

Implementasi Metode *Knowledge Tracing* Untuk Memprediksi Masa Studi Mahasiswa Menggunakan Pengetahuan Sebelumnya

Setyadi Putra Rahmandya, Dade Nurjanah, Ir., M.T., PhD

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung
¹setyadi@students.telkomuniversity.ac.id, ²dadenurjanah@gmail.com

Abstrak

Proses belajar mengajar hingga proses wisuda merupakan rentang waktu lamanya masa studi untuk menyelesaikan proses pendidikan pada program studi yang dijalani oleh mahasiswa. Namun tidak semua mahasiswa dapat menyelesaikan masa studi yang ditempuh dengan tepat waktu, sehingga mengakibatkan penumpukan jumlah mahasiswa yang tidak lulus sesuai dengan masa periode kelulusannya. Salah satu cara untuk mencapai kualitas mutu tertinggi dari sistem perguruan tinggi adalah dengan menggali pengetahuan dari data bidang akademik. Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis seberapa besar kelulusan atau ketidaklulusan pada mahasiswa dengan mengimplementasikan algoritma *knowledge tracing* dalam memprediksi masa studi mahasiswa. Masa studi dapat diketahui dengan melihat kelulusan atau ketidaklulusan mahasiswa, baik yang lulus tepat waktu, dan tidak tepat waktu. Parameter *knowledge tracing* pada studi kasus ini yaitu *K0* (nilai awal *knowledge user* atau nilai mata kuliah wajib pada tingkat 1 yaitu semester 1 dan 2), *guess*, *slip*, dan *learning rate* (nilai konstan jumlah mahasiswa di Fakultas Informatika khususnya angkatan 2015 dan 2016) berpengaruh terhadap nilai *knowledge user*. Maka pada Tugas Akhir ini dapat diketahui waktu terbaik dilakukan prediksi kelulusan tepat waktu dan tidak tepat waktu untuk masa studi mahasiswa menggunakan pengetahuan sebelumnya, yaitu untuk mahasiswa reguler tahun ke-2 (tingkat 2) adalah ketika mahasiswa telah melewati mata kuliah dari semester 3 sampai dengan semester 4 dengan *precision* sebesar 69.6%. Sedangkan untuk mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2) adalah ketika mahasiswa telah melewati mata kuliah dari semester 3 sampai dengan semester 5 dengan *precision* sebesar 75.8%.

Kata Kunci: masa studi, *knowledge tracing*, *K0*, *slip*, *guess*, *learning rate*.

Abstract

*The process of teaching and learning to the graduation process is a span the length of the period of study to complete the process of education on the course traveled by the student. But not all students can complete the study period is on time, resulting in a buildup of the number of students who did not pass in accordance with the period of high school graduation. One way to achieve the highest quality of the college system is to dig up the knowledge from the academic field data. This thesis aims to analyze how much a graduation or ketidaklulusan on students by implementing algorithms knowledge tracing in predicting the study period the student. The period of study can be found by looking at the graduation or ketidaklulusan, both students graduating on time, and not on time. Knowledge tracing parameter in this case study, namely *K0* (initial value knowledge user or the value of the compulsory subjects at level 1 i.e. the semester 1 and 2), *guess*, *slip*, and the *learning rate* (constant value number of students at the Faculty of Informatics especially the force 2015 and 2016) effect on the value of knowledge users. It is in this final Task can be known best time do predictions of graduation on time and not just in time for the study period the student using prior knowledge, i.e. for regular student year 2 (level 2) is when a student have passed courses from semester 3 to 4 semesters with a precision of 69.6%. As for transfer students year 2 (level 2) is when students have passed courses from semester 3 up to 5 semester with the precision of 75.8%.*

Keyword: the period of study, *knowledge tracing*, *K0*, *slip*, *guess*, *learning rate*.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Lamanya masa studi mahasiswa merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi performansi studi mahasiswa. Prediksi kelulusan atau ketidaklulusan mahasiswa akan memberikan manfaat yang besar bagi perguruan tinggi, dan juga bagi pihak-pihak terkait seperti Kepala Program Studi. Hal ini digunakan agar dapat mengetahui kekurangan apa saja yang mungkin ada pada kebijakan pendidikan yang dijalankan yang menyebabkan mahasiswa lulus dengan masa studi melebihi masa studi normal. Selanjutnya, masa studi mahasiswa dapat digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi proses pendidikan, kurikulum pendidikan dan kebijakan-kebijakan lain yang terkait performansi mahasiswa secara keseluruhan [1].

Prediksi adalah proses membuat dugaan dalam memperkirakan lamanya masa studi yang dijalankan mahasiswa. Prediksi dapat dimulai dari awal hingga akhir pembelajaran, dan yang terlibat dalam proses prediksi adalah pengajar atau guru dalam kegiatan mengajar kepada siswa [3]. Prediksi yang dilakukan yaitu pengajar akan meminta siswa untuk membuat perkiraan mengenai sesuatu yang akan terjadi jika terdapat perubahan dari pekerjaan yang telah dibuat oleh siswa, membimbing siswa dalam mengemukakan alasan berkenaan dengan perkiraan yang dibuat, mendapatkan hasil pengamatan sesungguhnya, dan berusaha memberikan penjelasan kepada siswa tentang perbedaan yang terjadi antara perkiraan yang dibuat oleh siswa dengan hasil pengamatan sesungguhnya [3]. Model dari performansi pembelajaran yang biasa digunakan di dalam teori pembelajaran salah satunya adalah metode pembelajaran *Prediction Guide* yang menekankan kepada siswa untuk menebak atau memprediksi materi yang akan disampaikan oleh pengajar [1]. Selama proses pembelajaran, peserta didik diminta untuk mengidentifikasi materi yang sesuai dengan tebakannya dengan mencentang atau melingkari atau menggaris bawahi materi yang sesuai dengan tebakannya. Metode *Prediction Guide* ini digunakan juga untuk mengetahui penerapan strategi pembelajaran yang sesuai, dan dapat mengoptimalkan hasil dari proses belajar yaitu dengan kelulusan tepat waktu. Namun ada beberapa kelemahan yang dimiliki metode pembelajaran tersebut, diantaranya adalah guru tidak dapat secara bebas dalam menerapkannya karena dalam strategi ini harus memperhatikan bagaimana keadaan siswa di dalam kelas. Ada siswa yang mungkin aktif dan selalu ingin tahu, namun ada juga siswa yang kurang memiliki keingintahuan yang besar dan cenderung pasif.

