

Sistem Rekomendasi Mata Kuliah Berbasis Ontologi Mata Kuliah dan *User Model*

R. Hatim Muhammad Amin¹, Dade Nurjanah, Ph.D²

^{1,2}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹hatimma@students.telkomuniversity.ac.id, ²dadenurjanah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Mata kuliah pilihan yang ada di S1 Informatika Telkom University sangat banyak. Hal ini menyebabkan mahasiswa sering bingung dalam menentukan mata kuliah pilihan apa yang harus mereka ambil. Pada penelitian kali ini, sebuah sistem rekomendasi untuk mata kuliah pilihan telah dibangun. Sistem yang dibangun menerapkan sebuah ontologi mata kuliah. Rekomendasi ditentukan berdasarkan peluang kecocokan mahasiswa tersebut dengan setiap mata kuliah pilihan berdasarkan nilai yang dimiliki mahasiswa tersebut pada mata kuliah *prerequisite*. Hasil dari penelitian memperlihatkan bahwa sistem yang dibangun dapat memberikan rekomendasi yang akurat, di indikasikan dengan akurasi yang tinggi, 90%.

Kata kunci : *Ontologi, User Model, Rekomendasi Mata Kuliah, Mata Kuliah prerequisite*

Abstract

There are many elective courses offered in bachelor program of informatics at Telkom University. This condition often causes students confused to determine which elective courses they need to take. In this final project, a recommender system for elective courses has been developed. The tool applies an ontology of courses. Recommendations are performed based on the ontology and students' grades on prerequisite courses. Recommendations is determined based on probabilities for student suitability with each elective subject based on student grades in a prerequisite course. The experiment results show the tool can give accurate recommendation, indicated by high accuracy, 90%.

Keywords: *Ontology, User Model, Course Recommendation System, Prerequisite Courses*

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Mata kuliah pilihan adalah suatu hal yang sangat penting saat ini. Tujuan dari disediakannya mata kuliah pilihan adalah agar mahasiswa dapat mendalami lebih lanjut mata kuliah yang memang diminati. Mata kuliah ini diharapkan dapat menunjang tugas akhir dan pekerjaan mahasiswa tersebut nantinya. Salah satu permasalahan yang sering dijumpai pada persoalan pemilihan mata kuliah pilihan adalah banyaknya mata kuliah pilihan yang disediakan, sehingga mahasiswa bingung dalam memilih mata kuliah yang memang cocok dengan mereka [1].

Sudah ada beberapa penelitian yang telah meneliti pemilihan mata kuliah. Persoalan ini pernah coba diselesaikan dengan algoritma genetika [2] dan menghasilkan akurasi yang tinggi. Metode yang digunakan adalah *collaborative filtering*, *content based filtering* dan *hybrid filtering*, tetapi penelitian ini memakan waktu yang lama dan tingkat kesulitan yang tinggi serta memerlukan data yang sangat banyak. Liu, Fang et. al. [3] menyelesaikan persoalan pemilihan mata kuliah dengan algoritma apriori. Kelebihan dari algoritma ini sendiri adalah data yang dibutuhkan tidak terlalu banyak dan juga tingkat kerumitan pengerjaan tidak serumit menggunakan pendekatan algoritma genetika. Namun, pengerjaan penelitian ini cukup memakan waktu karena data yang ada harus diekstrak dan dijadikan modul atau bagian-bagian terlebih dahulu dan dilakukannya pra-proses data yang cukup panjang.

Metode klasifikasi juga pernah digunakan menyelesaikan permasalahan ini [1]. Kelebihan pendekatan ini adalah dapat mengetahui minat mahasiswa berdasarkan *query* yang dimasukkan. Kelemahannya proses pengerjaan cukup lama karena data harus diolah dengan proses yang panjang serta apabila *query* tidak sesuai maka rekomendasi mata kuliah yang keluar adalah 0. Pendekatan logika *fuzzy* juga pernah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut [4]. Pendekatan *fuzzy* terbilang lebih mudah dibanding dengan metode-metode yang lain. Pendekatan ini memerlukan data yang banyak dan pembuatan aturan yang tepat agar menciptakan hasil yang akurat. Permasalahan ini juga pernah diselesaikan dengan berbasis ontologi [5]. Pendekatan tersebut tidak memerlukan data yang banyak dibanding dengan metode lainnya. Perancangan model yang tepat akan menentukan akurasi hasil akhir nantinya. Pada penelitian sebelumnya [5], peneliti hanya fokus terhadap mata kuliah yang pernah diambil tanpa memperhatikan nilai yang diperoleh. Pada penelitian tersebut sistem mampu memberikan rekomendasi mata kuliah yang diambil pada semester depan.

Perancangan ontologi dengan memperhatikan mata kuliah yang telah diambil serta nilai yang diperoleh mahasiswa sebagai *user model* dapat memberikan rekomendasi yang lebih tepat dengan kemampuan mahasiswa tersebut, karena nilai adalah sebuah indikator keberhasilan mahasiswa dalam menjalani mata kuliah.

Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang di atas, ontologi dapat menyelesaikan permasalahan tersebut dengan memperhatikan hubungan antar mata kuliah dan menghasilkan suatu rekomendasi mata kuliah untuk satu semester ke depan [5]. Rekomendasi tersebut menimbulkan suatu permasalahan, karena sistem rekomendasi belum memperhatikan nilai mahasiswa yang didapat dari mata kuliah yang telah diambil di mana mata kuliah tersebut menjadi mata kuliah prasyarat untuk mata kuliah yang akan direkomendasikan. Nilai mata kuliah prasyarat diharapkan dapat menentukan peluang keberhasilan mahasiswa dalam mengambil mata kuliah pilihan. Penelitian ini hanya berfokus pada pemberian rekomendasi mata kuliah berdasarkan mata kuliah dan nilai yang diperoleh mahasiswa dengan menggunakan model ontologi, dan penelitian ini hanya berfokus pada pemilihan mata kuliah pilihan S1 Informatika Telkom University tanpa memperhatikan semester dan tugas akhir mahasiswa. Dari permasalahan tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut : Bagaimana implementasi dan performansi rekomen mata kuliah dengan menggunakan model ontologi mata kuliah dan *user model*?

