kata, penyusunan class dan taksonominya, penyusunan properties serta pembuatan instance.

4.5.1 Enumerasi Kosa Kata

Enumerasi kosa kata merupakan langkah awal untuk mendaftarkan kata-kata yang merupakan konsep penting dalam kurikulum berbasis OBE, sehingga berpotensi menjadi bagian dari ontologi. Kosa kata yang yang didapatkan pada fase ini disajikan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6: Enumerasi Kosa kata

Butir	**Kosa Kata**
Q1, Q2	study progamme, vision, mission, graduate profile
Q3	Program Educational Objective
Q4	Program Learning Outcome
Q5	National Qualification Framework, acreditation body, reference document
Q6	NQF-PEO mapping, NQF-PLO mapping
Q7 & Q12	learning domain (cognitive, affective, psychomotoric)
Q8	PEO-PLO mapping
Q9	Course, PLO-course mapping
Q10	Course Learning Outcome
Q11	CLO components: condition, action, content, criteria
Q13	knowledge category
Q14	PLO-CLO mapping
Q15	sub-PLO, learning activities, performance indicators, media or technology, assessment, PLO-mapping

4.5.2 Mendefinisikan Kelas dan Hirarki antar Kelas

Pendefinisian kelas dan hirarki antar kelas merupakan langkah penting dalam pengembangan ontologi, khususnya untuk memastikan bahwa ontologi dapat merepresentasikan konsep-konsep kunci dari kurikulum berbasis OBE.

Untuk mendefinisikan kelas dapat melihat kosakata yang dihasilkan dari langkah sebelumnya. Jika istilah tersebut memiliki eksistensi independen maka ia termasuk ke dalam sebuah kelas pada ontologi (Noy et al., 2001). Selain itu, jika istilah tersebut termasuk sebuah kata sifat, kata kerja intransitif, dan kata benda dapat dikategorikan sebagai kelas(Hitzler et al., 2010). Langkah selanjutnya adalah membuat hierarki kelas (hubungan *superclass-subclass*). Hirarki kelas bisa disusun dengan pendekatan *top-down*, *bottom-up*

ataupun kombinasinya.

Dari kosa kata yang sudah didapatkan pada Tabel 4.6, diperoleh istilah yang membentuk kelas, diantaranya: `StudyProgram`, `Curriculum`, `LearningOutcome`, `LearningDomain`, `Course`. Hirarki kelas yang relevan pada penelitian ini diantaranya adalah

- `LearningDomain` yang memiliki *subclass* `CognitiveDomain`, `AffectiveDomain`, `PsychomotoricDomain`.
- `LearningOutcome` yang memiliki *subclass* `ProgramLearningOutcome`, `SubProgramLearningOutcome`, `CourseLearningOutcome`.

. Daftar kelas dan hirarkinya diuraikan secara lengkap pada Bab 5.

4.5.3 Mendefinisikan *Class Properties*

Class properties terdiri dari *data properties* (properti data) dan *object properties* (properti objek). Properti data menggambarkan atribut atau karakteristik dari sebuah kelas dengan tipe data tertentu (contoh: string, integer, atau date). Properti data yang didefinisikan untuk `StudyProgram` pada penelitian ini antara lain:

- `ProgramName`: Nama program studi (string)
- `Vision`: Pernyataan visi program studi
- `Mission`: Pernyataan misi program studi.

Properti objek menggambarkan hubungan antar kelas, memastikan keterkaitan antar elemen dalam ontologi. Beberapa properti objek yang didefinisikan pada penelitian ini meliputi:

- `hasDomain`: menghubungkan kelas `LearningOutcome` dengan kelas `LearningDomain`, yang menunjukkan ranah pembelajaran yang dikandung oleh suatu PLO atau CLO.
- `belongstoSP`: menghubungkan kelas `Curriculum` dengan kelas `StudyProgram`, yang menunjukkan bahwa suatu kurikulum dimiliki oleh program studi tertentu.

Hasil penyusunan properti data dan properti objek selengkapnya disajikan pada Bab 5.

4.6 Penulisan Ontologi dengan OWL

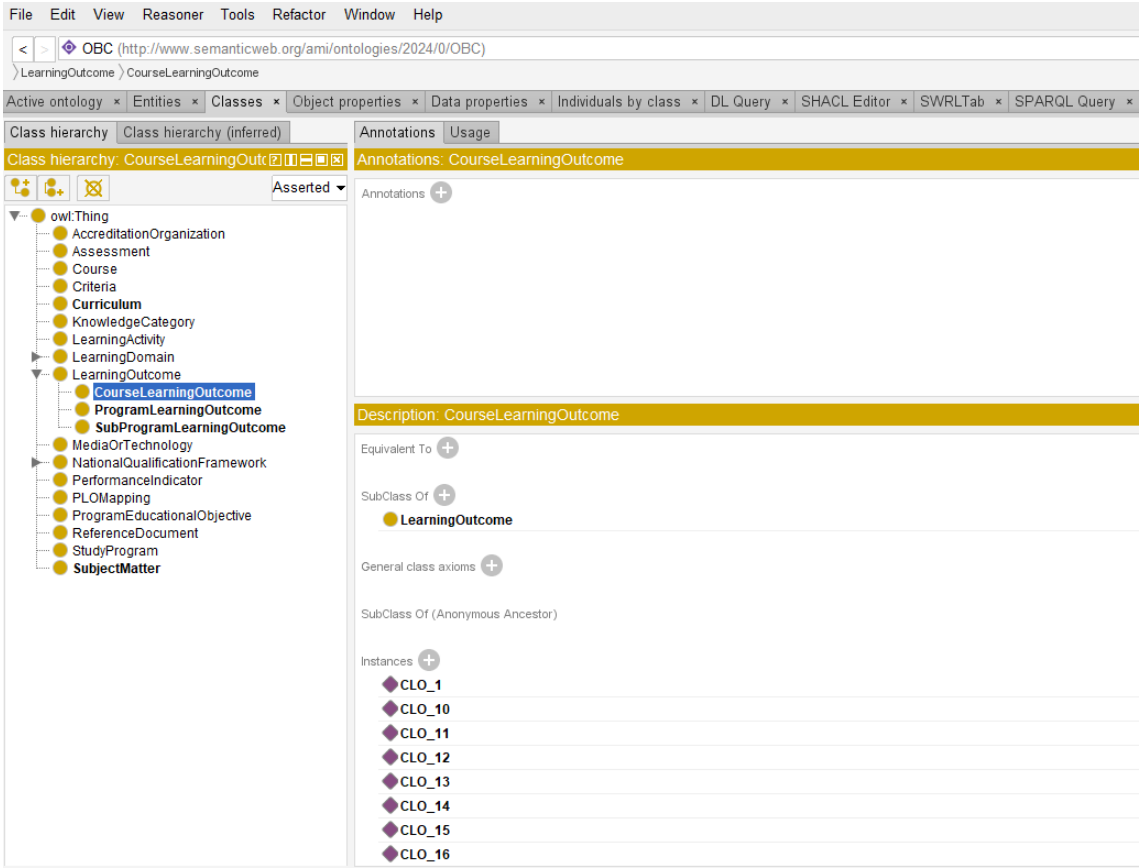
Sebagaimana dijelaskan pada Subbab , OWL memiliki tiga sub-profil utama, yaitu OWL Lite, OWL DL, dan OWL Full. Ontologi yang dikembangkan pada penelitian ini termasuk pada profil OWL DL, yang dicirikan oleh penggunaan fitur-fitur berikut:

- Penggunaan *object properties* seperti `hasPart`, `partOf`, dan `belongsToCurr`, termasuk penggunaan inversi properti (`owl:inverseOf`).
- Deklarasi *domain* dan *range* untuk properti, seperti pada `hasCLO` dengan *domain* `Course` dan *range* `CourseLearningOutcome`.
- Penggunaan *data properties* dengan tipe data tertentu, seperti `xsd:string`, `xsd:integer`, dan `xsd:dateTime`.
- Implementasi *restrictions* melalui `rdfs:subClassOf`.
- Penggunaan *disjointness* dan deklarasi individu dalam ontologi.

Penulis menggunakan Protégé 5.5 yang dikembangkan oleh Standford University sebagai editor ontologi, yang merupakan merupakan *open-source tools* yang populer di kalangan *ontology engineers*. Fitur utama Protégé meliputi:

- Antarmuka yang intuitif untuk membuat kelas, properti, dan individu.
- Dukungan untuk pengujian konsistensi ontologi dengan menggunakan *reasoner* seperti Pellet, HermiT.
- Kemampuan untuk mengekspor ontologi dalam berbagai format.
- Mendukung pemrosesan kueri menggunakan bahasa standar SPARQL.
- Mendukung validasi ontologi menggunakan alat bantu seperti SHACL (*Shapes Constraint Language*).

Contoh tampilan Protege ketika mendefinisikan kelas dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Contoh Antarmuka Protege untuk Mendefinisikan Kelas

BAB 5
HASIL PENGEMBANGAN ONTOLOGI

Pada bab ini dijelaskan ontologi yang telah dikembangkan berdasarkan metodologi yang dijelaskan pada Bab 4. Ontologi ini diberi nama OBC-ONTO. Setelah penjelasan mengenai komponen-komponen OBC-ONTO, pada bab ini juga dijelaskan implementasi ontologi tersebut dalam bentuk prototipe aplikasi Semantic Web. Aplikasi ini dirancang untuk memfasilitasi proses analisis kurikulum oleh *reviewer* dengan antarmuka yang ramah pengguna,

5.1 Ontologi OBC-ONTO

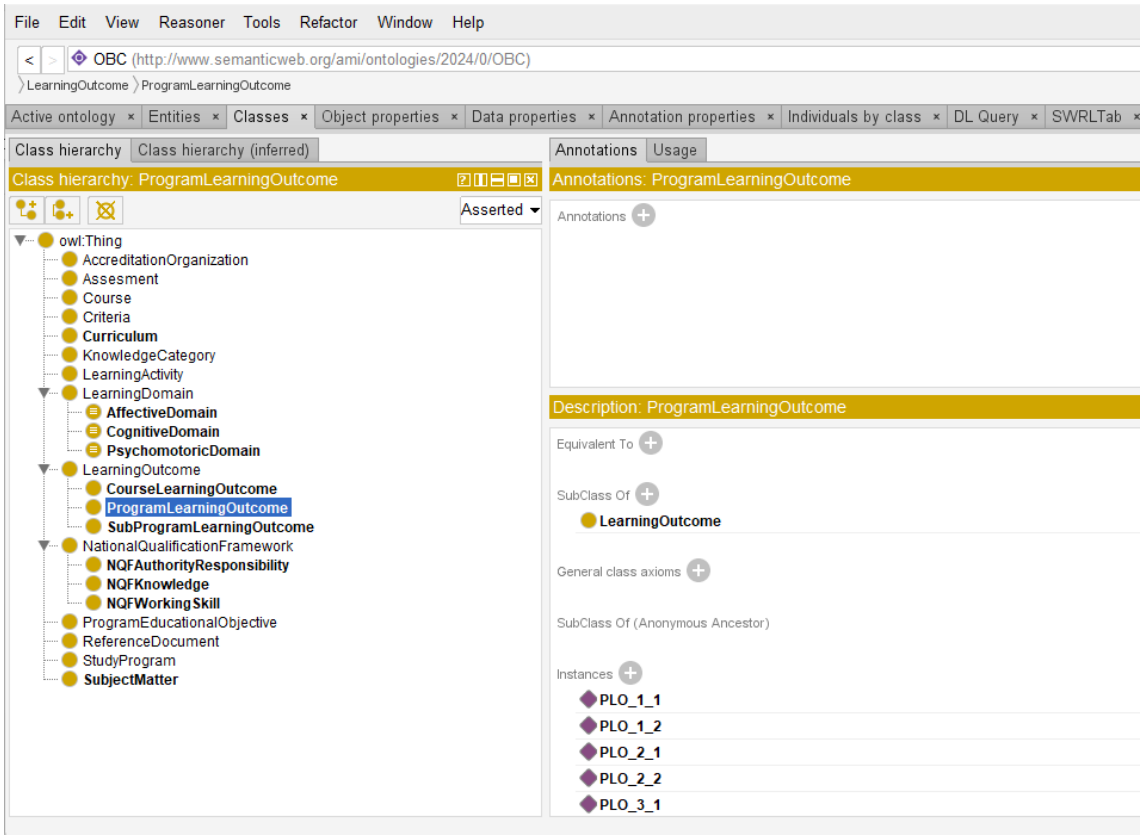
Berdasarkan hasil analisis domain dan kebutuan untuk menjawab *competency questions*, disusun kelas-kelas yang disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1: Daftar Kelas dan SubKelas Ontologi OBC-ONTO

Class without subclass: StudyProgram, Curriculum, CurriculumReference, ProgramEducationalObjective, KnowledgeCategory, SubjectMatter, Course, LearningActivity, Assessment, PerformanceIndicator, PLOMapping
Class with subclass: • NationalQualificationFramework: NQFKnowledge, NQFWorkingSkill, NQFAuthorityResponsibility. • LearningOutcome: ProgramLearningOutcome, SubProgramLearningOutcome, CourseLearningOutcome. • LearningDomain: AffectiveDomain, CognitiveDomain, PsychomotoricDomain.