Metode prediksi performansi akademik mahasiswa menggunakan pengetahuan sebelumnya, dapat menjadi alat pendukung untuk memetakan potensi yang dimiliki mahasiswa. Melalui prediksi performansi itu sendiri diharapkan dapat diperoleh proses inferensi atau proses menarik kesimpulan dari suatu objek. Tugas akhir ini difokuskan pada prediksi kelulusan tepat waktu atau tidak tepat waktu yang mempengaruhi masa studi mahasiswa menggunakan *knowledge tracing* [2]. *Knowledge tracing* adalah algoritma yang digunakan pada banyak sistem dan mengasumsikan bahwa pengetahuan siswa direpresentasikan sebagai satu set variabel, satu keterampilan mahasiswa baik yang dikuasai atau tidak. Adapun kelebihan dari metode *knowledge tracing* yaitu dapat digunakan dalam berbagai macam model pembelajaran dan digunakan untuk melihat potensi mahasiswa berdasarkan pengetahuan yang dimilikinya [14]. Melalui Tugas akhir ini, dengan penggunaan metode tersebut diharapkan dapat diperoleh sebuah prediksi kelulusan atau ketidakkelulusan yang dapat digunakan sebagai masa studi mahasiswa melalui pengetahuan sebelumnya menggunakan *Knowledge Tracing*.

1.2 Topik dan Batasannya

Berdasarkan penelitian sebelumnya terkait kelulusan atau ketidakkelulusan mahasiswa sebagai prediksi lamanya masa studi diantaranya adalah penelitian prediksi kelulusan tepat waktu yang dibangun dengan NEFCLASS menggunakan prediktor IPK dan beberapa variabel hasil analisis terhadap data mata kuliah tahun pertama (TPB) [5]. Adapun penelitian lainnya adalah prediksi tingkat kelulusan mahasiswa tepat waktu menggunakan *Naive Bayes* dengan parameter IPK Semester 1-4, SKS semester 1-4 dan jenis seleksi ketika masuk perguruan tinggi tersebut [6]. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa prediksi performansi akademik mahasiswa dengan menggunakan pengetahuan sebelumnya dapat menjadi alat pendukung untuk memetakan mahasiswa [3]. Melalui prediksi performansi itu sendiri diharapkan dapat diperoleh proses inferensi atau proses menarik kesimpulan dari suatu objek. Salah satu metode yang digunakan untuk inferensi adalah *knowledge tracing* untuk inferensi terhadap elemen-elemen pengetahuan *user* [2]. Adapun model yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sistem prediksi dengan *output* berupa resiko kelulusan atau ketidakkelulusan yang mempengaruhi masa studi mahasiswa menggunakan metode *knowledge tracing* [2]. *Knowledge tracing* merupakan metode inferensi berbasis *Bayesian Network*. *Bayesian network* merupakan salah satu cara dalam memformulasikan parameter-parameter yang dipergunakan dalam *knowledge tracing* untuk menspesifikasikan setiap individu [2]. Melalui mekanisme tersebut diharapkan dapat diperoleh sebuah prediksi kelulusan atau ketidakkelulusan yang dapat digunakan sebagai masa studi mahasiswa melalui pengetahuan sebelumnya menggunakan *Knowledge Tracing*.

Adapun pertanyaan yang akan dijawab pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Parameter apa saja yang diperlukan dalam menggunakan *knowledge tracing* untuk menganalisis prediksi kelulusan atau ketidakkelulusan yang berpengaruh pada lamanya masa studi mahasiswa ?
2. Bagaimana hasil prediksi menggunakan *knowledge tracing* untuk kelulusan tepat waktu dan tidak tepat waktu untuk mahasiswa ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui parameter yang diperlukan dalam menganalisis prediksi kelulusan atau ketidakkelulusan mahasiswa sehingga memberikan pengaruh pada lamanya masa studi mahasiswa menggunakan *knowledge tracing*.
2. Mengetahui hasil prediksi mahasiswa menggunakan *knowledge tracing* baik yang memiliki kelulusan tepat waktu dan tidak tepat waktu.

1.4 Organisasi Tulisan

Adapun sistematika penulisan penelitian ini diantaranya :

1. Bab 1 Pendahuluan : yang prinsipnya merupakan penjelasan lebih detil dari abstrak (utamanya menerangkan apa dan mengapa). Isi pendahuluan terutama menjelaskan latar belakang, penjelasan/identifikasi topik/masalah dan batasannya, tujuan, dan metode penelitian, dan isi bagian pendahuluan diakhiri dengan sistematika/organisasi penulisan.
2. Bab 2 Studi Terkait : pada bagian ini berisi teori/studi/literatur yang mendukung (terkait erat) dengan topik TA yang dikerjakan. Bagian ini bisa bernama tinjauan pustaka atau landasan teori.
3. Bab 3 Sistem yang Dibangun : setelah bagian pendahuluan dan bagian Studi Terkait, dijelaskan rancangan dan sistem atau produk yang dihasilkan. Penjelasan rancangan dan sistem/produk dituliskan dalam satu atau lebih bagian.
4. Bab 4 Evaluasi : bagian ini berisi dua sub-bagian, yaitu Hasil Pengujian dan Analisis Hasil Pengujian. Pengujian dan analisis yang dilakukan selaras dengan tujuan TA sebagaimana dinyatakan dalam Pendahuluan.
5. Bab 5 Kesimpulan : bagian kesimpulan memuat kesimpulan dan saran (*Future Work*), bisa dituliskan dalam poin-poin ataupun paragraf-paragraf.

2. Studi Terkait

2.1 Prediksi

Berdasarkan teori pembelajaran, ketika seorang pengajar dituntut untuk menguasai kemampuan memberikan penilaian kepada peserta didiknya. Kemampuan ini adalah kemampuan terpenting dalam evaluasi pembelajaran. Dari penilaian itulah seorang pengajar dapat mengetahui kemampuan yang telah dikuasai oleh para peserta didiknya [2]. Dalam melakukan penilaian, seorang pengajar harus menyadari adanya *Sense of goal* (tujuan), *sense of regulation* (keteraturan), *sense of achievement* (berprestasi), *sense of harmony* (keselarasan) dalam memprediksi kegagalan dan kesuksesan peserta didiknya. Ketika melakukan penilaian, seorang pengajar harus menyadari adanya *sense of regulation* (keteraturan) [2]. Pengajar harus membuat soal yang penuh dengan keteraturan dan sesuai dengan kisi-kisi soal yang telah dibuat sebelumnya, selain itu penilaian yang dilakukan oleh pengajar harus mampu membuat setiap peserta didiknya berprestasi dan menemukan potensi unik yang dimiliki oleh setiap peserta didiknya, di sinilah peran pengajar yang memiliki kesadaran *sense of achievement* (berprestasi) [6].