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sebuah sistem rekomen mata kuliah berbasis model ontologi dan menghitung hasil performansi dari sistem rekomendasi tersebut. Namun, hanya memperhatikan nilai dan mata kuliah yang telah diambil oleh mahasiswa sebagai *user model*, sehingga mampu memprediksi mata kuliah yang cocok dengan mahasiswa tersebut.

Organisasi Tulisan

Pada bab pertama, jurnal ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, serta tujuan dari penelitian ini. Pada bab kedua, dilanjutkan dengan membahas mengenai studi terkait yang berisi pengamatan terhadap penelitian terdahulu baik *paper* yang diterbitkan maupun lewat buku dengan topik yang terkait dengan permasalahan yang diangkat kedalam penelitian ini. Pada bab ketiga, dilakukan perancangan sistem menggunakan metode yang akan digunakan. Perancangan ini juga dilanjutkan dengan implementasi menggunakan data asli. Pada bab 4, dijelaskan hasil dari implementasi akan dianalisis. Pada bab 5, membahas kesimpulan dari penelitian ini juga saran yang diberikan terkait penelitian.

2. Studi Terkait

2.1 Ontologi Mata Kuliah

Penelitian ontologi saat ini sudah diterapkan di dunia pembelajaran. Pada penelitian sebelumnya ontologi pernah digunakan untuk membangun sebuah sistem rekomendasi mata kuliah berdasarkan mata kuliah yang pernah diambil sebelumnya [5]. Ontologi juga pernah digunakan sebagai bagian dari suatu arsitektur server di mana ontologi tersebut berfungsi untuk menentukan poin tengah dalam mengakses *content-level* metadata untuk seluruh konten yang sudah diberi indeks domain ontologi yang spesifik [6]. Ontologi juga pernah digunakan untuk menentukan judul dan bagian dari suatu mata kuliah [7]. Ontologi juga dapat membantu dalam pembuatan desain dari struktur material pengajaran [8]. Penggunaan ontologi dianggap mampu mempercepat proses desain material pengajaran, di mana ontologi mata kuliah dianggap mampu mendeskripsikan aturan hubungan antara topik mata kuliah dan ontologi konten mendeskripsikan antara objek pembelajaran pada sebuah material [8]. Pada penelitian ini ontologi digunakan untuk mendeskripsikan hubungan antara topik mata kuliah pilihan dengan mata kuliah prasyaratnya.

2.2 User Model

Penerapan *user model* (UM) pada sistem pemberian rekomendasi mata kuliah ini dapat membantu dalam pemrosesan jejak yang telah dilalui oleh mahasiswa [6]. Jejak mahasiswa yang diperhatikan pada penelitian ini adalah mata kuliah yang sudah diambil dan nilai yang diperoleh mahasiswa dari setiap mata kuliah tersebut. Penggunaan UM juga dapat meningkatkan keterkaitan hubungan antara mata kuliah yang telah dibuat [9], seperti ketika *user* telah lulus pada mata kuliah lain serta nilai mata kuliah tersebut telah keluar maka sistem dapat memberi rekomendasi mata kuliah lain yang sesuai dengan jejak *user* tersebut [9]. Pada penelitian ini sistem hanya akan memperhatikan karakteristik *knowledge* saja. Karakteristik tersebut hanya akan memperhatikan pengetahuan *user* [9]. Pada penelitian kali ini sistem tidak akan memperhatikan latar belakang keuangan *user* atau psikologi *user*.

2.3 Rekomendasi Mata Kuliah

Pemberian rekomendasi pada sebuah mata kuliah sekarang ini sedang marak dalam dunia penelitian [2]. Sudah ada beberapa penelitian yang telah meneliti persoalan rekomendasi mata kuliah sebelumnya. Pada bagian ini penulis mengulas metode berbeda yang pernah digunakan untuk membangun sebuah sistem rekomendasi mata kuliah seperti algoritma genetika [2], algoritma apriori [3], klasifikasi *query* [1], *fuzzy* [4], dan sistem berbasis ontologi [5] yang sudah pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Rekomendasi dengan algoritma genetika [2] dilakukan dengan memperhatikan informasi mahasiswa dan informasi mata kuliah sebagai parameternya, seperti mata kuliah yang telah diambil dan nilai yang diperoleh. Pendekatan dilakukan dari sisi “*Collaborative Filtering*” (CF), “*Content Based Filtering*” (CBF), dan “*Hybrid Filtering*” (HF) dan menghasilkan akurasi RMSE CF (0.96628), CBF (1.11187), HF(1.04150), tetapi penelitian ini memakan waktu yang lama dan tingkat kesulitan yang tinggi serta memerlukan data yang sangat banyak. Pendekatan menggunakan algoritma apriori juga dilakukan [3]. Relasi antara mata kuliah digunakan sebagai parameternya dan melibatkan ahli untuk menilai sistem tersebut. Kelebihan dari algoritma ini sendiri adalah data yang dibutuhkan tidak terlalu banyak dan juga kerumitan pengerjaan tidak serumit menggunakan pendekatan algoritma genetika. Namun, pengerjaan penelitian ini cukup memakan waktu karena data yang ada harus diekstrak dan dijadikan modul atau bagian-bagian terlebih dahulu dan dilakukannya preprocess data yang cukup panjang.