Kelas-kelas ini merepresentasikan konsep-konsep yang termuat dalam rancangan kurikulum, khususnya pada tahap OBC, sebagaimana didefinisikan oleh cakupan ontologi ini. Elemen operasional, seperti pelaksanaan mata kuliah, instruktur, dan mahasiswa, berada dalam tahap OBLT dan OBAE sehingga dikecualikan dari cakupan ini. Namun, elemen-elemen yang jarang dimasukkan dalam dokumen kurikulum tradisional

tetapi penting dalam konteks OBE — seperti referensi kurikulum, *National Qualification Framework* (NQF), dan capaian pembelajaran — dimasukkan dalam cakupan ontologi ini. Implementasi kelas-kelas ini di Protégé dengan contoh instance PLO dijelaskan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1: Implementasi Kelas-Kelas Ontologi pada Protégé

Tabel 5.2 menguraikan properti data yang terkait dengan setiap kelas dalam ontologi OBC-ONTO, dengan menentukan atribut penting untuk setiap entitas dalam struktur kurikulum. Sebagai contoh, kelas `StudyProgram` mencakup properti `spName` (nama program studi), `degreeLevel`, `awardedDegree`, `vision`, dan `mission`, yang menangkap detail mendasar program tersebut. Demikian pula, kelas `Curriculum` memiliki properti seperti `curriculumName`, `curriculumCode`, `currStartDate`, dan `totalCredit`, yang mendefinisikan identitas dan jangka waktu pelaksanaan kurikulum. Kelas `Course` memiliki properti data `courseName`, `courseCode`, `credit`, dan `courseType`, yang menyediakan informasi penting untuk setiap mata kuliah yang ditawarkan dalam program. Selain itu, kelas-kelas seperti `CurriculumReference`, `NationalQualityFramework`, dan `LearningOutcome` mencakup atribut untuk menangkap akreditasi, standar kualitas, dan ekspektasi pembelajaran. Properti data ini memastikan bahwa setiap kelas dalam ontologi

dapat merepresentasikan informasi secara tepat, memfasilitasi analisis mendetail dan keselarasan dengan persyaratan kerangka OBE.

Tabel 5.2: Data Properties pada Ontologi OBC-Onto

Class	**Data Properties**
Study Program	programName, degreeLevel, awardedDegree, programVision, programMission, graduateProfile
Curriculum	curriculumName, curriculumStartDate, totalCredit
Course	courseName, courseCode, credit, courseType
ProgramEducationalObjective	label, description
AccreditationOrganization	accreditationName, fieldOfApplication, organizationWebsite, country, accreditationScope
ReferenceDocument	documentTitle, documentType, publishedYear, issuedBy, documentVersion, url
NationalQualityFramework	label, nqfLevel, nqfElement, description
LearningOutcome	label, description
CourseLearningOutcome	condition, action, content, criteria
TeachingLearningActivity	activityName, activityType, learningMethod
MediaOrTechnology	mediaName, mediaType, mediaFeature
Assesment	assesmentMethod, assesmentType
PerformanceIndicator	label, description

Ontologi ini terdiri dari beberapa kelas enumerasi. Dalam konteks ontologi, kelas enumerasi adalah kelas yang memiliki himpunan anggota yang terbatas dan didefinisikan secara eksplisit. Ini berarti bahwa semua anggota yang mungkin dari kelas tersebut sudah diketahui dan dicantumkan, bukan didefinisikan oleh sekumpulan properti atau kondisi tertentu. Kelas enumerasi sangat berguna untuk merepresentasikan nilai-

nilai kategori atau yang sudah ditentukan sebelumnya, seperti capaian pembelajaran tertentu atau kategori pengetahuan, seperti yang terlihat pada kelas `LearningOutcome` dan `KnowledgeCategory` dalam Tabel 5.3. Dengan mencantumkan anggota secara langsung, kelas enumerasi memungkinkan representasi yang tepat dan terkontrol dalam ontologi, sehingga memastikan konsistensi dan kejelasan saat mengkategorikan atau menganalisis konsep-konsep tertentu.

Tabel 5.3: Daftar Kelas Enumerasi

Class	**Instances**
CognitiveDomain	C1_Remember, C2_Understand, C3_Apply, C4_Analyse, C5_Evaluate, C6_Create
AffectiveDomain	A1_Perceive, A2_React, A3_Conform, A4_Validate, A5_Affective_Judge, A6_Affective_Create
PsychomotoricDomain	P1_Psychomotor_Perceive, P2_Activate, P3_Execute, P4_Manoeuvre, P5_Psychomotor_Judge, P6_Psychomotor_Create
KnowledgeCategory	Factual, Conceptual, Procedural, Metacognitive

Properti objek yang merepresentasikan hubungan antar kelas dalam ontologi ditampilkan pada Tabel 5.4. Sebagai contoh, sebuah `StudyProgram` terhubung ke `Curriculum` melalui properti `hasCurriculum`, yang menunjukkan bahwa setiap program studi memiliki kurikulum, sementara relasi `belongsToSP` menandakan keterkaitan kurikulum dengan program studinya. Capaian pembelajaran diatur secara hierarkis: `ProgramLearningOutcomes` mencakup `SubProgramLearningOutcomes` dan `CourseLearningOutcomes` melalui relasi `hasPart` dan `partOf`. SProperti objek memastikan koherensi dan mendukung peran ontologi dalam mendefinisikan tujuan dan persyaratan pendidikan yang terstruktur di berbagai komponen kurikulum.

Penyusunan properti objek pada penelitian ini mengakomodasi keberagaman rancangan kurikulum di berbagai program studi. Misalnya, beberapa program studi memetakan NQF ke PEO, sementara yang lain memetakannya ke PLO, dan hal ini tidak melanggar prinsip-prinsip OBE. Oleh karena itu, kedua hubungan ini diakomodasi menggunakan properti objek mappedTo, yang memungkinkan NQF dipetakan ke PEO atau

PLO. Demikian pula, beberapa program studi memetakan PLO seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, sementara program lain memetakan PLO dalam bentuk matriks pengalaman belajar seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. Semua variasi ini diakomodasi dalam struktur OBC-ONTO.

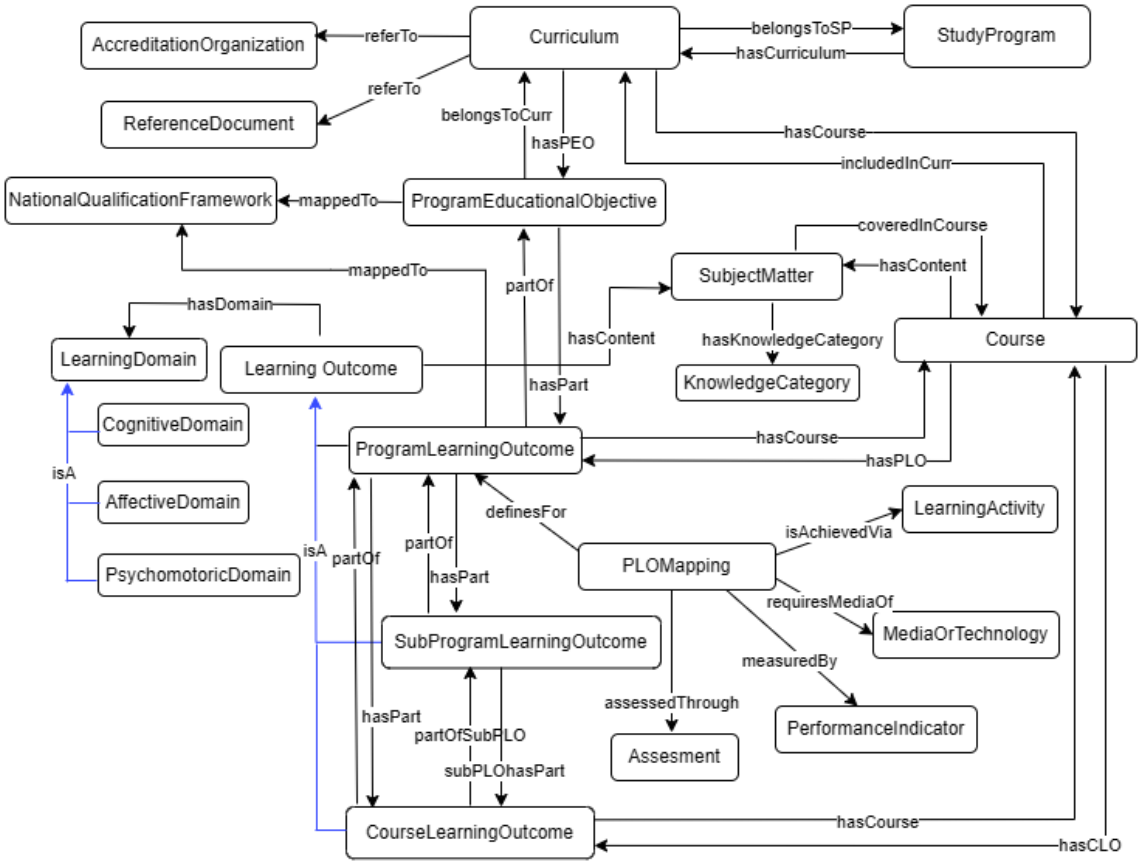
Tabel 5.4: Daftar Properti Objek pada Ontologi OBC-ONTO

Object Properties	**Domain**	**Range**
hasCurriculum	StudyProgram	Curriculum
belongsToSP	Curriculum	StudyProgram
referTo	Curriculum	ReferenceDocument
referTo	Curriculum	AccreditationOrganization
hasPEO	Curriculum	ProgramEducationalObjective
belongsToCurr	ProgramEducationalObjective	Curriculum
belongsToCurr	ProgramLearningOutcome	Curriculum
hasPLO	Curriculum	ProgramLearningOutcome
hasCourse	Curriculum	Course
includedInCurr	Course	Curriculum
hasPart	ProgramEducationalObjective	ProgramLearningOutcome
partOf	ProgramLearningOutcome	ProgramEducationalObjective
hasPart	ProgramLearningOutcome	SubProgramLearningOutcome
partOf	SubProgramLearningOutcome	ProgramLearningOutcome
hasPart	ProgramLearningOutcome	CourseLearningOutcome
partOf	CourseLearningOutcome	ProgramLearningOutcome

Lanjut ke halaman berikutnya

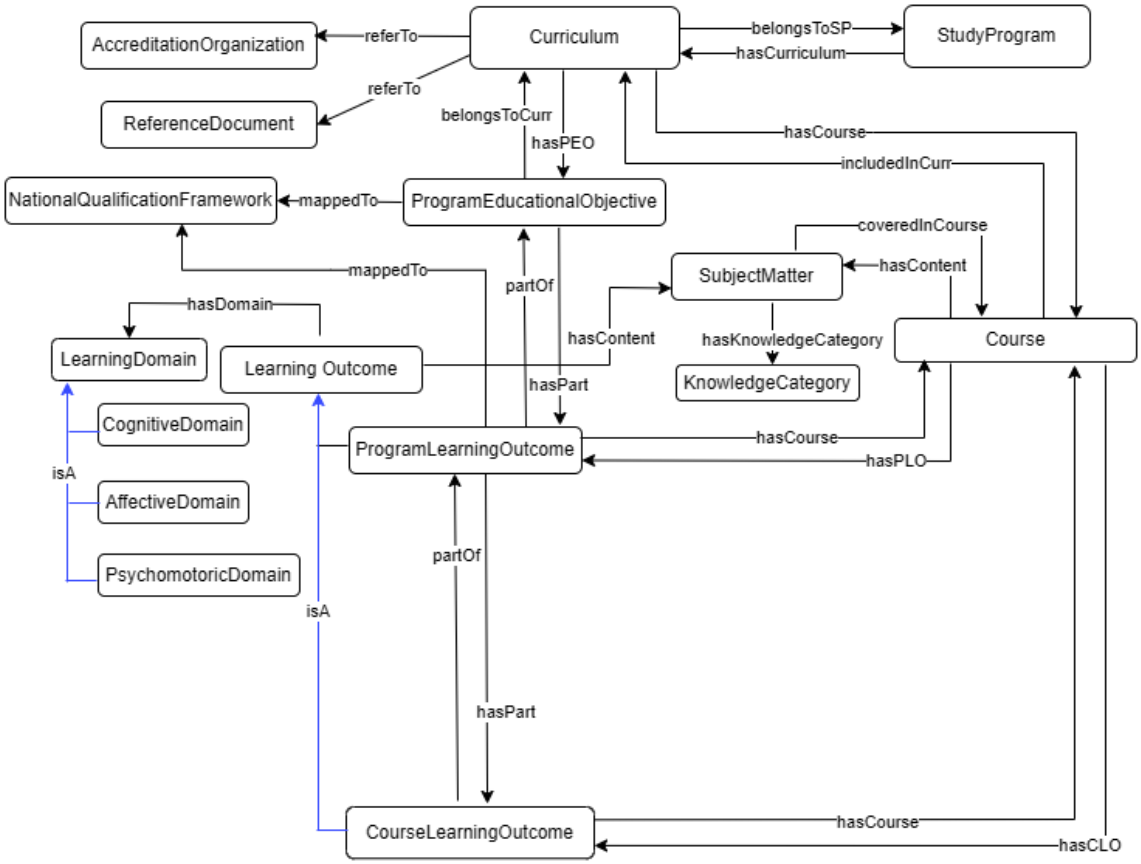
Object Properties	**Domain**	**Range**
subPLOhasPart	SubProgramLearningOutcome	CourseLearningOutcome
partOfSubPLO	CourseLearningOutcome	SubProgramLearningOutcome
ploHasCourse	ProgramLearningOutcome	Course
hasPLO	Course	SubProgramLearningOutcome
hasDomain	LearningOutcome	LearningDomain
hasContent	LearningOutcome	SubjectMatter
hasKnowledgeCategory	SubjectMatter	KnowledgeCategory
mappedTo	ProgramEducationalObjective	NationalQualityFramework
mappedTo	ProgramLearningOutcome	NationalQualityFramework
definesFor	PLOMapping	ProgramLearningOutcome
isAchievedVia	PLOMapping	LearningActivity
requiresMediaOf	PLOMapping	MediaOrTechnology
measuredBy	PLOMapping	PerformanceIndicator
assessedThrough	PLOMapping	Assesment
prerequisiteOf	Course	Course
hasContent	Course	SubjectMatter
coveredInCourse	SubjectMatter	Course

Struktur umum ontologi OBC-ONTO disajikan pada Gambar 5.2, yang menjelaskan kelas-kelas dan sebagian besar relasi antar kelas pada ontologi ini. Pada gambar ini, garis berwarna biru menyatakan hubungan subclass, sedangkan garis berwarna hitam menyatakan relasi atau properti objek.