2.2 Metode Pembelajaran

Metode pembelajaran adalah suatu cara atau upaya yang dilakukan oleh para pendidik agar proses belajar-mengajar pada siswa tercapai sesuai dengan tujuan [8]. Penelitian menyebutkan pada pembelajaran, peserta didik dilibatkan dalam memecahkan permasalahan yang ditugaskan, mengizinkan para pelajar untuk aktif membangun dan mengatur pembelajarannya, dan dapat menjadikan pelajar yang realistis. Menurut Sofyan pendekatan ini mengacu pada hal-hal berikut [2]:

- a. Kurikulum
- b. *Responsibility*
- c. Realisme
- d. *Active-learning*
- e. Umpan Balik
- f. Keterampilan Umum
- g. *Driving Questions*
- h. *Constructive Investigations*
- i. *Autonomy*

Selain itu pengetahuan awal mahasiswa pada awal atau sebelum pengajar masuk ke kelas memberikan materi pengajaran kepada siswa, ada tugas yang tidak boleh dilupakan adalah untuk mengetahui pengetahuan awal mahasiswa.

2.3 Prediksi Masa Studi Berdasarkan Riset Sebelumnya

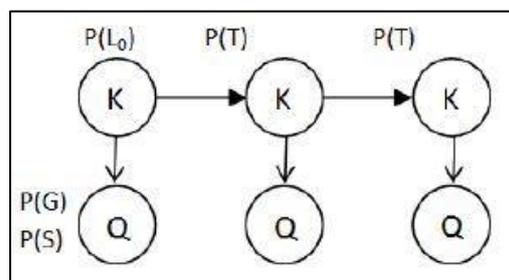
Penelitian mengenai prediksi kelulusan atau ketidakkelulusan mahasiswa yang pernah digunakan yaitu prediksi kelulusan tepat waktu yang dibangun dengan NEFCLASS menggunakan prediktor IPK dan beberapa variabel hasil analisis terhadap data mata kuliah tahun pertama (TPB) [2]. Adapun penelitian lainnya adalah prediksi tingkat kelulusan mahasiswa tepat waktu menggunakan *Naive Bayes* dengan parameter IPK Semester 1-4, SKS semester 1-4 dan jenis seleksi ketika masuk perguruan tinggi tersebut [6].

2.4 Knowledge Tracing

Knowledge tracing merupakan sebuah pendekatan yang dilakukan untuk mengetahui probabilitas *user* memahami sebuah *knowledge* [6]. Terdapat dua tahapan utama menggunakan *knowledge tracing*. Yang pertama adalah menentukan parameter apa saja yang digunakan. Kedua adalah memodifikasi sesuai dengan sistem yang akan diterapkan [7]. Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam *knowledge tracing*, yakni :

- $P(L_0)$ atau K_0 adalah probabilitas awal *user* memahami sebuah *knowledge*.
- $P(T)$ atau *learning rate* adalah probabilitas *user* menguasai sebuah *knowledge*.
- $P(Slip)$ merupakan probabilitas *user* memberikan jawaban yang salah, padahal *user* telah menguasai *knowledge* tersebut.
- $P(Guess)$ adalah probabilitas *user* menebak sebuah kompetensi yang diberikan sehingga seharusnya *user* tidak menguasai materi tersebut namun jawabannya tepat dan dihitung sistem sebagai *user* memahami materi tersebut.

Parameter *slip* dan *guess* dalam penentuan nilainya memiliki banyak ketentuan yang berbeda-beda tergantung bagaimana pengimplementasiannya. Terdapat beberapa pendekatan dalam pengimplementasiannya yaitu *Baseline*, *Guess* dan *Slip*. Pada umumnya sistem tutor yang ada menggunakan pendekatan *Guess and Slip* [6]. Pendekatan tersebut membatasi nilai *Slip* dari 0 – 0.1 dan *Guess* dari 0 – 0.3. Salah satu pengimplementasian *Knowledge Tracing* adalah *Bayesian Network*. Reperesentasi dari model *Knowledge Tracing* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Knowledge Tracing Model

Pada gambar 2.1 menunjukkan bahwa nilai *Slip* dan *Guess* terdapat pada soal atau materi.

2.4.1 Inferensi Knowledge Tracing terhadap User Model

Knowledge tracing digunakan untuk meng-*update* nilai *knowledge* yang ada pada *user model* sesaat setelah *user* menginputkan nilai mata kuliah wajib yang baik atau tidak baik. Proses *update* nilai *knowledge* merupakan inferensi langsung dari *knowledge tracing* kepada *user model*. Proses *update* nilai *knowledge* menggunakan algoritma yang dapat dilihat pada gambar 3.3.

```

if response == correct
    k = kt-1 * (1-slip) / (kt-1 * (1-slip) + guess * (1 - kt-1));
else
    k = kt-1 * slip / (kt-1 * slip + (1 - kt-1) * (1-guess));
kt = k + (1-k) * learning;
  
```

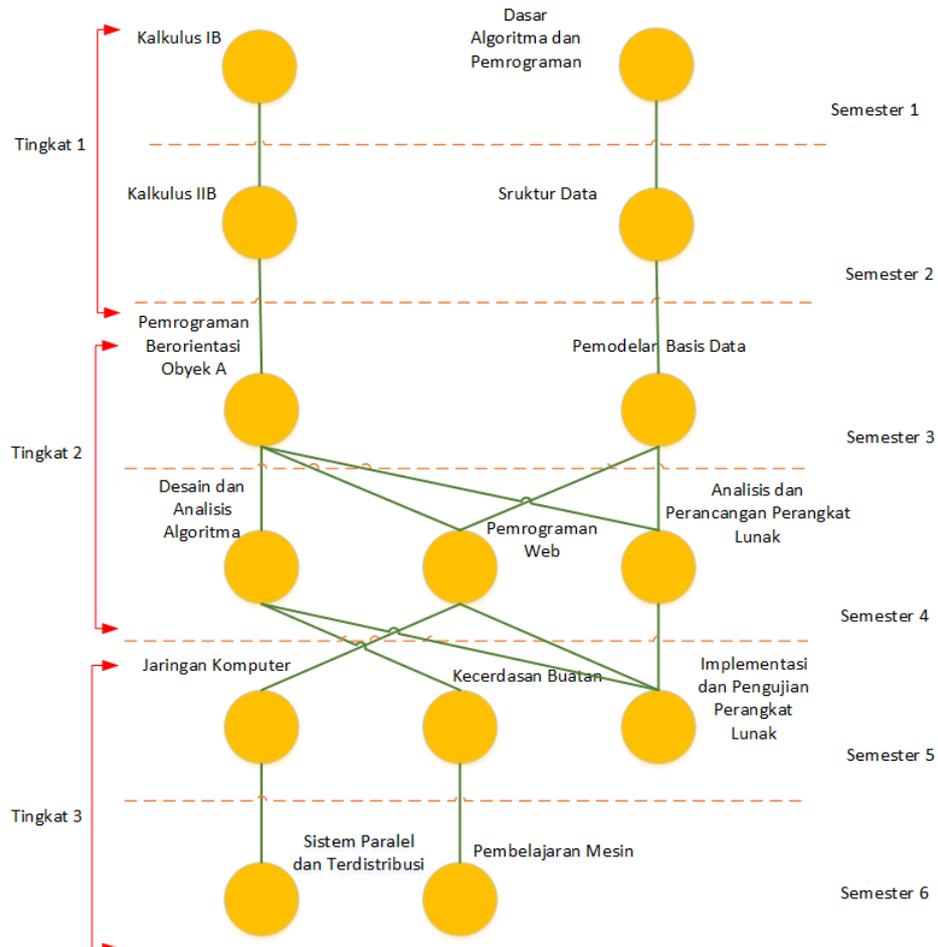
Dengan menggunakan algoritma tersebut, sesaat setelah *user* menginputkan nilai mata kuliah wajib itu responnya baik atau tidak baik maka nilai *knowledge user* akan di-*update* berdasarkan respon *user* sebelumnya. Algoritma pada gambar 3.3 memperlihatkan bahwa jika *user* memberikan respon *correct* maka *user* memberikan respon untuk nilai yang baik. Sedangkan jika *user* memberikan sebuah respon *incorrect* maka memperlihatkan *user* memberikan respon untuk nilai tidak baik. Dalam menentukan nilai *knowledge* parameter *learning* menentukan besar atau tidaknya *knowledge* sesaat setelah menginputkan nilai mata kuliah wajib pada tingkat 2 dan 3. Dengan nilai *knowledge* yang sudah dimiliki akan dilakukan sebuah prediksi kelulusan atau ketidaklulusan pada mata kuliah berikutnya menggunakan persamaan seperti berikut :