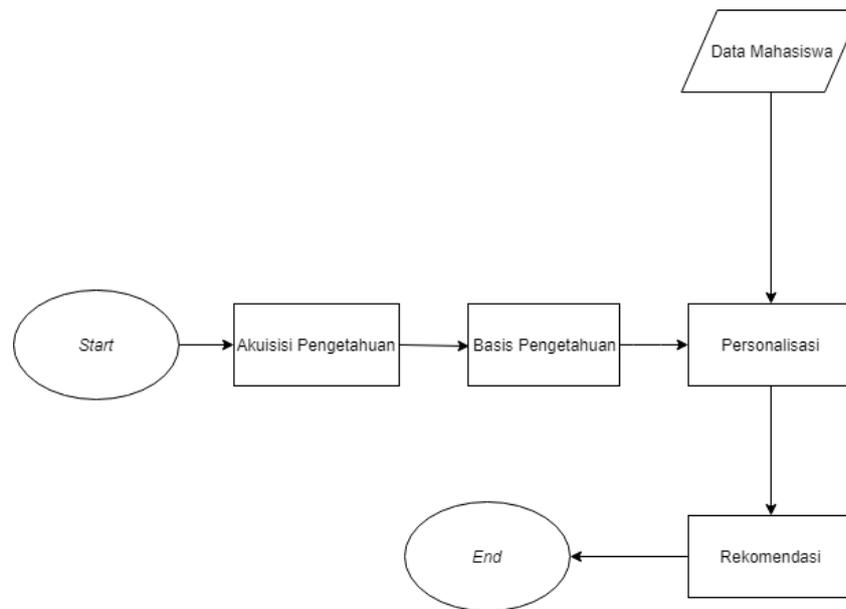
Pendekatan dengan metode klasifikasi *query* juga digunakan dalam pembuatan sistem rekomendasi mata kuliah ini [1]. Pada penelitian tersebut seluruh keterangan mengenai setiap mata kuliah dijadikan sebagai parameternya, parameter keberhasilan akhir pada penelitian tersebut melibatkan para ahli untuk menilai sistem tersebut. Kelebihan dengan pendekatan ini adalah dapat mengetahui minat mahasiswa berdasarkan dengan *query* yang dimasukkan. Kelemahannya proses pengerjaan cukup lama karena data harus diolah dengan proses yang panjang serta apabila *query* tidak sesuai maka rekomendasi mata kuliah yang keluar adalah 0. *Fuzzy* juga pernah digunakan untuk pembuatan rekomendasi mata kuliah [4]. Pada penelitian ini parameter yang dilihat adalah keterhubungan antara mata kuliah, dan untuk parameter keberhasilannya melibatkan para ahli sebagai orang yang memberikan nilai terhadap sistem tersebut. Pendekatan *fuzzy* terbilang lebih mudah dibandingkan dengan metode-metode yang lain. Pendekatan ini memerlukan data yang banyak dan pembuatan aturan yang tepat agar menciptakan hasil yang akurat. Rekomendasi mata kuliah ini juga pernah diselesaikan dengan berbasis ontologi. Parameter yang diperhatikan hanya keterkaitan antara mata kuliah saja dan melibatkan para ahli dalam menilai sistem tersebut sebagai keberhasilannya. Pendekatan tersebut tidak memerlukan data yang banyak dibandingkan dengan metode lainnya. Perancangan model yang tepat akan menentukan akurasi hasil akhir nantinya. Pada penelitian sebelumnya, peneliti hanya fokus terhadap mata kuliah yang pernah diambil tanpa memperhatikan nilai yang diperoleh. Penelitian tersebut ternyata mampu memberikan rekomendasi mata kuliah yang diambil pada semester depan. Pada penelitian kali ini sistem akan memberikan rekomendasi berdasarkan peluang keberhasilan mahasiswa dalam setiap mata kuliah pilihan berdasarkan dengan nilai yang dimiliki oleh mahasiswa.

2.4 Mata Kuliah Pilihan S1 Informatika Telkom University

Pada kurikulum 2016, di S1 Informatika, Telkom University terdapat sekitar 62 mata kuliah pilihan yang terdaftar [10]. Setiap mata kuliah pilihan memiliki prasyarat atau mata kuliah prasyaratnya masing masing. Prasyarat ini tidak hanya bersumber dari mata kuliah wajib saja, karena dibebberapa mata kuliah pilihan membutuhkan mata kuliah pilihan lain sebagai prasyarat [10]. Untuk mengetahui prasyarat dari setiap mata kuliah pilihan bisa dilakukan dengan dua acara. Pertama, membaca dokumen “Rencana Pembelajaran Semester (RPS)” yang telah disebarluaskan di web resmi program studi S1 Informatika, Telkom University. Kedua, menanyakan langsung kepada dosen pengajar mata kuliah pilihan tersebut, hal ini dikarenakan tidak semua mata kuliah pilihan RPSnya disebar luaskan di web resmi. Mahasiswa S1 Informatika, Telkom University yang mendapatkan kurikulum 2016 hanya diwajibkan mengambil 5 dari 62 mata kuliah pilihan yang ada [10]. Salah satu permasalahan yang sering dijumpai pada persoalan pemilihan mata kuliah pilihan adalah banyaknya mata kuliah pilihan yang disediakan, membuat mahasiswa bingung dalam memilih mata kuliah yang memang cocok dengan mereka [1]. Setiap matakuliah pilihan bisa diprediksi pengambilannya dengan berdasarkan nilai dari mata kuliah yang pernah diambil oleh mahasiswa sebelumnya [11].

3. Analisis dan Desain

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan diantaranya adalah akuisisi pengetahuan, pembuatan sistem berbasis pengetahuan, personalisasi dan rekomendasi.