Gambar 5.2: Struktur Umum OBC-ONTO

Dalam penggunaan ontologi ini, program studi dapat memilih subset dari komponen yang diperlukan. Misalnya dalam panduan dari DIKTI, yang juga ditemui dalam contoh dokumen kurikulum di ITS, tidak ada konsep Sub-PLO dan matriks pengalaman belajar. Pada kondisi ini dapat menggunakan subset dari ontologi dengan struktur yang disajikan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3: Struktur Umum OBC-ONTO sesuai panduan Kurikulum Dikti

5.2 Implementasi SHACL untuk Validasi Aturan Kurikulum

Pada Subbab 3.2.8 telah dijelaskan kebutuhan untuk mengimplementasikan aturan-aturan kurikulum pada ontologi dengan SHACL. Aturan pertama yang diimplementasikan adalah bahwa setiap PEO harus dipetakan ke minimal satu PLO:

$$\forall x\big(ProgramEducationalObjective(x) \implies \exists y\big(ProgramLearningOutcome(y) \wedge hasPart(x,y)\big)\big) \quad (5.1)$$

Aturan ini merupakan perwujudan dari prinsip *DesigningBack*. Implementasi aturan ini dengan SHACL diberikan pada Kode 5.1.

```
@prefix sh: <http://www.w3.org/ns/shacl#> .
@prefix OBC: <http://www.semanticweb.org/ami/ontologies/2024/0/OBC#> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix : <http://www.semanticweb.org/ami/ontologies/2024/0/SHACL#> .

################################################################
```

```
# SHACL Shape to validate ProgramEducationalObjective
################################################################
:ProgramEducationalObjectiveShape a sh:NodeShape ;
    sh:targetClass OBC:ProgramEducationalObjective ;  # Applies to instances of ProgramEducationalObjective
    sh:property [
        sh:path OBC:hasPart ;                      # Property to validate
        sh:class OBC:ProgramLearningOutcome ;      # Ensure connected to ProgramLearningOutcome
        sh:minCount 1 ;                           # At least one connection required
    ] ;
    sh:message "Each ProgramEducationalObjective must be connected to at least one ProgramLearningOutcome through hasPart." .
```

Kode 5.1: Kode Validasi PEO dalam SHACL

Aturan kedua yang merupakan implementasi prinsip *Designing Back* diterapkan terhadap PLO. Dari pendalaman yang dilakukan penulis pada dokumen kurikulum, mayoritas program studi menurunkan PLO ke CLO. Namun ditemukan pula sejumlah program studi yang menurunkan PLO ke SubPLO terlebih dulu sebelum ke CLO. Dengan demikian, aturan validasi yang diimplementasikan pada penelitian ini adalah bahwa setiap PLO harus dipetakan ke minimal satu SubPLO atau satu CLO.

$$\forall x\big(ProgramLearningOutcome(x) \implies \exists y\big((SubProgramLearningOutcome(y) \vee CourseLearningOutcome(y)) \wedge hasPart(x,y)\big)\big) \tag{5.2}$$

Kode 5.2 menjelaskan implementasi aturan (5.2) dalam SHACL.

```
@prefix sh: <http://www.w3.org/ns/shacl#> .
@prefix OBC: <http://www.semanticweb.org/ami/ontologies/2024/0/OBC#> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix : <http://www.semanticweb.org/ami/ontologies/2024/0/SHACL#> .

################################################################
# SHACL Shape to validate ProgramLearningOutcome
################################################################
:ProgramLearningOutcomeShape a sh:NodeShape ;
    sh:targetClass OBC:ProgramLearningOutcome ;  # Applies to instances of ProgramLearningOutcome
    sh:or (
        [
            sh:path OBC:hasPart ;                      # Property to validate
            sh:class OBC:SubProgramLearningOutcome ;  # Ensure connected to SubProgramLearningOutcome
            sh:minCount 1 ;                           # At least one connection required
```

```
16        ]
17        [
18            sh:path OBC:hasPart ;                      # Property to validate
19            sh:class OBC:CourseLearningOutcome ;       # Ensure connected to
    CourseLearningOutcome
20            sh:minCount 1 ;                           # At least one connection required
21        ]
22    ) ;
23    sh:message "Each ProgramLearningOutcome must be connected to at least one
    SubProgramLearningOutcome or CourseLearningOutcome through hasPart." .
```

Kode 5.2: Kode Validasi PLO dalam SHACL

Selain aturan (5.1) dan (5.2), aturan untuk memvalidasi *alignment* antara PEO, PLO, SubPLO dan CLO terdiri dari:

1. Setiap SubPLO harus dipetakan ke minimal satu CLO.

$$\forall x\big(SubProgramLearningOutcome(x) \implies \exists y\big(CourseLearningOutcome(y) \wedge hasPart(x,y)\big)\big) \quad (5.3)$$

2. Setiap SubPLO harus diturunkan dari PLO.

$$\forall x\big(SubProgramLearningOutcome(x) \implies \exists y\big(programLearningOutcome(y) \wedge partOf(x,y)\big)\big) \quad (5.4)$$

3. Setiap CLO harus diturunkan dari SubPLO atau PLO.

$$\forall x\big(CourseLearningOutcome(x) \implies \exists y\big((SubProgramLearningOutcome(y) \vee ProgramLearningOutcome(y)) \wedge partOf(x,y)\big)\big) \quad (5.5)$$

Implementasi aturan (5.1) hingga (5.5) dalam SHACL selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran pada dokumen disertasi.

Selain *alignment* antara PEO dan *learning outcomes*, pada penelitian ini juga diterapkan aturan validasi untuk menjamin kesesuaian kemampuan yang didefinisikan dalam PLO dengan yang didefinisikan dalam CLO, sebagaimana dijelaskan pada Subbab 4.3.5. Aturan validasi ini terdiri dari:

1. Aturan validasi *cognitive learning domain* C6 (*Create*):

$$\forall x\big(PLO(x) \wedge hasDomain(x, C6_Create) \implies \exists y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \wedge hasDomain(y, C6_Create)\big) \wedge \forall y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \implies hasDomain(y, \{C1_Remember, C2_Understand, C3_Apply, C4_Analyse, C5_Evaluate, C6_Create\})\big)\big) \tag{5.6}$$

2. Aturan validasi *cognitive learning domain* C5 (*Evaluate*):

$$\forall x\big(PLO(x) \wedge hasDomain(x, C5_Evaluate) \implies \exists y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \wedge hasDomain(y, C5_Evaluate)\big) \wedge \forall y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \implies hasDomain(y, \{C1_Remember, C2_Understand, C3_Apply, C4_Analyse, C5_Evaluate\})\big)\big) \tag{5.7}$$

3. Aturan validasi *cognitive learning domain* C4 (*Analyse*):

$$\forall x\big(PLO(x) \wedge hasDomain(x, C4_Analyse) \implies \exists y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \wedge hasDomain(y, C4_Analyse)\big) \wedge \forall y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \implies hasDomain(y, \{C1_Remember, C2_Understand, C3_Apply, C4_Analyse\})\big)\big) \tag{5.8}$$

4. Aturan validasi *cognitive learning domain* C3 (*Apply*):

$$\forall x\big(PLO(x) \wedge hasDomain(x, C3_Apply) \implies \exists y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \wedge hasDomain(y, C3_Apply)\big) \wedge \forall y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \implies hasDomain(y, \{C1_Remember, C2_Understand, C3_Apply\})\big)\big) \tag{5.9}$$

5. Aturan validasi *cognitive learning domain* C2 (*Understand*):

$$\forall x\big(PLO(x) \wedge hasDomain(x, C2_Understand) \implies \exists y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \wedge hasDomain(y, C2_Understand)\big) \wedge \forall y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \implies hasDomain(y, \{C1_Remember, C2_Understand\})\big)\big) \tag{5.10}$$

6. Aturan validasi *cognitive learning domain* C1 (*Remember*):

$$\forall x\big(PLO(x) \wedge hasDomain(x, C1_Remember) \implies \\ \forall y\big(CLO(y) \wedge hasPart(x,y) \implies hasDomain(y, C1_Remember)\big)\big) \quad (5.11)$$

Untuk validasi *affective learning domain* dan *psychomotor learning domain*, berlaku aturan yang setara. Kode SHACL untuk implementasi aturan (5.6) hingga (5.11) diberikan pada lampiran pada dokumen disertasi.

5.3 Pengembangan Prototipe Aplikasi *Semantic Web*

Untuk menunjukkan aspek praktis dari pemanfaatan ontologi yang telah dikembangkan, pada penelitian ini dikembangkan prototipe aplikasi berbasis *Semantic Web* untuk proses *review* kurikulum. Aplikasi dapat diakses melalui https://ontologyresearch.cs.ui.ac.id/.

Aplikasi tersebut dikembangkan menggunakan Ontotext GraphDB sebagai basis data graf dan diintegrasikan dengan framework Django sebagai *back-end* dengan bahasa pemrograman Python. Data yang tersimpan dalam basis data dapat berupa *triple* dengan format RDF. Selain itu, pengambilan data dapat dilakukan melalui Django *back-end* dan dipetakan ke kueri SPARQL melalui *endpoint* yang ada di Ontotext GraphDB. Pengguna biasa dapat melakukan kueri SPARQL melalui antarmuka tanpa mengetik sintaks SPARQL, yaitu hanya melalui *entry field* atau menu-menu pilihan yang sudah dirancang sedemikian untuk memudahkan pengguna.

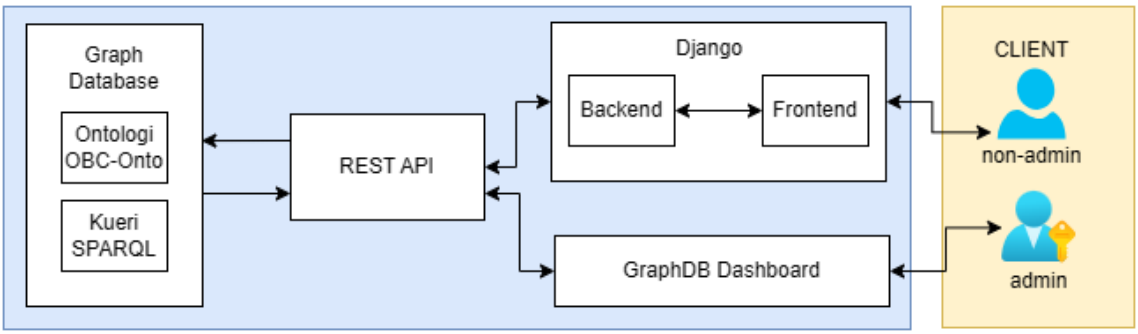
Django dipilih karena kemudahan dalam penggunaan dan integrasi: Django menawarkan beragam fitur yang mempermudah pengembangan aplikasi web, termasuk kemampuan *template rendering* yang memungkinkan integrasi antara frontend dan back-end dalam satu kerangka kerja. Selain itu, Django mendukung implementasi REST API, yang memungkinkan backend untuk berkomunikasi secara efisien dengan GraphDB, memfasilitasi pengelolaan data yang optimal. Di sini Django berfungsi sebagai *middleware* yang menghubungkan frontend atau client dengan GraphDB melalui REST API untuk berbagai operasi data.

Pemilihan Ontotext GraphDB sebagai basis data berdasarkan beberapa pertimbangan:

- Pengelolaan Data Semantik: Ontotext GraphDB memiliki kemampuan yang kuat dalam menyimpan dan mengelola data semantik, mendukung standar ontologi

seperti OWL dan RDF. Ini sangat penting untuk aplikasi dengan backbone ontologi seperti yang dilakukan pada penelitian ini.