$$P(\text{correct}_t) = K_t * (1 - \text{slip}) + (1 - K_t) * \text{guess}$$

3. Sistem yang Dibangun

3.1 Deskripsi Alur Sistem

Tugas akhir ini difokuskan pada 2 model yaitu domain model (model yang menjadi layer utama dalam sistem prediksi kelulusan atau ketidakkululusan mahasiswa) dan user model (model yang berada dibawah layer domain dan menyimpan karakteristik *user*). *User model* akan menyimpan interaksi yang dilakukan user terhadap *domain model* termasuk nilai *knowledge* setiap kompetensi. *Knowledge tracing* melakukan inferensi terhadap user model untuk menentukan nilai *knowledge* setiap konsep. Data yang digunakan berdasarkan data mahasiswa tingkat 2 dan 3 di Universitas Telkom. Data tersebut diantaranya untuk mata kuliah wajib pada semester 3, 4, 5, dan 6. Adapun domain model pada sistem yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Domain Model Pada Sistem

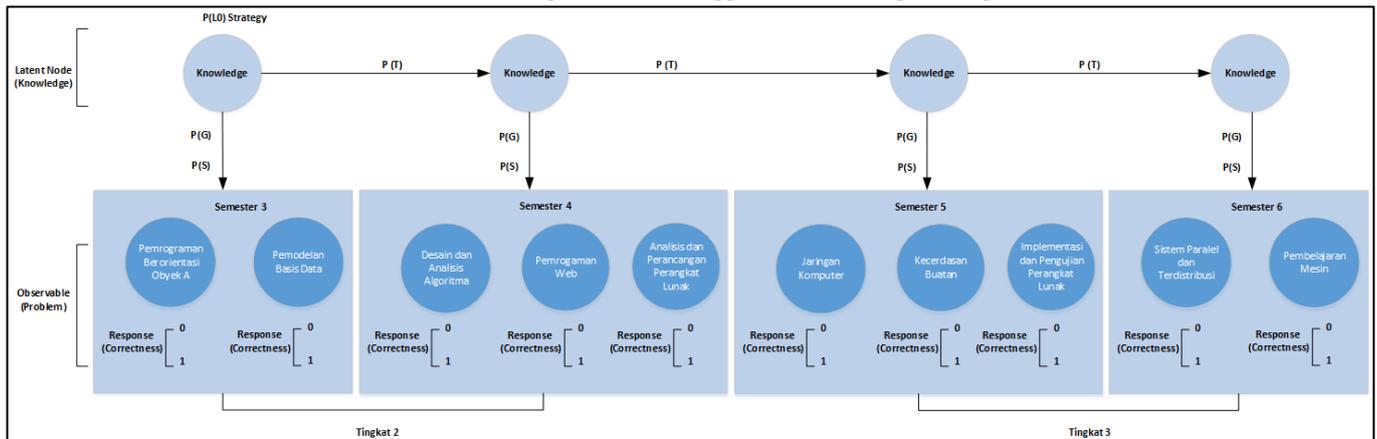
Aturan yang berlaku di dalam sistem yaitu terdapat mata kuliah wajib bernilai baik dan mata kuliah wajib bernilai tidak baik. Pada sistem, dapat diketahui apakah mahasiswa tersebut memiliki keterampilan pada mata kuliah wajib X. Selanjutnya sistem akan memproses hasil inputan nilai mata kuliah wajib yang mendapatkan nilai baik dan buruk (sebagai parameter) yang melibatkan keterampilan mahasiswa pada mata kuliah wajib X tersebut. Prediksi dilakukan melalui proses perhitungan dengan menggunakan metode *knowledge tracing* dan menghitung probabilitas dari parameter yang telah didapatkan. Melalui perhitungan tersebut akan diperoleh hasil atau resiko yang mungkin didapatkan oleh mahasiswa. Resiko tersebut berupa nilai kelulusan dan ketidakkululusan yang dapat mempengaruhi masa studi. Metode *knowledge tracing* yang digunakan diharapkan dapat memberikan prediksi kelulusan atau ketidakkululusan mahasiswa pada setiap mata kuliah wajib selanjutnya.

3.2 Analisis dan Perancangan Sistem

Pada sistem ini menggunakan nilai mata kuliah yang terdiri dari 5 mata kuliah wajib dari setiap tingkat. Dari banyak mata kuliah wajib, karakteristik pemilihan pengambilan beberapa mata kuliah wajib tertentu dikarenakan mata kuliah wajib tersebut memiliki presentase tingkat kelulusan yang rendah sehingga dapat dikategorikan sebagai mata kuliah wajib tersulit. Data yang diperoleh berasal dari Direktorat Sistem Informasi Universitas Telkom. Data tersebut berupa berdasarkan periode mahasiswa pada tingkat 2 dan 3 di Universitas

Telkom pada mata kuliah wajib semester 3, 4, 5, dan 6. Berdasarkan data tersebut nantinya akan diperoleh nilai *Guess* dan *Slip* yaitu mata kuliah wajib bernilai baik dan mata kuliah wajib bernilai tidak baik.