Gambar 2. Alur Penelitian

3.1 Akuisisi Pengetahuan

Proses ini akan mengumpulkan pembelajaran yang terkait dengan penelitian ini. Pada proses ini juga seluruh data yang diperlukan akan dikumpulkan, serta parameter-parameter yang akan digunakan pada penelitian. Hasil dari akuisisi pengetahuan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Akuisisi Pengetahuan

NAMA MATA KULIAH PILIHAN	MATA KULIAH PRASYARAT
Kreativitas Dan Komunikasi	Interaksi Manusia Komputer
Metode Formal	Dasar Algoritma dan Pemrograman Logika Matematika, Matematika Diskret, Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak, Desain dan Analisis Algoritma
Sistem Pendukung Pengambilan Keputusan	Probabilitas dan Statistika, Pemodelan dan Simulasi, Sistem Informasi
Teknologi Pembelajaran Kreatif	Interaksi Manusia Komputer
Topik Khusus 2 SIDE	Dasar Algoritma Pemograman, Analisis Perancangan Perangkat Lunak, Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak
Sistem Informasi Korporat	Analisis Perancangan Perangkat Lunak, Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak, Sistem Informasi
Topik Khusus 3 SIDE	Dasar Algoritma Pemograman, Analisis Perancangan Perangkat Lunak, Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak
Penjaminan Mutu Perangkat Lunak	Dasar Algoritma Pemograman, Analisis Perancangan Perangkat Lunak, Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak
Desain Interaksi	Interaksi Manusia Komputer
Aplikasi Intelegensia Buatan Untuk Edukasi	Kecerdasan Buatan
Sistem Nirkabel	Jaringan Komputer
Inovasi Bidang Ict	Interaksi Manusia Komputer
Software Defined Networks	Probabilitas dan Statistik, Jaringan Komputer
Basis Data Non Relasional	Pemodelan Basis Data, Sistem Basis Data
Audit Sistem Informasi	Sistem Informasi

Topik Khusus 1 Telematika (IOT for Healthcare)	Jaringan Komputer, Jaringan Komputer Lanjut, dan Kecerdasan Buatan
Forensik Komputer Dan Jaringan	Jaringan Komputer, Pemodelan dan Simulasi
Rekayasa Protokol	Jaringan Komputer
Mikrokontroler	Sistem Digital, Organisasi dan Arsitektur Komputer, Sistem Operasi
Rekayasa Aplikasi Internet	Berubah jadi Web Pro
Perencanaan Strategis Sistem Informasi	Analisis Perancangan Perangkat Lunak, Manajemen Proyek Teknologi Informasi, Sistem Informasi, Jaringan Komputer
Netcentric	Jaringan Komputer
Sistem Berbasis Agen	Kecerdasan Buatan, Pembelajaran Mesin
Konsep Pengembangan E-Learning	Interaksi Manusia Komputer
Kecerdasan Kolektif	Kecerdasan Buatan, Probabilitas dan Statistika, Matematika Diskrit, Matriks dan Ruang Vektor.
Teknologi Game	Tidak Ada dan Tidak Ditawarkan
Topik Khusus 2 Telematika	Jaringan Komputer, Pemodelan dan Simulasi
Kompresi Data	Jaringan Komputer, Sistem Operasi
Analisis Performansi Jaringan Komputer	Probabilitas dan Statistika, Jaringan Komputer
Data Warehouse	Pemodelan Basis Data
E-Government	Sistem Informasi
Sistem Waktu Nyata	Organisasi dan Arsitektur Komputer, Sistem Operasi
Basis Data Spasial	Dasar Algoritma Pemrograman, Struktur Data, Sistem Basis Data
Jaringan Sensor Nirkabel	Jaringan Komputer
Pemulihan Bencana	Jaringan Komputer
Pengolahan Citra Digital	Dasar Algoritma Pemrograman, Algoritma dan Struktur Data
Sistem Berbasis Pengetahuan	Logika Matematika, Matematika Diskrit, Dasar Algoritma Pemrograman
Sistem Tertanam Untuk Robotika	Organisasi dan Arsitektur Komputer, Sistem Operasi
Sistem Keamanan	Jaringan Komputer, Pemodelan dan Simulasi, Sistem Operasi
Forensik Multimedia	Jaringan Komputer, Pemodelan dan Simulasi
Kriptografi	Matematika Diskrit
Penambangan Data	Pemodelan Basis Data, Kecerdasan Buatan, Pembelajaran Mesin
Penambangan Teks	Pemodelan Basis Data
Sistem Pengenalan	Dasar Algoritma Pemrograman, Algoritma dan Struktur Data, Pengolahan Citra Digital, Kecerdasan Buatan
Model Graf Probabilistik	Probabilitas dan Statistika, Algoritma dan Pemrograman, Desain dan Analisis Algoritma
Komputasi Evolusioner	Kecerdasan Buatan, Probabilitas dan Statistika, Matematika Diskrit, Matriks dan Ruang Vektor
Komputasi Finansial	Matematika Diskrit, Probabilitas dan Statistika, Kecerdasan Buatan, Algoritma Stuktur Data
Komputasi Lunak	Kecerdasan Buatan, Probabilitas dan Statistika, Matematika Diskrit, Matriks dan Ruang Vektor
Pemrosesan Bahasa Alami	Probabilitas dan Statistika, Kecerdasan Buatan, Teori Bahasa Automata
Jaringan Komputer Lanjut (IOT-Networking)	Jaringan Komputer, Kecerdasan Buatan
Sistem Operasi Lanjut	Sistem Operasi
Convolutional Neural Network	Kecerdasan Buatan, Pembelajaran Mesin
Komputasi Awan	Jaringan komputer

Arsitektur Berorientasi Layanan	Dasar Algoritma Pemrograman
Komputasi Kinerja Tinggi	Kecerdasan Buatan, Pemodelan dan Simulasi
Visualisasi Data	Tidak Ada dan Tidak Ditawarkan
Topik Khusus 1 ICM (mobile programming)	Pemrograman Berbasis Objek
Topik Khusus 2 ICM - Pemrograman Logika	Dasar Algoritma dan Pemrograman, Logika Matematika, Struktur Data, Matematika Diskrit
Topik Khusus 2 ICM - Mobile Programming	Dasar Algoritma dan Pemrograman, Struktur Data, Pemrograman Berorientasi Objek
Topik Khusus 2 ICM - Model Graf Probabilistik	Probabilitas dan Statistika, Algoritma dan Pemrograman, Desain dan Analisis Algoritma
Topik Khusus 1 SIDE	Dasar Algoritma Pemrograman, Analisis Perancangan Perangkat Lunak, Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak
Coop	Tidak Ada

3.2 Basis Pengetahuan

Proses ini adalah perancangan sistem, didalamnya terdapat proses pembuatan model ontologi dan pembuatan *user model* yang bertujuan merelasikan antara mata kuliah agar terciptanya pengetahuan yang lebih implisit.