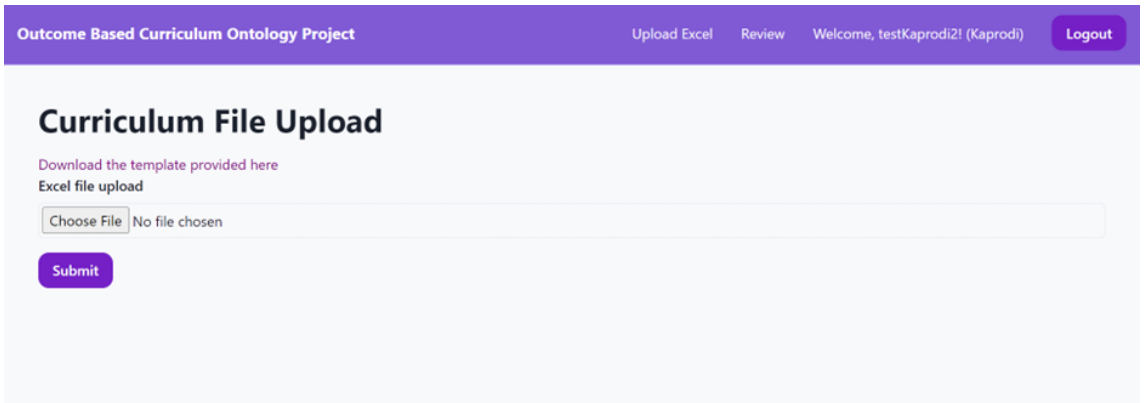
- Efisiensi Penyimpanan: Ontotext GraphDB dirancang untuk menyimpan data dengan efisien dan mendukung kueri yang kompleks melalui SPARQL.
- Fitur REST API: Ontotext GraphDB menyediakan fitur REST API yang dapat digunakan oleh Django untuk mengambil dan menyimpan data. Ini memastikan bahwa komunikasi antara aplikasi dan basis data berjalan lancar.
- *Dashboard* ramah pengguna: Ontotext GraphDB memiliki dashboard yang memudahkan admin dalam mengelola basis data. Fitur pada *dashboard* memudahkan admin untuk menambahkan kueri dan mengakses penuh data ontologi



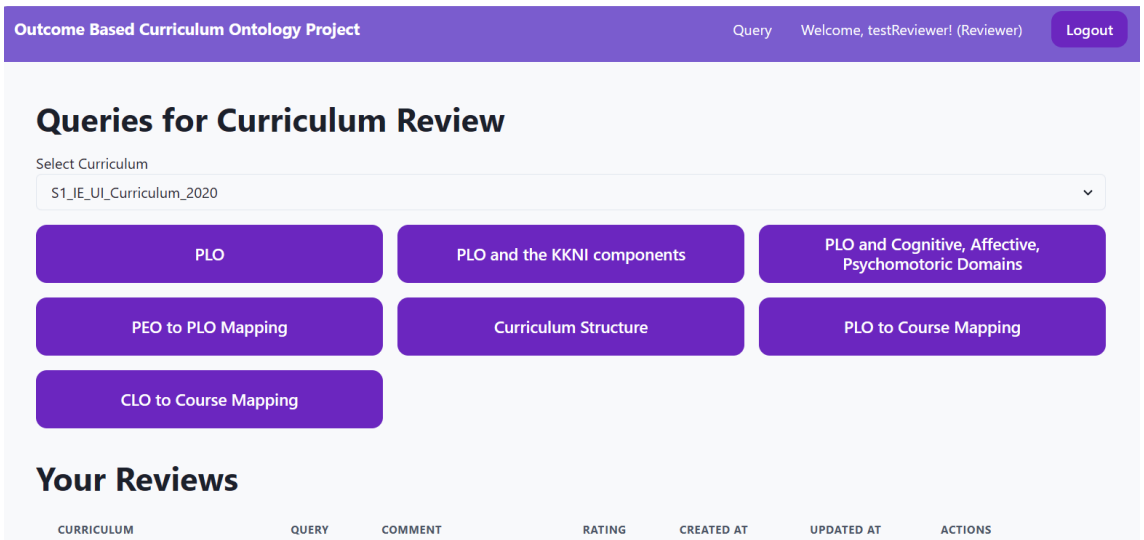
Gambar 5.4: Arsitektur Aplikasi Berbasis *Semantic Web*. Kotak warna biru adalah arsitektur sistemnya dan kotak warna kuning adalah aktor pengguna sistem

Arsitektur aplikasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.4. Terdapat dua aktor utama yang dapat mengakses aplikasi tersebut, yaitu admin dan non-admin. Aktor non-admin terdiri dari ketua program studi (kaprodi) dan *reviewer* kurikulum. Admin, dalam hal ini adalah peneliti, dapat mengunggah ontologi melalui GraphDB Dashboard yang kemudian dipetakan ke dalam database graf. Kaprodi dapat mengunggah *spreadsheet* yang dipetakan menjadi individu-individu atau *instances* untuk ontologi. *Spreadsheet* diunggah melalui *front-end* Django yang kemudian dipetakan ke ontologi melalui *back-end* dan kemudian disimpan di database melalui REST API. *Instances* atau individu tersebut kemudian dapat dikueri melalui REST API dan dipetakan ke *back-end* dan kemudian ditampilkan ke *front-end* Django sehingga dapat diakses oleh pengguna, terutama *reviewer*. *Reviewer* kurikulum dapat melakukan analisis pada data kurikulum yang muncul di *front-end* Django.

Kaprodi dapat mengunggah *spreadsheet* melalui *frontend* seperti pada Gambar 5.5. Kaprodi mengisi *spreadsheet* terlebih dahulu yang sudah dirancang agar dapat menyesuaikan dengan ontologi. *Spreadsheet* tersebut dapat diakses melalui https://s.id/SpreadsheetDataKurikulum.

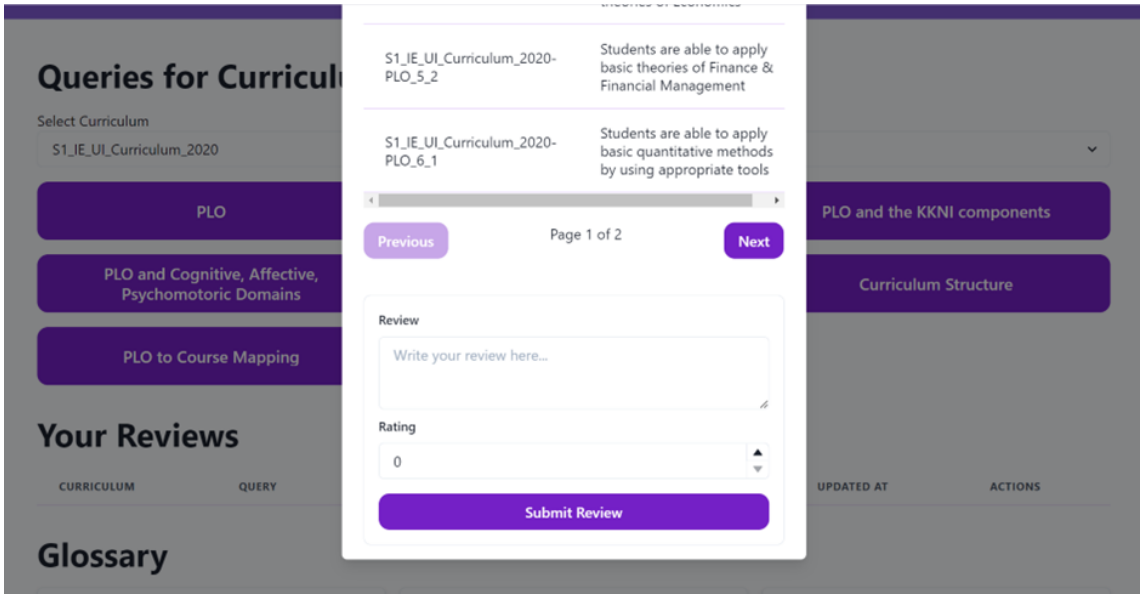


Gambar 5.5: Tampilan antarmuka aplikasi untuk kaprodi mengunggah spreadsheet



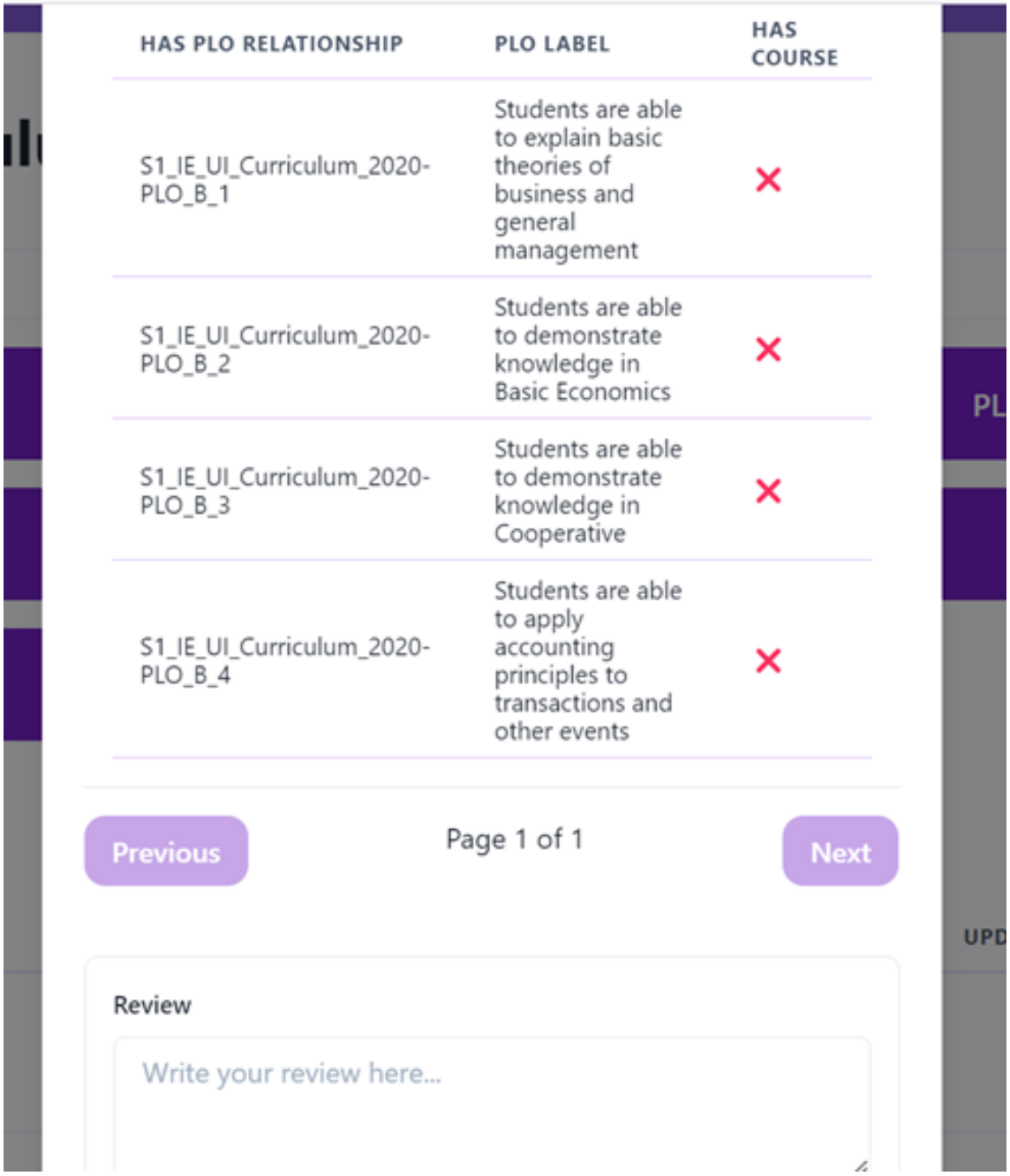
Gambar 5.6: Tampilan antarmuka aplikasi untuk *reviewer*

Di sisi lain, *reviewer* dapat menganalisis kurikulum yang diupload oleh kaprodi melalui antarmuka aplikasi. Sebagai contoh pada Gambar 5.6, *reviewer* ingin menganalisis dokumen kurikulum prodi S1 Ilmu Ekonomi tahun 2020 melalui *dropdown* yang disediakan. *Reviewer* mendapatkan sejumlah menu sesuai item dalam kurikulum yang perlu dianalisisnya.



Gambar 5.7: Contoh tampilan antarmuka aplikasi ketika *reviewer* menganalisis PLO

Kemudian *reviewer* memilih salah satu komponen yang akan dianalisis.sebagai contoh PLO dan akan muncul tampilan seperti Gambar 5.7. *Reviewer* mengisi hasil analisisnya dan mengisi rating untuk komponen tersebut. Contoh lain adalah komponen PLO to Course Mapping, yaitu pemetaan antara PLO ke mata kuliah yang dapat dilihat pada Gambar 5.8. Pada contoh tersebut teridentifikasi bahwa PLO tidak dipetakan ke mata kuliah apapun. Hal ini akan memudahkan reviewer untuk memberikan penilaiannya.



HAS PLO RELATIONSHIP	PLO LABEL	HAS COURSE
S1_IE_UI_Curriculum_2020-PLO_B_1	Students are able to explain basic theories of business and general management	✕
S1_IE_UI_Curriculum_2020-PLO_B_2	Students are able to demonstrate knowledge in Basic Economics	✕
S1_IE_UI_Curriculum_2020-PLO_B_3	Students are able to demonstrate knowledge in Cooperative	✕
S1_IE_UI_Curriculum_2020-PLO_B_4	Students are able to apply accounting principles to transactions and other events	✕

Previous Page 1 of 1 Next

Review

Write your review here...

Gambar 5.8: Contoh tampilan antarmuka aplikasi ketika *reviewer* menganalisis pemetaan PLO ke mata kuliah

BAB 6
EVALUASI, DISKUSI DAN IMPLIKASI PENELITIAN

Bab ini berisi evaluasi, diskusi, dan analisis implikasi dari ontologi pemodelan kurikulum berbasis OBE yang telah dikembangkan. Evaluasi bertujuan untuk mengukur sejauh mana ontologi ini mampu memenuhi tujuan awal, yaitu menyediakan kerangka kerja yang terstruktur dan semantik untuk representasi kurikulum OBE dan dapat membantu reviewer kurikulum.

Diskusi dalam bab ini mencakup temuan-temuan yang diperoleh selama proses evaluasi, termasuk kekuatan, keterbatasan, dan potensi perbaikan ontologi. Selanjutnya, implikasi penelitian dijabarkan untuk menyoroti dampak praktis dan teoritis dari pengembangan ontologi ini, baik dalam konteks desain kurikulum maupun dalam mendukung implementasi OBE secara lebih luas.

6.1 Evaluasi Ontologi OBC-ONTO

Pada penelitian ini, pelaksanaan evaluasi mengadaptasi metode FOCA yang menggunakan kerangka Goal/Question/Metric yang dijelaskan pada Tabel 3.2, dengan sebagian aspek dilakukan oleh peneliti dan aspek lainnya dilakukan oleh pakar dalam domain OBE. Adaptasi ini dilakukan karena belum mendapatkan pakar yang bisa mengevaluasi berdasarkan seluruh pertanyaan dalam OBE, yakni pakar yang memahami domain masalah sekaligus memahami aspek implementasi teknis dari ontologi. Pengaturan evaluator ini dijelaskan pada Tabel 6.1 .

Hasil evaluasi disampaikan pada bagian selanjutnya.