Gambar 3.2 Model pada Sistem menggunakan knowledge tracing



Berdasarkan ilustrasi gambar *knowledge tracing* tersebut, dapat dijelaskan beberapa spesifikasi untuk studi kasus yang digunakan, diantaranya waktu (mulai dari semester 3 sampai dengan semester 6) meliputi tingkat 2 dan tingkat 3. Selain itu untuk nilai *knowledge tracing* menggunakan respon kebenaran sistem dengan angka 0 dan 1 yang berarti untuk setiap mata kuliah wajib dengan indeks nilai A, AB, B, BC, dan C bernilai baik sehingga berlaku respon angka 1. Sedangkan untuk mata kuliah wajib dengan indeks nilai D dan E bernilai kurang baik sehingga berlaku respon angka 0.

Adapun analisis dan formulasi (penentuan K_0 , *Learning rate*, *update knowledge user*, hingga menetapkan nilai prediksi) dari studi kasus ini yaitu dengan penggunaan parameter *knowledge tracing* yang digunakan dalam sistem ini meliputi :

1. $P(L_0)$ atau K_0 adalah probabilitas nilai awal *knowledge user*, dimana nilai K_0 ditentukan dengan memasukkan nilai mata kuliah wajib pada tingkat 1 (semester 1 dan 2) dengan terdapat 4 mata kuliah wajib, yaitu Dasar Algoritma dan Pemrograman, Kalkulus IB, Kalkulus IIB, dan Struktur Data. Penetapan dasar 4 mata kuliah wajib ini sebagai K_0 dikarenakan mata kuliah wajib tersebut merupakan mata kuliah dengan presentase kelulusan paling rendah di tingkat 1 dan juga bersifat fleksibel agar dapat dilihat perbedaan untuk penentuan mata kuliah wajib lainnya di setiap tahunnya.

Adapun rentang nilai yang digunakan yaitu untuk indeks nilai A=4, indeks nilai AB=3.5, indeks nilai B=3, indeks nilai BC=2.5, indeks nilai C=2, dan indeks nilai D=1. Besaran nilai rentang tersebut diperoleh dari nilai angka mutu (NAM) standar indeks nilai Universitas Telkom. Maka perhitungan untuk mendapatkan nilai K_0 adalah sebagai berikut :

- Indeks nilai mata kuliah wajib Dasar Algoritma dan Pemrograman = B (3)
- Indeks nilai mata kuliah wajib Kalkulus IB = AB (3.5)
- Indeks nilai mata kuliah wajib Kalkulus IIB = B (3)
- Indeks nilai mata kuliah wajib Struktur Data = BC (2.5)

Kemudian data tersebut dijumlahkan dan dibagi dengan total jumlah NAM seperti berikut ini :

$$K_0 = (3+3.5+3+2.5)/16 = 0.7475.$$

Berdasarkan data indeks nilai tersebut maka diperoleh nilai K_0 sebesar 0.7475.

2. $P(T)$ atau *learning rate* pada sistem adalah konstan yaitu 0.15. Sebagaimana telah dibahas pada penelitian sebelumnya bahwa rentang nilai parameter *learning rate* adalah 0-0.3 dan nilainya konstan [15]. Kemudian user harus menginputkan indeks pencapaian nilai yang telah diperoleh pada semester yang telah ditentukan oleh sistem, yaitu 10 mata kuliah wajib atau 5 mata kuliah wajib dari tingkat 2 dan 3 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Daftar Nama Mata Kuliah Wajib

No	Nama Mata Kuliah Wajib
1	Pemrograman Berorientasi Obyek A
2	Pemodelan Basis Data
3	Desain dan Analisis Algoritma
4	Pemrograman Web
5	Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak
6	Jaringan Komputer
7	Kecerdasan Buatan
8	Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak
9	Sistem Paralel dan Terdistribusi
10	Pembelajaran Mesin

3. P (G) atau *Guess* adalah Nilai yang diperoleh dari perbandingan mata kuliah yang saling memiliki keterkaitan dan bernilai baik, yang digunakan pada algoritma *Knowledge Tracing* sehingga dapat mempengaruhi besar kecilnya sebuah nilai *knowledge* dari mata kuliah wajib tersebut. Adapun rentang nilai untuk parameter *Guess* adalah 0-0.3 [12].
4. P (S) atau *Slip* adalah Nilai yang diperoleh dari perbandingan mata kuliah yang saling memiliki keterkaitan dan bernilai tidak baik, yang digunakan pada algoritma *Knowledge Tracing* sehingga dapat mempengaruhi besar kecilnya sebuah nilai *knowledge* dari mata kuliah wajib tersebut. Adapun rentang nilai untuk parameter *Slip* adalah 0-0.1 [12].

Tabel 3.2 Daftar Slip Guess

Mahasiswa reguler tahun ke-2 (tingkat 2)				Mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2)			
No	Mata Kuliah	Slip	Guess	No	Mata Kuliah	Slip	Guess
1	Pemrograman Berorientasi Obyek A	0.006	0.28	1	Pemrograman Berorientasi Obyek A	0.023	0.1
2	Pemodelan Basis Data	0.03	0.23	2	Pemodelan Basis Data	0.027	0.05
3	Desain dan Analisis Algoritma	0.02	0.24	3	Desain dan Analisis Algoritma	0.034	0.07
4	Pemrograman Web	0.01	0.27	4	Pemrograman Web	0.048	0.2
5	Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak	0.02	0.25	5	Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak	0.047	0.18
6	Jaringan Komputer	0.002	0.3	6	Jaringan Komputer	0.06	0.17
7	Kecerdasan Buatan	0.04	0.19	7	Kecerdasan Buatan	0.067	0.21
8	Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak	0.02	0.23	8	Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak	0.071	0.19
				9	Sistem Paralel dan Terdistribusi	0.01	0.23
				10	Pembelajaran Mesin	0.03	0.27

Adapun perhitungan untuk mendapatkan nilai *slip* dan *guess* seperti tabel diatas dengan menghitung standar deviasi dari data keterkaitan mata kuliah wajib antara satu dan yang lainnya[15].