3.2.1 Perancangan Ontologi

3.2.1.1 Spesifikasi

Tabel 3. Spesifikasi Ontologi

No	<i>Ontology Specification Document</i>
1.	<p><i>Purpose</i></p> <p>Untuk memberikan model mata kuliah pilihan dan prasyarat yang ada di S1 Informatika Telkom University pada kurikulum 2016</p>
2.	<p><i>Scope</i></p> <p>Fokus model pengetahuan mencakup domain matakuliah pilihan dengan subdomain matakuliah prasyarat untuk mengambil mata kuliah tersebut.</p>
3.	<p><i>Competency Question</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Apa mata kuliah prasyarat dari setiap mata kuliah pilihan? • Mata kuliah pilihan apa yang sebaiknya diambil seorang mahasiswa tertentu berdasarkan nilai sebelumnya

3.2.1.2 Deskripsi

Pada sistem yang akan dibangun mahasiswa yang mendapatkan kurikulum 2016 bebas untuk memilih sekitar 62 matakuliah pilihan yang ada di S1 Informatika Telkom Univeristy. Mahasiswa diminta untuk memasukan seluruh nilai yang sudah mereka dapat. Lalu sistem akan memberikan rekomendasi matakuliah pilihan yang cocok dengan mahasiswa tersebut. Rekomendasi matakuliah pilihan akan dilihat dari nilai yang dimasukkan oleh mahasiswa tersebut.

Penjelasan konsep dan relasinya :

- Matakuliah wajib merupakan matakuliah yang harus diambil oleh mahasiswa.

- Matakuliah pilihan merupakan matakuliah yang dapat dipilih oleh mahasiswa.
- KK merupakan kelompok keahlian yang dimiliki mata kuliah pilihan.
- Matakuliah pilihan memiliki matakuliah prasyarat.
- Matakuliah pilihan memiliki satu KK.
- Matakuliah prasyarat terdiri dari beberapa matakuliah wajib.
- Matakuliah prasyarat terdiri dari beberapa matakuliah pilihan.
- Matakuliah prasyarat terdiri dari beberapa matakuliah wajib dan matakuliah pilihan.

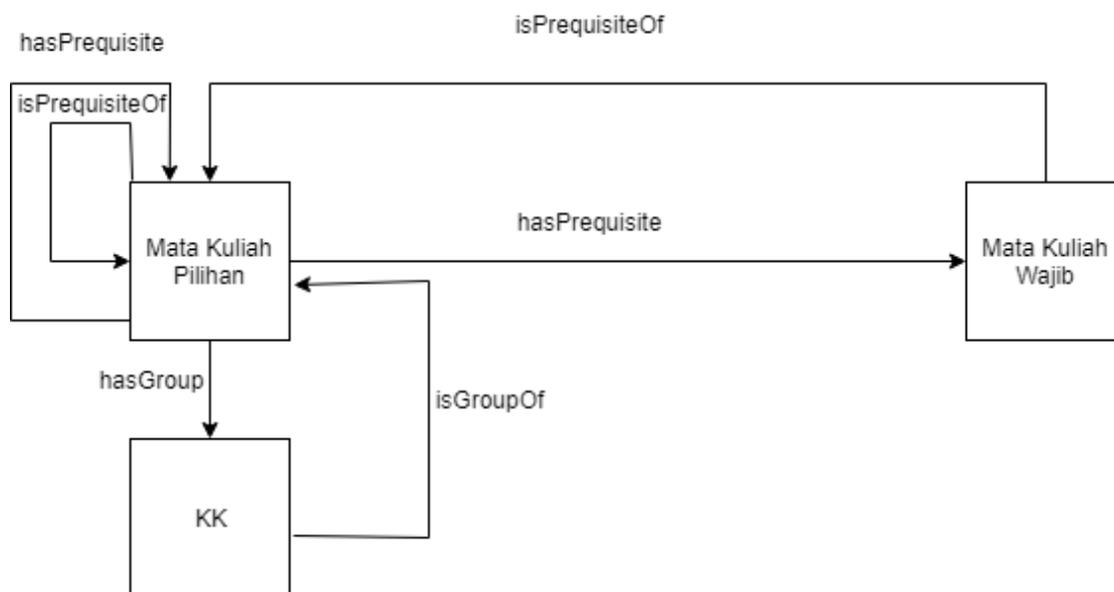
Concept Name

- Matakuliah Wajib merupakan matakuliah yang diwajibkan diambil oleh semua mahasiswa.
- Matakuliah Pilihan merupakan matakuliah yang dapat dipilih sesuai dengan keinginan mahasiswa.
- KK merupakan kelompok keahlian dari setiap mata kuliah pilihan.

Role Name

- hasPrerequisite merupakan relasi yang menyatakan bahwa matakuliah tersebut memiliki matakuliah prasyarat.
- isPrerequisiteOf merupakan relasi yang menyatakan bahwa matakuliah tersebut merupakan matakuliah prasyarat dari suatu matakuliah pilihan.
- hasGroup merupakan relasi yang menyatakan bahwa mata kuliah pilihan memiliki kelompok keahlian
- isGroupOf merupakan relasi yang menyatakan bahwa setiap kelompok keahlian memiliki mata kuliah pilihan.