6.1.1 Evaluasi aspek *Consistency, Conciseness, Computational Efficiency* Ontologi OBC-Onto pada Protege

Protege menyediakan beberapa *reasoner* untuk memeriksa kebenaran dan konsistensi dari ontologi. Evaluasi yang dilakukan pada Protege menjawab empat pertanyaan dan tiga metrik, yakni:

- Q7. Apakah ada aksioma yang bertentangan? (*consistency*)

Tabel 6.1: Evaluator Ontologi OBC-ONTO

Pertanyaan	**Kriteria**	**Evaluator**
Q1	*completeness*	pakar domain
Q2	*completeness*	pakar domain
Q3	*adaptability*	peneliti
Q4	*conciseness*	peneliti dan pakar domain
Q5	*conciseness*	tidak relevan untuk penelitian ini
Q6	*consistency*	pakar domain
Q7	*consistency*	peneliti
Q8	*conciseness*	peneliti
Q9	*computational efficiency*	peneliti
Q10	*computational efficiency*	peneliti
Q11	*clarity*	pakar domain
Q12	*clarity*	pakar domain
Q13	*clarity*	pakar domain

- Q8. Apakah ada aksioma yang *redundant*? (*conciseness*)
- Q9. Apakah reasoner mendeteksi kesalahan pemodelan? (*computational efficiency*)
- Q10. Apakah reasoner bekerja dengan cepat? (*computational efficiency*)

Peneliti menggunakan *reasoner* Pellet dan HermiT dan mendapatkan bahwa ontologi konsisten dan tidak mengandung kesalahan. Proses *reasoning* berlangsung dalam waktu yang cepat. Ketika *instance* yang dimasukkan berupa kurikulum satu program studi, lama waktu *reasoning* ditunjukkan oleh Gambar 6.1.

```
INFO  13:47:39  ------------------------------ Running Reasoner ------------------------------
INFO  13:47:39  Pre-computing inferences:
INFO  13:47:39      - class hierarchy
INFO  13:47:39      - object property hierarchy
INFO  13:47:39      - data property hierarchy
INFO  13:47:39      - class assertions
INFO  13:47:39      - object property assertions
INFO  13:47:39      - same individuals
INFO  13:47:40  Ontologies processed in 450 ms by Pellet
INFO  13:47:40
INFO  13:50:26  ------------------------------ Running Reasoner ------------------------------
INFO  13:50:27  Pre-computing inferences:
INFO  13:50:27      - class hierarchy
INFO  13:50:27      - object property hierarchy
INFO  13:50:27      - data property hierarchy
INFO  13:50:27      - class assertions
INFO  13:50:27      - object property assertions
INFO  13:50:27      - same individuals
INFO  13:50:27  Ontologies processed in 874 ms by HermiT
INFO  13:50:27
```

Gambar 6.1: *Reasoning* pada Protege dengan menggunakan Pellet dan HermiT

6.1.2 Evaluasi aspek *Adaptability*

Yang dimaksud *adaptability* dalam metode FOCA adalah bahwa ontologi me-*reuse* ontologi relevan yang telah dikembangkan sebelumnya. OBC-ONTO mengadaptasi Chung dan Kim (2016) dalam mendefinisikan learning domain dan mengadaptasi S. K. Bansal dan Dalrymple (2016) dan dalam mendefinisikan CLO, meskipun tidak secara langsung mengimport ontologi tersebut karena hanya sedikit konsep dari ontologi tersebut yang diadaptasi dan tidak ada kode RDF yang dipublikasikan. OBC-ONTO juga *reuse* sejumlah ontologi fondasi yang umum digunakan ketika bekerja dengan OWL, seperti `rdf:<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>`, `owl:<http://www.w3.org/2002/07/owl#>`, `rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>`, `xsd:<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>`.

6.1.3 Evaluasi aspek *Minimal Ontological Commitment*

Dalam metode FOCA, *application ontology* perlu memenuhi sifat *minimal ontological commitment*, berkebalikan domain ontology atau task ontology yang perlu memenuhi *maximal ontological commitment*. OBC-Onto memenuhi prinsip *minimum ontological commitment*, yakni hanya konsep dan relasi yang esensial untuk merepresentasikan domain kurikulum yang dimasukkan ke dalam ontologi. Dengan pendekatan ini, ontologi memastikan kesederhanaan dan fokus pada elemen-elemen inti seperti PLO, SubPLO,

CLO, Course serta elemen-elemen inti dalam kurikulum perguruan tinggi yang menjadi obyek analisis dari *reviewer* kurikulum. Desain ini memungkinkan ontologi tetap ringan, mudah diintegrasikan, dan tidak bergantung pada asumsi yang tidak perlu, sehingga dapat diadopsi oleh berbagai institusi pendidikan tanpa konflik dengan struktur kurikulum atau model pembelajaran yang berbeda.

Selanjutnya disajikan evaluasi berupa jawaban dari *competency questions*.

6.1.4 Evaluasi Jawaban *Competency Questions*

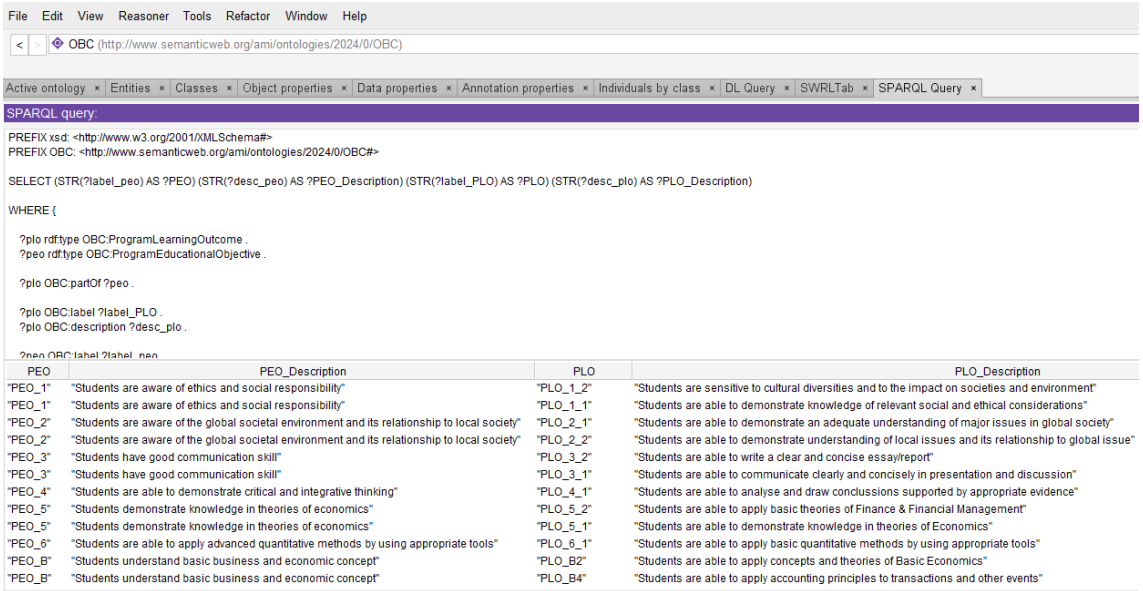
Mengevaluasi ontologi dengan menjawab *competency questions* (CQs) sangat penting karena CQs membantu memastikan bahwa ontologi memenuhi tujuan yang dimaksudkan. Dalam penelitian ini, semua CQs yang dirinci pada Tabel 4.5 berhasil dijawab melalui implementasi SPARQL di Protégé. Di sini diberikan dua contoh kueri SPARQL untuk menjawab dua CQs, sedangkan hasil selengkapnya dapat dibaca pada Lampiran 2 pada dokumen disertasi.

Kode 6.2 merupakan kueri untuk mendapatkan jawaban dari CQ8 tentang pemetaan antara PEO dan PLO. Contoh jawaban dari kueri ini ditunjukkan pada Gambar 6.2. Pemetaan ini membantu *reviewer* kurikulum dalam memverifikasi apakah PLO yang dirumuskan oleh program studi sesuai dengan PEO-nya. Peninjau kurikulum dapat memahami apakah setiap PEO telah dipetakan ke PLO yang sesuai dan apakah semua PLO terkait dengan PEO yang relevan. *Reviewer* kemudian dapat fokus pada penilaian apakah setiap pemetaan PLO-PEO secara substantif telah sesuai.

```
1  PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2  PREFIX OBC: <http://www.semanticweb.org/ami/ontologies/2024/0/OBC#>
3
4  SELECT (STR(?label_peo) AS ?PEO) (STR(?desc_peo) AS ?PEO_Description)
5  (STR(?label_PLO) AS ?PLO) (STR(?desc_plo) AS ?PLO_Description)
6
7  WHERE {
8
9      ?plo rdf:type OBC:ProgramLearningOutcome .
10     ?peo rdf:type OBC:ProgramEducationalObjective .
11
12     ?plo OBC:partOf ?peo .
13
14     ?plo OBC:label ?label_PLO .
15     ?plo OBC:description ?desc_plo .
16
17     ?peo OBC:label ?label_peo .
18     ?peo OBC:description ?desc_peo .
```

```
}
ORDER BY ?label_peo
```

Kode 6.1: Kueri SPARQL untuk menjawab *competency question* Q8



PEO	PEO_Description	PLO	PLO_Description
"PEO_1"	"Students are aware of ethics and social responsibility"	"PLO_1_2"	"Students are sensitive to cultural diversities and to the impact on societies and environment"
"PEO_1"	"Students are aware of ethics and social responsibility"	"PLO_1_1"	"Students are able to demonstrate knowledge of relevant social and ethical considerations"
"PEO_2"	"Students are aware of the global societal environment and its relationship to local society"	"PLO_2_1"	"Students are able to demonstrate an adequate understanding of major issues in global society"
"PEO_2"	"Students are aware of the global societal environment and its relationship to local society"	"PLO_2_2"	"Students are able to demonstrate understanding of local issues and its relationship to global issue"
"PEO_3"	"Students have good communication skill"	"PLO_3_2"	"Students are able to write a clear and concise essay/report"
"PEO_3"	"Students have good communication skill"	"PLO_3_1"	"Students are able to communicate clearly and concisely in presentation and discussion"
"PEO_4"	"Students are able to demonstrate critical and integrative thinking"	"PLO_4_1"	"Students are able to analyse and draw conclussions supported by appropriate evidence"
"PEO_5"	"Students demonstrate knowledge in theories of economics"	"PLO_5_2"	"Students are able to apply basic theories of Finance & Financial Management"
"PEO_5"	"Students demonstrate knowledge in theories of economics"	"PLO_5_1"	"Students are able to demonstrate knowledge in theories of Economics"
"PEO_6"	"Students are able to apply advanced quantitative methods by using appropriate tools"	"PLO_6_1"	"Students are able to apply basic quantitative methods by using appropriate tools"
"PEO_B"	"Students understand basic business and economic concept"	"PLO_B2"	"Students are able to apply concepts and theories of Basic Economics"
"PEO_B"	"Students understand basic business and economic concept"	"PLO_B4"	"Students are able to apply accounting principles to transactions and other events"

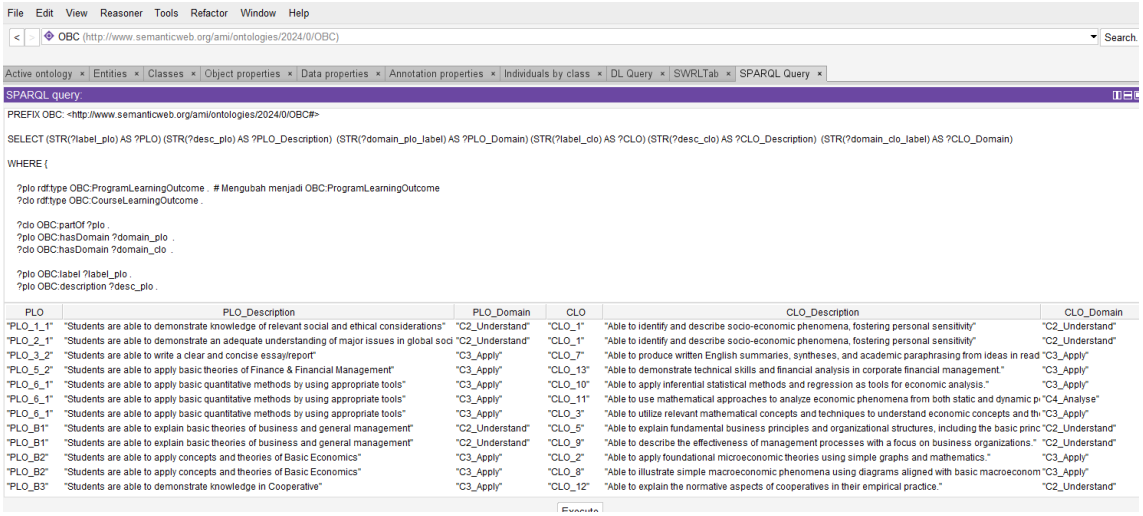
Gambar 6.2: Jawaban *competency question* Q8 tentang pemetaan PEO ke PLO

Kueri SPARQL untuk menjawab pertanyaan CQ14 ditunjukkan pada Kode code:sparqlCQ14. Contoh hasilnya disajikan pada Gambar 6.3, yang menunjukkan pemetaan antara PLO dan CLO. Informasi terstruktur yang disediakan oleh ontologi sangat membantu *reviewer* dalam memastikan bahwa setiap PLO dipetakan secara akurat ke CLO yang sesuai, dan sebaliknya. Program sarjana biasanya memiliki sejumlah besar CLO (seringkali lebih dari 50 CLO), sehingga tugas untuk menganalisisnya menjadi lebih mudah melalui penggunaan ontologi. *Reviewer* dapat fokus pada verifikasi bahwa baik PLO maupun CLO berada dalam domain pembelajaran yang benar dan pada tingkat pembelajaran yang sesuai.