5. Setiap selesai menginputkan indeks pencapaian nilai, maka nilai *knowledge user* akan *diupdate* sesuai dengan performa user (nilai mk yang di inputkan). Adapun algoritmanya sebagai berikut :

```

if kt-1 >= 0.5
    k = kt-1 * (1-slip) / (kt-1 * (1-slip) + guess * (1- kt-1 ));
else
    k = kt-1 * slip / (kt-1 *slip + (1- kt-1 ) * (1-guess));
kt = k + (1-k) * learning;

```

6. *User* akan mendapatkan prediksi mengenai kelulusan atau ketidaklulusan dari setiap mata kuliah wajib. Adapun rumus inferensi sebagai berikut :

$$P(\text{Prediksi}) = k_t * (1-slip) + (1- k_t) * guess$$

4. Evaluasi

4.1 Pengujian Sistem

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui performansi parameter *knowledge tracing* sebagai metode dalam prediksi masa studi mahasiswa. Adapun parameter yang digunakan dalam pengujian yaitu parameter *independent* meliputi *K0*, *learning rate*, *Slip*, *Guess*, dan *knowledge* dari setiap *user*, sedangkan untuk parameter *dependent* meliputi kelulusan mata kuliah wajib. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai mata kuliah di tiap tingkat. Adapun tujuan pengujian adalah untuk melihat tingkat kelulusan pada mahasiswa yang diketahui dengan menggunakan implementasi algoritma *knowledge tracing* dalam memprediksi masa studi mahasiswa.

4.2 Skenario Pengujian

Penentuan nilai atau rentang nilai pada keempat parameter tersebut diberlakukan dengan cara yang berbeda – beda namun masih pada rentang yang telah ditentukan pada perancangan sistem. Setiap melakukan pengujian sebuah parameter maka parameter yang lain nilai dibuat konstan namun mengacu tetap pada skenario utama yaitu skenario pengujian pada parameter respon *user*. Skenario pengujian yang dilakukan dengan melibatkan 2 kasus uji coba. Dimana masing-masing kasus memiliki beberapa uji coba, diantaranya :

1. Kasus 1 pengujian menggunakan mahasiswa reguler tahun ke-2 (tingkat 2). Pada kasus 1 dilakukan 2 uji coba (data semester 3 dan data dari semester 3 sampai dengan semester 4). Pengujian ini difokuskan untuk melihat kelulusan masa studi mahasiswa reguler namun melalui keberhasilan menyelesaikan mata kuliah wajib di setiap semesternya.
2. Kasus 2 pengujian menggunakan mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2). Pada kasus 2 dilakukan 4 uji coba (data semester 3, data dari semester 3 sampai dengan semester 4, data dari semester 3 sampai dengan semester 5, dan data dari semester 3 sampai dengan semester 6). Pengujian ini difokuskan untuk melihat kelulusan masa studi mahasiswa pindahan.

Berdasarkan pengujian tersebut, dapat diketahui persamaan dan perbedaan pengujian yang dilakukan yaitu kedua kasus tersebut sama-sama memiliki tujuan untuk mengetahui kelulusan masa studi mahasiswa, selain itu uji coba yang dilakukan dimulai dari semester 3. Sedangkan perbedaannya, untuk kasus 1 melalui proses dengan melihat kelulusan mata kuliah agar dapat menyelesaikan masa studi tepat waktu atau tidak tepat waktu, selain itu disetiap uji cobanya hanya melibatkan 2-5 mata kuliah wajib. Untuk kasus 2 pengujian yang dilakukan langsung difokuskan untuk mengetahui masa studi mahasiswa karena telah mendapatkan hasil real kelulusan mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2), selain itu data uji coba yang digunakan 2-10 mata kuliah wajib.

Pengujian yang dilakukan dengan menghitung parameter yang digunakan pada *Knowledge Tracing*. Adapun besaran parameter-parameter yang digunakan tersebut diantaranya :

1. Nilai *K0* didapat dengan memasukkan nilai mata kuliah wajib pada semester 1 dan semester 2 untuk setiap pengujian.
2. Nilai *P(T)* atau *learning rate* diperoleh dari rata-rata masa studi mahasiswa di Fakultas Informatika dengan rentang nilai sebesar 0-0.3.
3. Nilai *Guess* diperoleh dari perhitungan dengan menghitung standar deviasi dari data keterkaitan mata kuliah wajib antara satu dan yang lainnya yang memiliki nilai baik.
4. Nilai *Slip* diperoleh dari perhitungan dengan menghitung standar deviasi dari data keterkaitan mata kuliah wajib antara satu dan yang lainnya yang memiliki nilai tidak baik.

4.3 Hasil Pengujian

1. Kasus 1 pengujian untuk mahasiswa reguler tahun ke-2 (tingkat 2)
 - a. Uji coba 1

Berdasarkan proses perhitungan *knowledge tracing*, didapatkan hasil prediksi yang kemudian dibandingkan dengan indeks nilai riil mahasiswa. Perhitungan *knowledge tracing* tersebut digunakan untuk memprediksi indeks nilai pencapaian pada semester 5. Maka diperoleh prediksi masa studi mahasiswa dengan kelulusan tepat waktu atau tidak tepat waktu. Data pengujian untuk kasus 1 menggunakan data semester 3 yang dihitung per-mahasiswa dari banyaknya data sebanyak 80 mahasiswa reguler tahun ke-2 (tingkat 2). Adapun *precision* yang didapatkan dari data tersebut sebagai berikut :

Data Uji yang digunakan :

Jumlah semester = 1 (Semester 3)

Jumlah mata kuliah wajib = 2 (Pemrograman Berorientasi Obyek A dan Pemrograman Basis Data)

Tabel 4.2 Kasus 1 Data Semester 3

No	Keterangan	Hasil Prediksi	Precision kecocokan jumlah data riil dengan hasil prediksi
1	Lulus Tepat Waktu	70	45.8%
2	Lulus Tidak Tepat Waktu	10	

Melihat tabel hasil uji coba diatas, diperoleh *precision* kecocokan jumlah data riil dengan hasil prediksi sebesar 45.8%. Hal ini didapatkan dari kecocokan nilai mata kuliah wajib pada semester 5 yang diambil berdasarkan nilai rata-rata *precision* setiap mahasiswa. Hasil *precision* dari uji coba 1 ini menunjukkan kategori *precision* dengan tingkat interpretasi sedang, berdasarkan rentang nilai interpretasi *precision* [16].

b. Uji coba 2

Berdasarkan proses perhitungan *knowledge tracing*, didapatkan hasil prediksi yang kemudian dibandingkan dengan indeks nilai riil mahasiswa. Perhitungan *knowledge tracing* tersebut digunakan untuk memprediksi indeks nilai pencapaian pada semester 5. Maka diperoleh prediksi masa studi mahasiswa dengan kelulusan tepat waktu atau tidak tepat waktu. Data pengujian untuk kasus 1 menggunakan data dari semester 3 sampai dengan semester 4 yang dihitung per-mahasiswa dari banyaknya data sebanyak 80 mahasiswa reguler tahun ke-2 (tingkat 2).