Konseptualisasi



Gambar 3. Model Ontology

Tbox

- $\text{Matakuliah Pilihan} \sqsubseteq \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Wajib}$
- $\text{Matakuliah Pilihan} \equiv \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Wajib} \sqcap \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Pilihan}$
- $\text{ICM} \sqsubseteq \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Wajib}$
- $\text{ICM} \equiv \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Wajib} \sqcap \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Pilihan}$
- $\text{SIDE} \sqsubseteq \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Wajib}$
- $\text{SIDE} \equiv \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Wajib} \sqcap \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Pilihan}$
- $\text{TELE} \sqsubseteq \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Wajib}$
- $\text{TELE} \equiv \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Wajib} \sqcap \exists \text{hasPrerequisite.Matakuliah Pilihan}$

Abox

Berikut ini merupakan contoh dari Abox:

- DAP:Matakuliah Wajib
- LogMat:Matakuliah Wajib
- MatDis:Matakuliah Wajib
- APPL:Matakuliah Wajib
- DAA:Matakuliah Wajib
- Metode Formal:Matakuliah Pilihan
- (Metode Formal,DAP):hasPrerequisite
- (Metode Formal,LogMat):hasPrerequisite
- (Metode Formal,MatDis):hasPrerequisite
- (Metode Formal,APPL):hasPrerequisite
- (Metode Formal,DAA):hasPrerequisite

3.2.1.3 Pengujian Ontologi

Pada penelitian ini model ontologi diuji dengan 3 cara yaitu *individual checking*, *consistency checking*, dan *subsumption checking*. Pengujian ini dilakukan agar dapat membuktikan model yang dibuat itu benar dan konsisten.

Individual Checking

Individual checking adalah proses untuk memverifikasi setiap individu terhubung ke dalam sebuah kelas atau tidak. Sebagai contoh kita menuliskan *query* Mata_Kuliah_Pilihan dan ketika dijalankan maka menghasilkan semua individu nama mata kuliah pilihan yang ada pada sistem, hal ini membuktikan bahwa setiap individu mata kuliah pilihan telah terhubung dengan kelas mata kuliah pilihan.

Consistency Checking

Consistency checking adalah proses untuk memverifikasi hasil dari ontologi sesuai dengan model yang dibuat sebelumnya. Sebagai contoh, aturan Matakuliah Pilihan $\sqsubseteq \exists \text{hasPrerequisite.MataKuliah Wajib}$ dan Matakuliah Pilihan $\equiv \exists \text{hasPrerequisite MataKuliah Wajib} \sqcap \exists \text{hasPrerequisite.MataKuliah Pilihan}$ ini mendefinisikan bahwa setiap mata kuliah pilihan memiliki mata kuliah prasyarat, untuk membuktikannya dapat dilakukan dengan menuliskan *query* $\text{not}(\text{hasPrerequisite some Mata_Kuliah_Pilihan})$ dan ketika dijalankan tidak ada individu yang keluar, hal ini membuktikan bahwa tidak ada mata kuliah pilihan yang tidak memiliki prasyarat.

Subsumption Checking

Subsumption checking adalah proses untuk memeriksa apakah hasil yang dikeluarkan memenuhi aturan dari model yang telah dibuat atau tidak. Sebagai contoh, mata kuliah pilihan sistem berbasis pengetahuan memiliki aturan di mana mata kuliah tersebut memiliki tiga mata kuliah prasyarat, yaitu: Sistem_Berbasis_Pengetahuan hasPrerequisite Dasar_Algoritma_Pemrograman dan Sistem_Berbasis_Pengetahuan hasPrerequisite Logika_Matematika dan Sistem_Berbasis_Pengetahuan hasPrerequisite Matematika_Diskrit. Kemudian dilakukan penggabungan aturan tersebut menjadi Sistem_Berbasis_Pengetahuan hasPrerequisite Dasar_Algoritma_Pemrograman dan Logika_Matematika dan Matematika_Diskrit, dari penggabungan aturan tersebut mengeluarkan hasil yang sama dengan aturan yang dibuat sebelumnya, hal ini menjelaskan bahwa hasil yang dikeluarkan dari sistem ini memenuhi aturan dari model yang telah dibuat.

3.3 Personalisasi

Pada penelitian ini personalisasi akan dilakukan berdasarkan nilai yang dimiliki mahasiswa. Proses ini menyatukan antara nilai mahasiswa dengan sistem berbasis pengetahuan yang telah dibuat. Alur personalisasi pada penelitian ini melalui beberapa tahapan. Pada awal penggunaan sistem, mahasiswa perlu memasukkan nilai matakuliah mereka. Kemudian, indeks nilai dari setiap mata kuliah *pre-quisite* yang telah dimasukkan oleh mahasiswa akan dicocokkan dengan model yang telah dibuat berdasarkan kesamaan antara judul dari mata kuliah. Hasil dari penggabungan nilai mahasiswa dengan model akan diubah menjadi angka sesuai dengan indeksinya. Nilai dari setiap indeks A diubah menjadi 4, AB diubah menjadi 3.5, B diubah menjadi 3, BC dirubah menjadi 2.5, C dirubah menjadi 2, D dirubah menjadi 1 dan E dirubah menjadi 0. Setelah indeks nilai tersebut berubah maka sistem dapat mengolah informasi angka-angka tersebut untuk menghitung peluang kecocokan antara mahasiswa dengan setiap mata kuliah pilihan. Contoh hasil dari pengolahan nilai dapat dilihat pada Tabel 4 seperti berikut:

Tabel 4. Contoh Nilai Mahasiswa A

Dasar Algoritma Pemrograman	Desain dan Analisis Algoritma	Pemodelan Basis Data	Sistem Basis Data	Jaringan Komputer	Sistem Operasi
D	E	C	C	B	AB
1	0	2	2	3	3.5