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX OBC: <http://www.semanticweb.org/ami/ontologies/2024/0/OBC#>

SELECT (STR(?label_plo) AS ?PLO) (STR(?desc_plo) AS ?PLO_Description)
(STR(?domain_plo_label) AS ?PLO_Domain) (STR(?label_clo) AS ?CLO)
(STR(?desc_clo) AS ?CLO_Description)  (STR(?domain_clo_label) AS ?CLO_Domain)

WHERE {

    ?plo rdf:type OBC:ProgramLearningOutcome .
    ?clo rdf:type OBC:CourseLearningOutcome .
```

```
12
13      ?clo OBC:partOf ?plo .
14      ?plo OBC:hasDomain ?domain_plo  .
15      ?clo OBC:hasDomain ?domain_clo  .
16
17      ?plo OBC:label ?label_plo .
18      ?plo OBC:description ?desc_plo .
19
20      ?domain_plo OBC:label ?domain_plo_label .
21
22      ?clo OBC:label ?label_clo .
23      ?clo OBC:description_eng ?desc_clo .
24
25      ?domain_clo OBC:label ?domain_clo_label .
26  }
27
28  ORDER BY ?label_plo
```

Kode 6.2: Kueri SPARQL untuk menjawab *competency question* Q14



PLO	PLO_Description	PLO_Domain	CLO	CLO_Description	CLO_Domain
"PLO_1_1"	"Students are able to demonstrate knowledge of relevant social and ethical considerations"	"C2_Understand"	"CLO_1"	"Able to identify and describe socio-economic phenomena, fostering personal sensitivity"	"C2_Understand"
"PLO_2_1"	"Students are able to demonstrate an adequate understanding of major issues in global soci	"C2_Understand"	"CLO_1"	"Able to identify and describe socio-economic phenomena, fostering personal sensitivity"	"C2_Understand"
"PLO_3_2"	"Students are able to write a clear and concise essay/report"	"C3_Apply"	"CLO_7"	"Able to produce written English summaries, syntheses, and academic paraphrasing from ideas in read	"C3_Apply"
"PLO_5_2"	"Students are able to apply basic theories of Finance & Financial Management"	"C3_Apply"	"CLO_13"	"Able to demonstrate technical skills and financial analysis in corporate financial management."	"C3_Apply"
"PLO_6_1"	"Students are able to apply basic quantitative methods by using appropriate tools"	"C3_Apply"	"CLO_10"	"Able to apply inferential statistical methods and regression as tools for economic analysis."	"C3_Apply"
"PLO_6_1"	"Students are able to apply basic quantitative methods by using appropriate tools"	"C3_Apply"	"CLO_11"	"Able to use mathematical approaches to analyze economic phenomena from both static and dynamic p	"C4_Analyse"
"PLO_6_1"	"Students are able to apply basic quantitative methods by using appropriate tools"	"C3_Apply"	"CLO_3"	"Able to utilize relevant mathematical concepts and techniques to understand economic concepts and th	"C3_Apply"
"PLO_B1"	"Students are able to explain basic theories of business and general management"	"C2_Understand"	"CLO_5"	"Able to explain fundamental business principles and organizational structures, including the basic princ	"C2_Understand"
"PLO_B1"	"Students are able to explain basic theories of business and general management"	"C2_Understand"	"CLO_9"	"Able to describe the effectiveness of management processes with a focus on business organizations."	"C2_Understand"
"PLO_B2"	"Students are able to apply concepts and theories of Basic Economics"	"C3_Apply"	"CLO_2"	"Able to apply foundational microeconomic theories using simple graphs and mathematics."	"C3_Apply"
"PLO_B2"	"Students are able to apply concepts and theories of Basic Economics"	"C3_Apply"	"CLO_8"	"Able to illustrate simple macroeconomic phenomena using diagrams aligned with basic macroeconom	"C3_Apply"
"PLO_B3"	"Students are able to demonstrate knowledge in Cooperative"	"C3_Apply"	"CLO_12"	"Able to explain the normative aspects of cooperatives in their empirical practice."	"C2_Understand"

Gambar 6.3: Jawaban *competency question* Q14 tentang pemetaan PLO ke CLO

Dengan menjawab semua pertanyaan kompetensi (CQs), ontologi ini menunjukkan kemampuannya untuk memenuhi tujuan utamanya: memberikan dukungan analitis yang efisien bagi peninjau kurikulum dalam menilai desain kurikulum. Menjawab CQs memastikan bahwa ontologi tidak hanya mencakup informasi yang diperlukan tetapi juga menawarkan kerangka kerja terstruktur untuk mengevaluasi apakah komponen kurikulum memenuhi standar yang diharapkan. Selanjutnya dijelaskan evaluasi yang dilakukan oleh pakar.

6.1.5 Evaluasi oleh Pakar

Sebagaimana penjabaran pada Tabel 6.1, pakar domain akan mengevaluasi pertanyaan Q1, Q2 yang terkait kriteria completeness, pertanyaan Q4 terakit aspek conciseness, aspek Q6 terkait kriteria consistency, serta pertanyaan Q11, Q12 dan Q13 terkait aspek clarity. Untuk memudahkan proses evaluasi dari pakar, peneliti menjabarkan pertanyaan-pertanyaan ini dalam bentuk yang lebih detil, sebagaimana diberikan pada Tabel 6.2

Tabel 6.2: Rumusan Butir Evaluasi untuk Pakar Domain

Pertanyaan dari FOCA	**Rumusan Pertanyaan untuk Pakar Domain**
Q1. Apakah pertanyaan kompetensi telah didefinisikan? (metrik *completeness*)	P1. Apakah pertanyaan kompetensi mendukung tujuan pengembangan ontologi dalam membantu analisis rancangan kurikulum berbasis OBE?
	P3. Apakah ontologi ini mencakup semua elemen utama dari kurikulum berbasis OBE?
	P5. Apakah ada konsep penting atau hubungan yang hilang atau perlu ditambahkan?
Q2. Apakah pertanyaan kompetensi telah dijawab?	P2. Apakah seluruh pertanyaan kompetensi untuk membantu analisis rancangan kurikulum berbasis OBE telah terjawab oleh ontologi ini?
Q4. Apakah ontologi menerapkan *minimal ontological commitment*?	P8. Apakah ada redundansi dalam definisi konsep atau properti yang perlu dihapus?
Q6. Apakah properti ontologi koheren dengan domain?	P4. Apakah hubungan antar konsep secara efektif merepresentasikan struktur kurikulum?
	P6. Apakah struktur ontologi konsisten dengan teori OBE?
	P7. Apakah ontologi ini memiliki struktur hierarkis yang logis dan mudah dipahami?
Q11. Apakah dokumentasi konsisten dengan pemodelan?	P10. Apakah dokumentasi ontologi ini lengkap dan jelas untuk menjelaskan semua komponen ontologi?
Q12. Apakah konsep-konsep ditulis dengan baik?	P9. Apakah kelas, properti objek, dan properti data dirumuskan dengan baik?
Q13. Apakah terdapat anotasi dalam ontologi yang menjelaskan definisi konsep?	P10. Apakah dokumentasi ontologi ini lengkap dan jelas untuk menjelaskan semua komponen ontologi?

Ada tiga pakar yang terlibat dalam evaluasi ontologi OBC-ONTO, sebagaimana dijelaskan pada Tabel6.3

Tabel 6.3: Profil Evaluator

Id	**Keahlian**	**Pengalaman**
Pakar1	Ilmu Ekonomi	Ahli dalam pengembangan kurikulum dan memiliki pengalaman sebagai reviewer kurikulum selama 15 tahun.
Pakar2	Teknik Sipil	Ahli dalam pengembangan kurikulum dan memiliki pengalaman sebagai reviewer kurikulum selama 10 tahun.
Pakar2	Informatika	Ketua program studi pada universitas swasta di Jakarta, memiliki pengalaman dalam penyusunan kurikulum berbais OBE selama 3 tahun.

Rentang skor untuk evaluasi ini adalah dari 0 (terburuk) hingga 10 (terbaik. Hasil evaluasi dari pakar domain disajikan dalam Tabel 6.4.

Tabel 6.4: Evaluasi OBC-ONTO oleh Pakar Domain

Pertanyaan	**Skor dari Pakar1**	**Skor dari Pakar2**	**Skor dari Pakar3**
P1. Apakah pertanyaan kompetensi mendukung tujuan pengembangan ontologi dalam membantu analisis desain kurikulum berbasis OBE?	10	10	10
P2. Apakah seluruh pertanyaan kompetensi untuk membantu analisis desain kurikulum berbasis OBE telah terjawab oleh ontologi ini?	10	10	10
P3. Apakah ontologi ini mencakup semua elemen utama dari kurikulum berbasis OBE?	10	10	10
P4. Apakah hubungan antar konsep secara efektif merepresentasikan struktur kurikulum?	10	10	10
P5. Apakah ada konsep penting atau hubungan yang hilang atau perlu ditambahkan?	Tidak	Tidak	Tidak
P6. Apakah struktur ontologi konsisten dengan teori OBE?	10	10	10
P7. Apakah ontologi ini memiliki struktur hierarkis yang logis dan mudah dipahami?	10	10	10
P8. Apakah ada redundansi dalam definisi konsep atau properti yang perlu dihapus?	Tidak	Tidak	Tidak
P9. Apakah kelas, properti objek, dan properti data dirumuskan dengan baik?	10	9	10
P10. Apakah dokumentasi ontologi ini lengkap dan jelas untuk menjelaskan semua komponen ontologi?	9	8	10

6.2 Diskusi

Dibandingkan dengan ontologi pemodelan kurikulum yang sudah ada, OBC-ONTO unik karena merupakan ontologi yang memiliki inovasi dalam memodelkan kurikulum dalam paradigma OBE, yang secara khusus dirancang untuk mendukung proses *review* rancangan kurikulum. Meskipun beberapa ontologi yang ada telah mengadopsi konsep capaian pembelajaran, mereka hanya menangkap sebagian kecil dari prinsip-prinsip OBE, karena tidak menjelaskan proses pengembangan capaian pembelajaran tersebut atau menyusunnya secara hierarkis dari tingkat program hingga ke tingkat yang paling rinci. OBC-ONTO telah mengimplementasikan prinsip-prinsip OBE yang diterapkan secara tepat pada tahap desain kurikulum.

Dalam OBE, penerapan prinsip *Clarity of Focus* dapat dievaluasi melalui beberapa aspek berikut:

- *Program Learning Outcomes* (PLO) harus dirumuskan berdasarkan berbagai referensi, termasuk kebutuhan ilmiah, kebutuhan industri, keselarasan dengan standar (seperti akreditasi atau konsorsium akademik), dan masukan dari pemangku kepentingan.
- Capaian pembelajaran harus didefinisikan secara jelas dan terukur, dengan menentukan domain pembelajaran dan tingkatnya.
- Capaian pembelajaran dalam desain kurikulum disusun pada berbagai tingkat, dari tingkat program studi hingga tingkat mata kuliah individual. (Pada tahap OBLT dan OBAE, capaian pembelajaran harus dijabarkan lebih lanjut hingga ke domain pembelajaran pada tingkat unit).

OBC-ONTO berhasil menciptakan kelas dan properti yang mendukung penerapan prinsip *Clarity of Focus*. CQ yang terkait dengan prinsip ini, khususnya Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q10, Q11, Q12, dan Q13, telah dijawab melalui eksekusi kueri SPARQL.

Prinsip *Backward design* dapat diperiksa dengan mekanisme berikut.

- Harus ada pemetaan logis dari setiap *Program Educational Objective* (PEO) ke *Program Learning Outcomes* (PLO).
- Setiap PLO harus dipetakan ke *Course Learning Outcomes* (CLO) dengan mempertimbangkan domain pembelajaran yang sesuai.

- Harus ditunjukkan bahwa setiap mata kuliah terkait dengan PLO dan CLO tertentu.

OBC-ONTO menyediakan model untuk memverifikasi prinsip ini, sebagaimana dibuktikan oleh jawaban terhadap *competency questions* Q9, Q10, Q14, dan Q15.

Prinsip *Expanded opportunity* dapat ditinjau melalui pemilihan aktivitas pembelajaran yang beragam dan penyediaan media serta teknologi yang sesuai untuk mendukung mahasiswa dalam mencapai capaian pembelajaran. Prinsip ini telah dimodelkan dalam OBC-ONTO dan ditunjukkan melalui jawaban terhadap *competency question* Q15.

Prinsip *High Expectation* dapat dievaluasi melalui pemilihan aktivitas pembelajaran yang dirancang oleh program studi. Peninjau dapat menilai apakah program studi mencakup aktivitas pembelajaran yang berorientasi pada mahasiswa dan mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi *higher-order thinking skills*. Prinsip ini juga dapat dievaluasi melalui metode asesmen yang dipilih oleh program studi. OBC-ONTO memodelkan prinsip ini, sebagaimana ditunjukkan oleh jawaban terhadap *competency question* Q15.

Perlu dicatat bahwa prinsip *Expanded Opportunity* dan *High expectations* hanya sedikit dieksplorasi pada tahap OBC, karena prinsip-prinsip tersebut lebih relevan untuk diterapkan pada tahap OBLT dan OBAE. Elemen-elemen yang dimodelkan pada tahap OBC merepresentasikan desain kurikulum secara keseluruhan, yang berada di bawah wewenang dan tanggung jawab program studi. Dosen akan memiliki kebebasan akademik untuk merancang komponen pengajaran secara rinci pada tahap OBLT dan OBAE. Demikian pula, prinsip *Constructive Alignment* yang diusulkan oleh Biggs dan Tang (2011), yang sering dikutip dalam implementasi OBE, lebih relevan untuk diterapkan pada tahap OBLT dan OBAE.

Dengan demikian, kita dapat melihat bahwa kesenjangan penelitian yang diidentifikasi selama tinjauan literatur, yaitu ketiadaan ontologi untuk memodelkan kurikulum yang mengimplementasikan prinsip-prinsip OBE, telah diatasi melalui pengembangan OBC-ONTO. Selain itu, dari evaluasi yang telah dilakukan, OBC-ONTO telah memenuhi metrik evaluasi dengan baik, dalam aspek kelengkapan, ketepatan, konsistensi, adaptabilitas, efisiensi komputasi dan kejelasan.

Pada penelitian ini juga telah diimplementasikan aturan validasi kurikulum dengan SHACL. Hal ini ditujukan untuk mengatasi keterbatasan *reasoning* pada ontologi berbasis *open world assumption* (OWA), dimana kebenaran suatu fakta yang tidak dinyatakan secara eksplisit dianggap tidak diketahui, bukan salah. SHACL, sebagai bahasa validasi data RDF, telah melengkapi ontologi ini dengan kemampuan untuk mendefinisikan

dan memeriksa batasan untuk memastikan keselarasan struktur kurikulum secara lebih menyeluruh.

Di samping beberapa kekuatan yang telah disebutkan, terdapat beberapa aspek yang perlu dikembangkan:

- Dari masukan pakar domain, terdapat kebutuhan untuk meningkatkan kejelasan dalam dokumentasi OBC-Onto, untuk memudahkan pengguna dalam memanfaatkan ontologi ini.