Adapun *precision* yang didapatkan dari data tersebut adalah sebagai berikut :

Data Uji yang digunakan :

Jumlah semester = 2 (Semester 3 dan 4)

Jumlah mata kuliah wajib = 5 (Pemrograman Berorientasi Obyek A, Pemrograman Basis Data, Desain dan Analisis Algoritma, Pemrograman Web, dan Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak)

Tabel 4.3 Kasus 1 Data Dari Semester 3 Sampai dengan Semester 4

No	Keterangan	Hasil Prediksi	Precision kecocokan jumlah data riil dengan hasil prediksi
1	Lulus Tepat Waktu	50	69.6%
2	Lulus Tidak Tepat Waktu	30	

Melihat tabel hasil uji coba diatas, diperoleh *precision* kecocokan jumlah data riil dengan hasil prediksi sebesar 69.6%. Hal ini didapatkan dari kecocokan nilai mata kuliah wajib dari semester 5 yang diambil berdasarkan nilai rata-rata *precision* setiap mahasiswa. Hasil *precision* dari uji coba 2 ini menunjukkan kategori *precision* dengan tingkat interpretasi tinggi, berdasarkan rentang nilai interpretasi *precision* [16].

Summary kasus 1 :

Tabel 4.5 Kasus 1 Data Summary

Uji Coba Kasus 1	Total Precision
Data Semester 3	45.8%
Data dari Semester 3 sampai dengan Semester 4	69.6%
Precision Terbaik	69.6%

Berdasarkan *Summary* diatas, dapat diketahui bahwa waktu terbaik saat melakukan prediksi untuk angkatan 2015 adalah ketika mahasiswa telah melewati mata kuliah dari semester 3 sampai dengan semester 4 yaitu dengan *precision* sebesar 69.6%. Hal ini dikarenakan mahasiswa yang telah melewati mata kuliah sampai dengan semester 4 berpotensi lebih memiliki kemandirian terhadap bobot materi kuliah dan dapat menyesuaikan diri sesuai dengan minat dan bakat terhadap isi materi dari mata kuliah mahasiswa reguler tahun ke-2 (tingkat 2).

2. Kasus 2 pengujian untuk mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2)

a. Uji coba 1

Berdasarkan proses perhitungan *knowledge tracing*, didapatkan hasil prediksi yang kemudian dibandingkan dengan indeks nilai riil mahasiswa. Maka diperoleh prediksi masa studi mahasiswa dengan kelulusan tepat waktu atau tidak tepat waktu. Perhitungan *knowledge tracing* menggunakan data semester 3 yang dihitung per-mahasiswa dari banyaknya data sebanyak 85 mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2). Adapun *precision* yang didapatkan dari data tersebut adalah sebagai berikut :

Data Uji yang digunakan :

Jumlah semester = 1 (Semester 3)

Jumlah mata kuliah wajib = 2 (Pemrograman Berorientasi Obyek A dan Pemrograman Basis Data)

Tabel 4.6 Kasus 2 Data Semester 3

No	Data Riil Kelulusan	Hasil Prediksi		Precision [a/(a+b)]*100
		Tepat Waktu	Tidak Tepat Waktu	
1	Tepat Waktu	28	17	62.2%
2	Tidak Tepat Waktu	16	24	60%
Rata-Rata				61.1%

Melihat tabel hasil uji coba diatas, diperoleh *precision* kecocokan jumlah data riil dengan hasil prediksi sebesar 61.1%. Hal ini didapatkan dari ketepatan hasil kelulusan mahasiswa riil dengan hasil prediksi,

kemudian diambil berdasarkan nilai rata-rata *precision* setiap mahasiswa. Hasil *precision* dari uji coba 1 ini menunjukkan kategori *precision* dengan tingkat interpretasi sedang, berdasarkan rentang nilai interpretasi *precision* [16].

b. Uji coba 2

Berdasarkan proses perhitungan *knowledge tracing*, didapatkan hasil prediksi yang kemudian dibandingkan dengan indeks nilai riil mahasiswa. Maka diperoleh prediksi masa studi mahasiswa dengan kelulusan tepat waktu atau tidak tepat waktu. Perhitungan *knowledge tracing* menggunakan data dari semester 3 sampai dengan semester 4 yang dihitung per-mahasiswa dari banyaknya data sebanyak 85 mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2). Adapun *precision* yang didapatkan dari data tersebut adalah sebagai berikut: Data Uji yang digunakan :

Jumlah semester = 2 (Semester 3 dan 4)

Jumlah mata kuliah wajib = 5 (Pemrograman Berorientasi Obyek A, Pemrograman Basis Data, Desain dan Analisis Algoritma, Pemrograman Web, dan Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak)

Tabel 4.7 Kasus 2 Data dari Semester 3 Sampai dengan Semester 4

No	Data Riil Kelulusan	Hasil Prediksi		Precision [a/(a+b)]*100
		Tepat Waktu	Tidak Tepat Waktu	
1	Tepat Waktu	27	18	60%
2	Tidak Tepat Waktu	14	26	65%
Rata-Rata				62.5%

Melihat tabel hasil uji coba diatas, diperoleh *precision* kecocokan jumlah data riil dengan hasil prediksi sebesar 62.5%. Hal ini didapatkan dari ketepatan hasil kelulusan mahasiswa riil dengan hasil prediksi, kemudian diambil berdasarkan nilai rata-rata *precision* setiap mahasiswa. Hasil *precision* dari uji coba 2 ini menunjukkan kategori *precision* dengan tingkat interpretasi sedang, berdasarkan rentang nilai interpretasi *precision* [16].

c. Uji coba 3

Berdasarkan proses perhitungan *knowledge tracing*, didapatkan hasil prediksi yang kemudian dibandingkan dengan indeks nilai riil mahasiswa. Maka diperoleh prediksi masa studi mahasiswa dengan kelulusan tepat waktu atau tidak tepat waktu. Perhitungan *knowledge tracing* menggunakan data dari semester 3 sampai dengan semester 5 yang dihitung per-mahasiswa dari banyaknya data sebanyak 85 mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2). Adapun *precision* yang didapatkan dari data tersebut adalah sebagai berikut: Data Uji yang digunakan :

Jumlah semester = 3 (Semester 3, 4, dan 5)

Jumlah mata kuliah wajib = 8 (Pemrograman Berorientasi Obyek A, Pemrograman Basis Data, Desain dan Analisis Algoritma, Pemrograman Web, Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak, Jaringan Komputer, Kecerdasan Buatan, dan Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak)

Tabel 4.8 Kasus 2 Data dari Semester 3 Sampai dengan Semester 5

No	Data Riil Kelulusan	Hasil Prediksi		Precision [a/(a+b)]*100
		Tepat Waktu	Tidak Tepat Waktu	
1	Tepat Waktu	39	6	86.7%
2	Tidak Tepat Waktu	14	26	65%
Rata-Rata				75.8%