3.4 Rekomendasi

Proses ini merekomendasikan mata kuliah yang cocok dengan mahasiswa berdasarkan informasi mata kuliah yang telah diambil mahasiswa serta nilai yang didapatkan mahasiswa tersebut. Nilai yang didapatkan oleh mahasiswa tersebut akan dipakai sebagai *user model*. Untuk memperhitungkan nilai kecocokan tersebut dilakukan dengan menghitung peluang keberhasilan mahasiswa tersebut pada mata kuliah prasyaratnya. Mata kuliah yang akan direkomendasikan merupakan mata kuliah pilihan yang telah dihitung berdasarkan mata kuliah prasyaratnya dengan persentase kecocokannya $\geq 50\%$ dengan semua nilai mata kuliah prasyaratnya $\geq C$ dan apabila persentase kecocokannya $< 50\%$ atau nilai mata kuliah prasyaratnya $< C$ tidak akan direkomendasikan. Contoh hasil dari perhitungan dan pemberian rekomendasi dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 seperti berikut:

Algoritma

- Step 1 : Mulai
 Step 2 : Deklarasi variables *valueCourse* [], *numberOfCourse*, *sum*, *probability*, *percentage*
 Step 3 : Masukkan nilai yang diperoleh oleh mahasiswa kedalam array *valueCourse*
Input(*valueCourse*[x_1, x_2, \dots, x_n])
 Step 4 : Jumlahkan setiap nilai yang ada pada array *valueCourse* apabila nilai > 50
 $sum \leftarrow x_1 + x_2 + \dots + x_n$
 Step 5 : Bagi *sum* dengan panjang array *valueCourse*
 $probability \leftarrow sum / length(valueCourse)$
 Step 6 : Ubah *probability* ke dalam persen
 $percentage \leftarrow probability * 100$
 Step 7 : Tampilkan apabila nilai *percentage* diatas 50
 if (*percentage* ≥ 50 and $x_1 \geq 50$ and $x_2 \geq 50$ and ... $x_n \geq 50$) then{
 Output(*percentage*)
 }
 Step 8: Selesai

Tabel 5. Contoh Perhitungan Rekomendasi Mahasiswa A

Mata Kuliah Pilihan	Peluang	Persentase Kecocokan
Metode Formal	$\frac{1+0}{8} = 0.125$	$0.125 \times 100\% = 12.5\%$
Data Warehouse	$\frac{2+2}{8} = 0.5$	$0.5 \times 100\% = 50\%$
Basis Data Spasial	$\frac{2+1}{8} = 0.375$	$0.375 \times 100\% = 37.5\%$

Sistem Nirkabel	$\frac{3}{4} = 0.75$	$0.75 \times 100\% = 75\%$
Sistem Operasi Lanjut	$\frac{3.5}{4} = 0.875$	$0.875 \times 100\% = 87.5\%$

Tabel 6. Contoh Pemberian Rekomendasi Mahasiswa A

Mata Kuliah Pilihan	Persentase Kecocokan
Sistem Operasi Lanjut	87.5%
Sistem Nirkabel	75%

4. Evaluasi

4.1 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara menginputkan data nilai mahasiswa-mahasiswa yang memiliki histori nilai yang berbeda. Hasil rekomendasi kemudian dibandingkan dengan mata kuliah pilihan yang diambil mahasiswa tersebut dan nilainya. Jika mata kuliah hasil rekomendasi sama dengan mata kuliah pilihan yang diambil dan mahasiswa ybs mendapatkan nilai $\geq C$, maka rekomendasi tersebut akurat. Hal tersebut dikarenakan dengan mendapatkan nilai $\geq C$ mahasiswa tersebut sudah dianggap lulus pada matakuliah.

4.2 Hasil Pengujian

Pengujian ini mengambil dua contoh mata kuliah pilihan yang ditawarkan yaitu penambangan data dan pemrosesan bahasa alami. Dari 20 data mahasiswa yang diujikan dimana 10 mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah Penambangan Data dan 10 mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah Pemrosesan Bahasa Alami yang dimana didapatkan hasil persentase kecocokan yang dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 dibawah ini.

Tabel 7. Persentase Keberhasilan Mahasiswa Dalam Mata Kuliah Pilihan Penambangan Data

No	Mahasiswa	Persentase Kecocokan	Nilai Penambangan Data
1	Mahasiswa 1	70.83%	A
2	Mahasiswa 2	75%	AB
3	Mahasiswa 3	95.83%	A
4	Mahasiswa 4	70.83%	AB
5	Mahasiswa 5	91.67%	AB
6	Mahasiswa 6	87.5%	AB
7	Mahasiswa 7	79.17%	AB
8	Mahasiswa 8	83.33%	AB

9	Mahasiswa 9	62.5%	AB
10	Mahasiswa 10	70.8%	AB

Tabel 8. Persentase Keberhasilan Mahasiswa Dalam Mata Kuliah Pilihan Pemrosesan Bahasa Alami

No	Mahasiswa	Persentase Kecocokan	Nilai Pemrosesan Bahasa Alami
1	Mahasiswa 1	79%	BC
2	Mahasiswa 2	66.67%	BC
3	Mahasiswa 3	91.67%	AB
4	Mahasiswa 4	62.5%	B
5	Mahasiswa 5	70.8%	AB
6	Mahasiswa 6	79.17%	AB
7	Mahasiswa 7	70.83%	AB
8	Mahasiswa 8	66.67%	AB
9	Mahasiswa 9	79.17%	AB
10	Mahasiswa 10	79.17%	D