- Prototipe aplikasi *Semantic Web* untuk mendukung proses *review* kurikulum berbasis OBE telah berhasil dikembangkan dan memiliki fitur-fitur dasar untuk membantu *reviewer*. Jika akan dimanfaatkan dalam skala operasional, prototipe ini perlu dikembangkan lebih lanjut dengan menerapkan aturan-aturan validasi sebagaimana yang diiimplementasikan dengan SHACL.

6.3 Implikasi Penelitian

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa implikasi teoritis, sebagai berikut:

1. Penelitian ini memperkaya bidang ilmu komputer dalam pengembangan ontologi formal, dengan membangun model yang mempu merepresentasikan domain permasalahan dan mampu menangkap relasi hirarkis dan kompleks. Ontologi ini menunjukkan bahwa prinsip-prinsip konseptual seperti *Clarity of Focus* dan *Backward Design* dapat diterjemahkan ke dalam representasi formal.

2. OBC-ONTO berkontribusi pada pengembangan sistem berbasis pengetahuan (*knowledge-based system*). Dengan ontologi ini, sistem dapat melakukan analisis otomatis terhadap struktur kurikulum, memastikan konsistensi, dan mengidentifikasi ketidaksesuaian antara elemen-elemen kurikulum.

Selain implikasi teoritis, penelitian ini memberikan implikasi praktis antara lain:

1. OBC-ONTO memfasilitasi *reviewer* kurikulum untuk mengevaluasi kesesuaian rancangan kurikulum dengan prinsip-prinsip OBE. Prototipe aplikasi Semantic Web yang dikembangkan berdasarkan OBC-ONTO menawarkan alat bantu praktis bagi institusi pendidikan tinggi. Dengan antarmuka yang ramah pengguna dan kemampuan *reasoning* otomatis, aplikasi ini dapat mempercepat proses evaluasi

kurikulum, mengurangi kesalahan manual, dan memberikan rekomendasi berbasis data untuk perbaikan kurikulum.

2. Ontologi ini juga dapat berfungsi sebagai panduan bagi tim pengembang kurikulum dalam menyusun komponen kurikulum. Dengan representasi formal yang disediakan oleh OBC-ONTO, pengembang kurikulum dapat memastikan bahwa setiap elemen kurikulum mencerminkan prinsip-prinsip OBE, termasuk pencapaian *learning outcomes* yang diharapkan.

3. Penggunaan basis data graf seperti GraphDB dan framework pengembangan seperti Django dalam implementasi aplikasi menunjukkan bahwa sistem ini dapat diintegrasikan dengan infrastruktur TI yang ada di institusi pendidikan. Hal ini membuka peluang untuk penggunaan OBC-ONTO dalam skala operasional yang lebih luas.

BAB 7
PENUTUP

Bab ini menyajikan rangkuman hasil penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan kesimpulan untuk menjawab pertanyaan penelitian utama. Selain itu, bab ini membahas kontribusi penelitian terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan aplikasi praktis dalam konteks pengelolaan kurikulum pada perguruan tinggi. Pada bagian akhir, disampaikan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut penelitian ini di masa mendatang.

7.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan ontologi yang mampu memodelkan *Outcome-Based Curriculum* (OBC) pada program studi di perguruan tinggi. Berdasarkan tujuan tersebut, penelitian ini berhasil menciptakan OBC-ONTO, sebuah ontologi berbasis Web Ontology Language (OWL) dengan struktur formal yang merepresentasikan elemen-elemen utama dalam kurikulum perguruan tinggi yang menerapkan OBE. OBC-ONTO memiliki spesifikasi sebagai *light-weight application ontology*.

OBC-ONTO dirancang untuk mendukung tugas *reviewer* kurikulum dengan menyediakan struktur konseptual yang membantu menganalisis dan memvalidasi kesesuaian kurikulum dengan prinsip-prinsip dasar OBE, yang meliputi *clarity of focus, backward design, expanded opportunities*, dan *high expectations*. Prototipe aplikasi berbasis *Semantic Web* yang dikembangkan dari ontologi ini memperkuat manfaat penelitian dengan menyediakan alat yang memudahkan integrasi dan pengelolaan data kurikulum. Aplikasi ini memungkinkan proses *reasoning* untuk mendukung analisis lebih mendalam terhadap struktur kurikulum dan memastikan bahwa elemen-elemen kurikulum saling terhubung secara konsisten.

Penelitian ini berangkat dari tiga pertanyaan utama yang terkait dengan pengembangan ontologi untuk memodelkan kurikulum berbasis OBE. Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan berikut dapat disampaikan:

1. Bagaimana mengembangkan ontologi untuk memodelkan kurikulum pada perguruan tinggi yang menerapkan paradigma OBE, dengan ontologi yang mampu mem-

bantu *reviewer* untuk memeriksa kurikulum?

Penelitian ini berhasil mengembangkan ontologi bernama OBC-ONTO. Ontologi ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan praktis reviewer kurikulum dengan menyediakan alat analisis yang mampu mengevaluasi kesesuaian rancangan kurikulum terhadap prinsip-prinsip OBE. Proses pengembangan ontologi mencakup analisis domain yang mendalam, enumerasi kosa kata, definisi kelas dan properti, serta penerapan aksioma semantik untuk menjamin konsistensi dan validitas ontologi.

Pengembangan ontologi yang termasuk ke dalam *application ontology* diawali dengan analisis yang mendalam dari domain masalah dan penyusunan rumusan *competency questions*. *Competency questions* merepresentasikan skenario yang dilakukan oleh pengguna dalam melakukan pekerjaan yang akan didukung oleh ontologi. Hasil analisis domain dan *competency questions* menjadi panduan dalam penyusunan komponen-komponen ontologi. Implementasi ontologi dilakukan dengan bahasa OWL pada editor Protege, yang sekaligus memiliki *reasoner* seperti Pellet dan HermiT untuk melakukan pemeriksaan kebenaran dan konsistensi ontologi.

Selain proses *reasoning*, ontologi perlu dilengkapi dengan validasi untuk menerapkan aturan spesifik. SHACL, bahasa yang direkomendasikan oleh W3C dapat digunakan untuk menuliskan aturan validasi. Pengembangan ontologi diakhiri dengan evaluasi dengan metode FOCA (*Framework for Ontology Conformance Analysis*), untuk menujukkan bahwa ontologi memenuhi metrik kualitas utama yaitu*completeness, consistency, conciseness, adaptability, computational efficiency* dan *clarity*.

2. Apa saja komponen ontologi *Outcome-Based Curriculum*, dan bagaimana komponen-komponen ini diturunkan dari berbagai sumber yang relevan?

   Application ontology perlu memenuhi sifat *minimal ontological commitment*, sehingga kosenp yang tercakup dalam ontologi hanyalah konsep-konsep yang relevan dengan ruang lingkup pengembangan ontologi. OBC-ONTO terdiri dari beberapa konsep utama seperti Program Educational Objectives (PEO), Program Learning Outcomes (PLO), Course Learning Outcomes (CLO), curriculum reference, course (mata kuliah), subject matters (bahan kajian), learning activity (aktivitas pembelajaran), assessment (penilaian), media or tech (media atau teknologi), dan perfor-

mance indicator (indikator kinerja). Selain konsep yang membentuk kelas, komponen lain dalam ontologi meliputi properti objek atau relasi, properti data atau atribut, aksioma dan aturan.

Komponen-komponen ini diturunkan dari pedoman penyusunan kurikulum nasional, pedoman penyusunan kurikulum universitas khususnya UI, dokumen-dokumen kurikulum OBE yang telah dikembangkan dari jenjang diploma, sarjana dan magister, pedoman kerja *reviewer* kurikulum, dan diselaraskan dengan prinsip-prinsip OBE yang meliputi *clarity of focus, backward design, expanded opportunities, high expectations*. Proses derivasi komponen melibatkan analisis literatur dan konsultasi dengan ahli di bidang kurikulum untuk memastikan kesesuaian dengan praktik penyusunan dan analisis kurikulum di perguruan tinggi.

3. Bagaimana komponen-komponen pada *Outcome-Based Curriculum* saling terhubung?

   Komponen-komponen pada OBC-ONTO dirancang dengan struktur semantik yang merepresentasikan hubungan antar elemen kurikulum secara eksplisit dengan menggunakan *Description logics*, yang memberikan kerangka formal untuk merepresentasikan dan menyimpulkan hubungan antar elemen kurikulum.

   Hubungan antar konsep diatur melalui properti objek yang menghubungkan elemen-elemen seperti PEO, PLO, dan CLO, serta melalui properti data yang merepresentasikan atribut yang menjadi karakteristis setiap konsep. Sebagai contoh, PEO terhubung dengan PLO melalui properti objek yang menunjukkan bagaimana tujuan program mendasari capaian pembelajaran lulusan. Selanjutnya, PLO dipetakan ke CLO untuk menunjukkan kontribusi spesifik setiap mata kuliah dalam mencapai capaian pembelajaran program.

   Ontologi ini juga memanfaatkan *reasoning* untuk memastikan konsistensi hubungan antar komponen. Dengan *reasoning* berbasis aksioma, dapat dijamin bahwa kebenaran dan konsistensi komponen-komponen dalam ontologi tercapai. OBC-ONTO memungkinkan *reviewer* kurikulum untuk mendeteksi ketidaksesuaian atau kesenjangan dalam rancangan kurikulum, seperti apakah CLO mendukung PLO dengan cara yang terukur dan dapat diverifikasi.

7.2 Kontribusi Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam aspek teoritis dan aspek praktis, yang meliputi:

1. Penelitian ini berkontribusi pada perkembangan ilmu komputer dan kecerdasan buatan (AI) melalui pengembangan OBC-ONTO, sebuah ontologi yang diimplementasikan dengan *Web Ontology Language* (OWL) yang berbasis *Description logics*. Ontologi ini memperluas aplikasi AI simbolik dalam domain pendidikan, khususnya dalam memodelkan kurikulum berbasis OBE. Dengan menyediakan kerangka konseptual yang formal dan mendukung *reasoning* otomatis, penelitian ini menunjukkan bagaimana konsep logika dan teknologi semantik dapat diterapkan untuk menyelesaikan masalah kompleks seperti pemodelan kurikulum pergutuan tinggi.

2. Penelitian ini menghasilkan prototipe aplikasi berbasis *Semantic Web* yang membantu *reviewer* kurikulum perguruan tinggi untuk menganalisis kesesuaian rancangan kurikulum dengan prinsip-prinsip OBE. Aplikasi ini memberikan alat praktis untuk mendeteksi ketidaksesuaian antar elemen kurikulum seperti PEO, PLO, dan CLO, serta memastikan keterpaduan desain kurikulum dengan standar nasional atau referensi kurikulum. Dengan alat ini, perguruan tinggi dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses manajemen kurikulum.

7.3 Saran

Penelitian ini dapat diperluas dengan mengembangkan ontologi untuk mencakup fase berikutnya dari siklus pendidikan, yakni *Outcome-Based Learning and Teaching* (OBLT) dan *Outcome-Based Assessment and Evaluation* (OBAE). Pengembangan ini akan memungkinkan pendekatan holistik untuk pengembangan dan pengelolaan kurikulum dalam siklus lengkap PDCA (*Plan, Do, Check, Act*).

Penelitian ini juga berpotensi mendorong penelitian lanjutan, seperti penerapan teknik-teknik NLP (*Natural Language Processing*) untuk proses pemetaan otomatis dari dokumen rancangan kurikulum ke struktur ontologi. Hal ini dapat mengurangi kebutuhan input manual, meningkatkan efisiensi, serta membuka peluang untuk integrasi sistem berbasis AI dalam analisis dan pengelolaan data kurikulum yang lebih kompleks.

DAFTAR REFERENSI

Aksenov, A., Borisov, V., Shadrin, D., Porubov, A., Kotegova, A., & Sozykin, A. (2020). Competencies ontology for the analysis of educational programs. In *2020 ural symposium on biomedical engineering, radioelectronics and information technology (usbereit)* (pp. 368–371).

Alsanad, A. A., Chikh, A., & Mirza, A. (2019). A domain ontology for software requirements change management in global software development environment. *IEEE Access*, *7*, 49352–49361.

Ameen, A., Khan, K. U. R., & Rani, B. P. (2012). Creation of ontology in education domain. In *2012 ieee fourth international conference on technology for education* (pp. 237–238).

Aminah, S., Hidayanto, A. N., & Krisnadhi, A. A. (2024). Exploring ontologies for curriculum in heis: A systematic review of existing frameworks in curriculum design, teaching & learning, and assessment as potential foundations for outcome-based education ontology development. *International Journal of Innovation and Learning*. (Manuscript submitted for publication)

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of bloom's taxonomy of educational objectives: complete edition*. Addison Wesley Longman, Inc.

Baader, F., Horrocks, I., Lutz, C., & Sattler, U. (2017). *Introduction to description logic*. Cambridge University Press.

Bandeira, J., Bittencourt, I. I., Espinheira, P., & Isotani, S. (2016). Foca: A methodology for ontology evaluation. *arXiv preprint arXiv:1612.03353*.

Bansal, S., Gaffar, A., & Dalrymple, O. (2015). Building faculty expertise in outcome-based education curriculum design. In *2015 ieee frontiers in education conference (fie)* (pp. 1–8).

Bansal, S. K., & Dalrymple, O. (2016). Imod-ont: Towards an ontology for instructional module design. In *2016 ieee tenth international conference on semantic computing (icsc)* (p. 354-357). doi: 10.1109/ICSC.2016.98

Bergman, M. (2009). Advantages and myths of rdf. *AI3, April*.

Biggs, J. B., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Maidenhead, England: Open University Press.

Borst, W. N. (1997). Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse.

Bucos, M., Dragulescu, B., & Veltan, M. (2010). Designing a semantic web ontology for e-learning in higher education. In *2010 9th international symposium on electronics and telecommunications* (pp. 415–418).

Busse, J., Humm, B. G., Lübbert, C., Moelter, F., Reibold, A., Rewald, M., ... Zeh, T. (2015). Actually, what does "ontology" mean? *Journal of computing and information technology*, *23*(1), 29–41.

Bussemaker, M., Trokanas, N., & Cecelja, F. (2017). An ontological approach to chemical engineering curriculum development. *Computers & Chemical Engineering*, *106*, 927–941.

Butcher, C., Davies, C., & Highton, M. (2006). *Designing learning: From module outline to effective teaching*. London and New York: Routledge.

Castellanos-Nieves, D., Fernández-Breis, J. T., Valencia-García, R., Martínez-Béjar, R., & Iniesta-Moreno, M. (2011). Semantic web technologies for supporting learning assessment. *Information sciences*, *181*(9), 1517–1537.

Chimalakonda, S., & Nori, K. (2020). *An ontology based modeling framework for design of educational technologies. smart learn. environ. 7, 28 (2020)* (Vol. 7). Springer.

Chung, H., & Kim, J. (2016). An ontological approach for semantic modeling of curriculum and syllabus in higher education. *International Journal of Information and Education Technology*, *6*(5), 365.

Clemente, J., Yago, H., de Pedro-Carracedo, J., & Bueno, J. (2022). A proposal for an adaptive recommender system based on competences and ontologies. *Expert Systems with Applications*, *208*, 118171.

Direktorat Pengembangan Akademik dan Sumber Daya Pembelajaran UI. (2022). *Buku pedoman penyusunan kurikulum pendidikan tinggi universitas indonesia* (Edisi ke-3 ed.). Depok, Indonesia: Universitas Indonesia.

Ekaputra, F. J., & Lin, X. (2016). Shacl4p: Shacl constraints validation within protégé ontology editor. In *2016 international conference on data and software engineering (icodse)* (pp. 1–6).

El-Ghalayini, H. (2011). E-course ontology for developing e-learning courses. In *2011*

developments in e-systems engineering (pp. 245–249).

European Union. (2008, August). *The European Qualifications Framework for Lifelong Learning.* https://ehea.info/media.ehea.info/file/Framework_for_qualifications/69/0/EQF\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}LLL\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}2008_596690.pdf. (Brussels: European Commission, Education and Training)

Evain, N., Exposito, E., Gueye, M. L., & Arnould, P. (2024). Ontology-driven approach for competency-oriented and student-centered engineering education. In *2024 ieee global engineering education conference (educon)* (pp. 1–10).

Fazzinga, B., & Lukasiewicz, T. (2010). Semantic search on the web. *Semantic web*, *1*(1-2), 89–96.

Gagné, R. M. (1985). *Conditions of learning and theory of instruction*. New York, NY: Holt, Rinehart and Winston.

Gangemi, A., Catenacci, C., Ciaramita, M., & Lehmann, J. (2006). Modelling ontology evaluation and validation. In *European semantic web conference* (pp. 140–154).

Gómez-Pérez, A. (2001). Evaluation of ontologies. *International Journal of intelligent systems*, *16*(3), 391–409.

Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., & Corcho, O. (2006). *Ontological engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web*. Springer Science & Business Media.

Gruber, T. (2009). Ontology. In L. LIU & M. T. ÖZSU (Eds.), *Encyclopedia of database systems* (pp. 1963–1965). Boston, MA: Springer US. Diakses dari https://doi.org/10.1007/978-0-387-39940-9_1318 doi: 10.1007/978-0-387-39940-9_1318

Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, *5*(2), 199–220.

Guarino, N., Oberle, D., & Staab, S. (2009). What is an ontology? *Handbook on ontologies*, 1–17.

Gupta, S., & Sabitha, A. S. (2020). Designing ontology for massive open online courses using protege. In *2020 8th international conference on reliability, infocom technologies and optimization (trends and future directions)(icrito)* (pp. 403–406).

Harrison, A. (2017). *Skills, competencies and credentials*. Higher Education Quality

Council of Ontario Toronto.

Hedayati, M. H., & Mart, L. (2016). Ontology-driven modeling for the culturally-sensitive curriculum development: A case study in the context of vocational ict education in afghanistan. In *2016 3rd international conference on computing for sustainable global development (indiacom)* (pp. 928–932).

Hitzler, P., Krotzsch, M., & Rudolph, S. (2010). *Foundations of semantic web technologies*. Chapman and Hall/CRC.

Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., & van Harmelen, F. (2003). From shiq and rdf to owl: the making of a web ontology language. *Journal of Web Semantics*, *1*(1), 7-26. Diakses dari `https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570826803000027` doi: https://doi.org/10.1016/j.websem.2003.07.001

Huang, C.-Y., Chen, R.-C., & Chen, L.-S. (2013). Course-recommendation system based on ontology. In *2013 international conference on machine learning and cybernetics* (Vol. 3, pp. 1168–1173).

Ibrahim, M. E., Yang, Y., Ndzi, D. L., Yang, G., & Al-Maliki, M. (2018). Ontology-based personalized course recommendation framework. *IEEE Access*, *7*, 5180–5199.

Junaidi, A., et al. (2020). *Panduan penyusunan kurikulum perguruan tinggi*. Jakarta, Indonesia: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Karunananda, A. S., Rajakaruna, G. M., & Jayalal, S. (2012). Ontocd-ontological solution for curriculum development. In *International conference on advances in ict for emerging regions (icter2012)* (pp. 137–144).

Katis, E., Kondylakis, H., Agathangelos, G., & Vassilakis, K. (2018). Developing an ontology for curriculum and syllabus. In *The semantic web: Eswc 2018 satellite events: Eswc 2018 satellite events, heraklion, crete, greece, june 3-7, 2018, revised selected papers 15* (pp. 55–59).

Keet, C. M. (2018). An introduction to ontology engineering.

Kitchenham, B., & Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and software technology*, *55*(12), 2049–2075.

Knorr, M., Alferes, J. J., & Hitzler, P. (2011). Local closed world reasoning with description logics under the well-founded semantics. *Artificial Intelligence*, *175*(9-10), 1528–1554.

Lixun, W. (2011). Designing and implementing outcome-based learning in a linguistics course: a case study in hong kong. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *12*, 9-18. Diakses dari https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811000942 (INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATION AND EDUCATIONAL PSYCHOLOGY 2010) doi: https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.02.004

Lu, W., & Zhang, J. (2011). Construction of curriculum ontology aiming at educational service support: An ontology approach for knowledge-intensive service systems. In *2011 international joint conference on service sciences* (pp. 315–318).

Martinez-Cruz, C., Blanco, I. J., & Vila, M. A. (2012). Ontologies versus relational databases: are they so different? a comparison. *Artificial Intelligence Review*, *38*, 271–290.

Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2006). *The new taxonomy of educational objectives*. Corwin Press.

Milosz, M., Nazyrova, A., Mukanova, A., Bekmanova, G., Kuzin, D., & Aimicheva, G. (2024). Ontological approach for competency-based curriculum analysis. *Heliyon*, *10*(7).

Noy, N. F., McGuinness, D. L., et al. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology.* Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and . . . .

Obrst, L., Ceusters, W., Mani, I., Ray, S., & Smith, B. (2007). The evaluation of ontologies: Toward improved semantic interoperability. *Semantic web: Revolutionizing knowledge discovery in the life sciences*, 139–158.

Palombi, O., Jouanot, F., Nziengam, N., Omidvar-Tehrani, B., Rousset, M.-C., & Sanchez, A. (2019). Ontosides: Ontology-based student progress monitoring on the national evaluation system of french medical schools. *Artificial intelligence in medicine*, *96*, 59–67.

Pei, P., Xuejing, D., & Deqing, Z. (2020). Construction of curriculum knowledge map based on ontology. In *Proceedings of the 2020 2nd international conference on robotics, intelligent control and artificial intelligence* (pp. 259–265).

Peroni, S. (2016). Samod: an agile methodology for the development of ontologies. In *Proceedings of the 13th owl: Experiences and directions workshop and 5th owl reasoner evaluation workshop (owled-ore 2016)* (pp. 1–14).

Pierce, D., & Gray, D. (2013). Teaching in the three domains of learning: The taxonomies simplified for educational objectives, activities and outcomes. *Scotts Valley, CA: Create Space Independent Publications*.

Qadir, J., Shafi, A., Al-Fuqaha, A., Taha, A.-E. M., Yau, K.-L. A., Ponciano, J., ... Tan, B. L. (2020, June). Outcome-based (engineering) education (obe): International accreditation practices. In *2020 asee virtual annual conference content access.* Virtual On line: ASEE Conferences. (https://peer.asee.org/35020)

Ramesh, R., & Iyer, S. (2016). Integrating the learning objectives and syllabus into a domain ontology for data structures course. In *Proceedings of the 2016 acm conference on innovation and technology in computer science education* (pp. 266–271).

Rani, C. N. (2020). A study on outcome-based education–issues and challenges. *International Review of Business and Economics*, *4*(2), 54.

Rao, N. J. (2020). Outcome-based education: An outline. *Higher Education for the Future*, *7*(1), 5-21. Diakses dari `https://doi.org/10.1177/2347631119886418` doi: 10.1177/2347631119886418

Ratcliffe, D. (2018). Owl-miner: Concept induction in owl knowledge bases.

Reynolds, S., Pate, W. C., & Ochoa, O. (2023). An ontology and management system for learning outcomes and student mastery. In *2023 ieee frontiers in education conference (fie)* (pp. 1–5).

Santiago, P., Tremblay, K., Basri, E., Arnal, E., et al. (2008). *Tertiary education for the knowledge society* (Vol. 1). Oecd Paris.

Sarmiento, C., Duarte, O., Barrera, M., & Soto, R. (2016). Semi-automated academic tutor for the selection of learning paths in a curriculum: An ontology-based approach. In *2016 ieee 8th international conference on engineering education (iceed)* (pp. 223–228).

Sengupta, K., Krisnadhi, A. A., & Hitzler, P. (2011). Local closed world semantics: Grounded circumscription for owl. In *International semantic web conference* (pp. 617–632). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Spady, W. G. (1994). *Outcome-based education. critical issues and answers*. Arlington: American Association of School Administrators.

Studer, R., Benjamins, V. R., & Fensel, D. (1998). Knowledge engineering: Principles and methods. *Data & knowledge engineering*, *25*(1-2), 161–197.

Tapia-Leon, M., Aveiga, C., Chicaiza, J., & Suárez-Figueroa, M. C. (2019). Ontological model for the semantic description of syllabuses. In *Proceedings of the 9th international conference on information communication and management* (pp. 175–180).

Tim KKNI. (2015). *Paradigma Capaian Pembelajaran.* Direktorat Jendral Pembelajaran dan Kemahasiswaan. (Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Republik Indonesia)

Triperina, E., Sgouropoulou, C., & Tsolakidis, A. (2013). Academis: an ontology for representing academic activity and collaborations within heis. In *Proceedings of the 17th panhellenic conference on informatics* (pp. 264–271).

Tyler, R. W. (2013). Basic principles of curriculum and instruction. In *Curriculum studies reader e2* (pp. 60–68). Routledge.

Vrandečić, D. (2009). Ontology evaluation. In *Handbook on ontologies* (pp. 293–313). Springer.

Wang, Y., Wang, Z., Hu, X., Bai, T., Yang, S., & Huang, L. (2019). A courses ontology system for computer science education. In *2019 ieee international conference on computer science and educational informatization (csei)* (pp. 251–254).

Wani, U. I. (2020). Outcome based education (obe): A transition from traditional education system. *Insight: Journal 0f Applied research in Education,(25)*, *1*, 1–6.

Wibowo, A. (2024). A semantic knowledge graph approach to support outcome-based education system. In *2024 international seminar on intelligent technology and its applications (isitia)* (pp. 36–41).

Wong, W., Liu, W., & Bennamoun, M. (2012). Ontology learning from text: A look back and into the future. *ACM computing surveys (CSUR)*, *44*(4), 1–36.

Yusoff, Y. M., Fuaad, N. F. A., Yasin, R. B. M., & Tawil, N. M. (2014). Achievement of the program outcomes in outcomes-based education implementation-a meta-analysis. In *Proceedings of the 2014 international conference on industrial engineering and operations management* (pp. 1739–1749).

Zhou, Z., Goh, Y. M., & Shen, L. (2016). Overview and analysis of ontology studies supporting development of the construction industry. *Journal of Computing in Civil Engineering*, *30*(6), 04016026.

Zhu, Y., Wang, P., Fan, Y., & Chen, Y. (2017). Research of learning path recommendation algorithm based on knowledge graph. In *Proceedings of the 6th international conference on information engineering* (pp. 1–5).

Zouri, M., & Ferworn, A. (2021). An ontology-based approach for curriculum mapping in higher education. In *2021 ieee 11th annual computing and communication workshop and conference (ccwc)* (pp. 0141–0147).