Setelah didapat hasil pada Tabel 7 dan Tabel 8 lalu akan dihitung akurasi, *precision* dan *recall*. Akurasi dihitung berdasarkan jumlah mahasiswa yang direkomendasikan dan lulus dari seluruh mahasiswa, *precision* dihitung berdasarkan jumlah mahasiswa yang direkomendasikan dan lulus dari seluruh mahasiswa yang direkomendasikan. *Recall* dihitung berdasarkan jumlah mahasiswa yang direkomendasikan dan lulus dari seluruh mahasiswa yang lulus. Performansi dari sistem rekomendasi berbasis ontologi dengan memanfaatkan nilai mahasiswa sebagai *user model* memiliki akurasi, *precision* dan *recall* yang sangat tinggi. Dari hasil eksperimen diatas dimana dari 10 mahasiswa yang memiliki rekomendasi untuk mengambil mata kuliah pilihan Penambangan Data, mereka semua dapat lulus dari mata kuliah penambangan data. Hal ini menunjukkan bahwa rekomendasi yang diberikan terbukti cocok dengan mahasiswa tersebut. Dengan 20% mendapatkan indeks nilai A dan 80% mendapatkan indeks nilai AB dengan perolehan nilai *precision* sebesar 100% dan *recall* sebesar 100%. Namun, pada Tabel 8 kita dapat melihat akurasi yang dihasilkan menurun menjadi 90% dengan 70% mendapatkan indeks nilai lebih dari B. *Precision* yang didapatkan pada mata kuliah pemrosesan bahasa alami sebesar 90% dan *recall* sebesar 100%. Hasil dari Tabel 7 dan Tabel 8 kita dapat melihat bahwa tidak menutup kemungkinan mahasiswa yang memiliki persentase lebih rendah bisa mendapatkan nilai akhir yang lebih baik ketimbang dengan mahasiswa yang memiliki persentase lebih tinggi. Hal ini dikarenakan banyak faktor yang bisa mempengaruhi nilai dari setiap mahasiswa tersebut, bahkan ada beberapa mata kuliah pilihan kehadiran mahasiswa bisa menjadi poin nilai tambahan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka bisa ditarik kesimpulan bahwa sistem rekomendasi mata kuliah berbasis ontologi ini mampu memberikan hasil yang akurat, dengan akurasi 90%. Hasil eksperimen juga menunjukkan bahwa sistem rekomendasi mata kuliah pilihan berbasis ontologi bisa menggunakan dataset yang kecil. Ada beberapa saran untuk penelitian berikutnya, yaitu penggunaan dataset yang berukuran lebih besar dan penggunaan metode lain, misalnya Naïve Bayes.

Daftar Pustaka

- [1] Z. Gulzar and A. A. Leema, "Towards recommending courses in a learner centered system using query classification approach," in *2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, Coimbatore, India, 2017, pp. 1–5.
- [2] A. E. Toscano, "A Hybrid Multi-Criteria approach using a Genetic Algorithm for Recommending Courses to University Students," p. 7.
- [3] F. Liu, S. Zhang, J. Ge, F. Lu, and J. Zou, "Agricultural Major Courses Recommendation Using Apriori Algorithm Applied in China Open University System," in *2016 9th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*, Hangzhou, 2016, pp. 442–446.
- [4] A. Z. Rakhman, H. N. Wulandari, G. Maheswara, and S. Kusumadewi, "FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE TSUKAMOTO SEBAGAI PEMBERI SARAN PEMILIHAN KONSENTRASI (STUDI KASUS: JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA UII)," p. 5, 2012.
- [5] Chung-Yi Huang, Rung-Ching Chen, and Long-Sheng Chen, "Course-recommendation system based on ontology," in *2013 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Tianjin, China, 2013, pp. 1168–1173.
- [6] P. Brusilovsky, S. Sosnovsky, and M. Yudelson, "Ontology-based Framework for User Model Interoperability in Distributed Learning Environments," p. 5.
- [7] Q. Zeng, Z. Zhao, and Y. Liang, "Course ontology-based user's knowledge requirement acquisition from behaviors within e-learning systems," *Comput. Educ.*, vol. 53, no. 3, pp. 809–818, Nov. 2009.
- [8] H.-C. Wang and C.-W. Hsu, "Teaching-Material Design Center: An ontology-based system for customizing reusable e-materials," *Comput. Educ.*, vol. 46, no. 4, pp. 458–470, May 2006.
- [9] A. C. Martins, C. V. de Carvalho, and E. Carrapatoso, "User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems," p. 14.
- [10] "Struktur Kurikulum 2016," *Program Studi S1 Teknik Informatika*, 01-Jul-2019. .
- [11] R. N. Afifuddin and D. Nurjanah, "Sistem Rekomendasi Pemilihan Mata kuliah Peminatan Menggunakan Algoritma K- means dan Apriori (studi kasus: Jurusan S1 Teknik Informatika Fakultas Informatika)," p. 9.

Lampiran

Nilai mahasiswa yang mengambil mata kuliah penambangan data.

Nama	Kecerdasan Buatan	Pembelajaran Mesin	Pemodelan Basis Data	Penambangan Data
Mahasiswa 1	C	A	BC	A
Mahasiswa 2	BC	A	BC	AB
Mahasiswa 3	AB	A	A	A
Mahasiswa 4	C	A	BC	AB
Mahasiswa 5	AB	A	AB	AB
Mahasiswa 6	B	A	AB	AB
Mahasiswa 7	BC	AB	AB	AB
Mahasiswa 8	C	A	A	AB
Mahasiswa 9	D	A	BC	AB
Mahasiswa 10	C	AB	B	AB

Nilai mahasiswa yang mengambil mata kuliah pemrosesan bahasa alami.

Nama	Teori Bahasa dan Automata	Probabilitas dan Statistika	Kecerdasan Buatan	Pemrosesan Bahasa Alami
Mahasiswa 1	AB	A	C	BC
Mahasiswa 2	C	AB	BC	BC
Mahasiswa 3	A	AB	AB	AB
Mahasiswa 4	B	BC	C	B
Mahasiswa 5	B	AB	C	AB
Mahasiswa 6	AB	A	C	AB
Mahasiswa 7	C	A	BC	AB
Mahasiswa 8	BC	AB	C	AB
Mahasiswa 9	AB	AB	BC	AB
Mahasiswa 10	BC	B	A	D