Melihat tabel hasil uji coba diatas, diperoleh *precision* kecocokan jumlah data riil dengan hasil prediksi sebesar 75.8%. Hal ini didapatkan dari ketepatan hasil kelulusan mahasiswa riil dengan hasil prediksi, kemudian diambil berdasarkan nilai rata-rata *precision* setiap mahasiswa. Hasil *precision* dari uji coba 3 ini menunjukkan kategori *precision* dengan tingkat interpretasi tinggi, berdasarkan rentang nilai interpretasi *precision* [16].

d. Uji coba 4

Berdasarkan proses perhitungan *knowledge tracing*, didapatkan hasil prediksi yang kemudian dibandingkan dengan indeks nilai riil mahasiswa. Maka diperoleh prediksi masa studi mahasiswa dengan kelulusan tepat waktu atau tidak tepat waktu. Perhitungan *knowledge tracing* menggunakan data dari semester 3 sampai dengan semester 6 yang dihitung per-mahasiswa dari banyaknya data sebanyak 85 mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2). Adapun *precision* yang didapatkan dari data tersebut adalah sebagai berikut: Data Uji yang digunakan :

Jumlah semester = 4 (Semester 3, 4, 5, dan 6)

Jumlah mata kuliah wajib = 10 (Pemrograman Berorientasi Obyek A, Pemrograman Basis Data, Desain dan Analisis Algoritma, Pemrograman Web, Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak, Jaringan Komputer, Kecerdasan Buatan, Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak, Pembelajaran Mesin, dan Sistem Paralel dan Terdistribusi)

Tabel 4.9 Kasus 2 Data dari Semester 3 Sampai dengan Semester 6

No	Data Riil Kelulusan	Hasil Prediksi		Precision [a/(a+b)]*100
		Tepat Waktu	Tidak Tepat Waktu	
1	Tepat Waktu	28	17	62.2%
2	Tidak Tepat Waktu	6	34	85%
Rata-Rata				73.6%

Melihat tabel hasil uji coba diatas, diperoleh *precision* kecocokan jumlah data riil dengan hasil prediksi sebesar 73.6%. Hal ini didapatkan dari ketepatan hasil kelulusan mahasiswa riil dengan hasil prediksi, kemudian diambil berdasarkan nilai rata-rata *precision* setiap mahasiswa. Hasil *precision* dari uji coba 4 ini menunjukkan kategori *precision* dengan tingkat interpretasi tinggi, berdasarkan rentang nilai interpretasi *precision* [16]. Namun pada uji coba 4 terjadi penurunan hasil *precision* dibandingkan dengan uji coba 3, hal ini dipengaruhi oleh besaran *slip* dan *guess* pada mata kuliah semester 6 hal ini mempengaruhi hasil penurunan *precision* dibandingkan dengan *precision* yang ada pada uji coba 3.

Summary kasus 2 :

Tabel 4.10 Kasus 2 Data Summary

Uji Coba Kasus 1	Total Precision
Data Semester 3	61.1%
Data dari Semester 3 sampai dengan Semester 4	62.5%
Data dari Semester 3 sampai dengan Semester 5	75.8%
Data dari Semester 3 sampai dengan Semester 6	73.6%
Precisoin Terbaik	75.8%

Berdasarkan *Summary* diatas, dapat diketahui bahwa waktu terbaik saat melakukan prediksi untuk angkatan 2016 pindahan adalah ketika mahasiswa telah melewati mata kuliah dari semester 3 sampai dengan semester 5 yaitu dengan *precision* sebesar 75.8%. Mahasiswa angkatan 2016 pindahan yang telah melewati mata kuliah sampai dengan semester 5, berpotensi lebih banyak memiliki kesempatan untuk menyelesaikan sisa sks mata kuliah dan mengambil mata kuliah di tingkat atas sesuai dengan peminatan dan bakat terhadap isi materi dari mata kuliah mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2) nantinya sehingga mempengaruhi masa studi mahasiswa.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, analisis dan pengujian dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada kasus 1, dapat diketahui bahwa waktu terbaik saat melakukan prediksi untuk mahasiswa reguler tahun ke-2 (tingkat 2) adalah ketika mahasiswa telah melewati mata kuliah dari semester 3 sampai dengan semester 4 yaitu dengan *precision* sebesar 69.6%.
2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada kasus 2, dapat diketahui bahwa waktu terbaik saat melakukan prediksi untuk mahasiswa pindahan tahun ke-2 (tingkat 2) adalah ketika mahasiswa telah melewati mata kuliah dari semester 3 sampai dengan semester 5 yaitu dengan *precision* sebesar 75.8%.
3. Parameter – parameter *knowledge tracing* yaitu K_0 , *slip*, *guess* dan *learning rate* berpengaruh terhadap nilai *knowledge*.
4. Dari beberapa paper atau referensi, cara mendapatkan parameternya dapat berbeda dari berbagai cara. Misalnya studi kasus prediksi untuk melihat kompetensi siswa, cara memperoleh K_0 -nya dengan menggunakan uji soal sehingga nilai K_0 belum pasti besar atau kecilnya, atau belum diketahui secara langsung. Begitu pula untuk studi kasus lain, bisa berbeda pula dilihat dari sisi mencari *slip* dan *guess*-nya. Maka dari itu, dapat disarankan untuk menggunakan referensi yang dipandang paling sesuai dengan studi kasus yang akan dibahas. Hal ini dimaksudkan karena besar kecilnya hasil prediksi tergantung sudut pandang cara menetapkan parameter *Knowledge Tracing*.

Daftar Pustaka

- [1] Meinanda, dkk. 2009. *Prediksi Masa Studi Sarjana dengan Artificial Neural Network*. Bandung. Institut Teknologi Bandung
- [2] Fatriandini, Serli. 2013. *Pembangunan Model Prediksi Kelulusan Tepat Waktu menggunakan Neuro Fuzzy*. Bandung. Universitas Telkom
- [3] Adha, Rahmadhil. 2011. *Penggunaan Algoritma Genetika dan Sistem Fuzzy Untuk Prediksi Potensi Drop Out Mahasiswa IT Telkom 2011*
- [4] Rismala, Rita. 2011. *Analisis Perbandingan Evolution Strategies dan differential Evolution pada Prediksi Data Time Series Studi Kasus Kurs Jual Emas*. Bandung. Institut Teknologi Telkom
- [5] Z. A. Pardos and N. T. Heffernan, "Modeling Individualization in a Bayesian Networks Implementation of Knowledge Tracing," In *Proceedings of the 18th International Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, no. Hawaii, pp. 255-266, 2010.
- [6] A. T. Corbett and J. R. Anderson., "Knowledge Tracing: Modeling the Acquisition of," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, no. 4, pp. 253-278, 1995.
- [7] J. E. Beck and J. Sison, "Using knowledge tracing to measure student reading," *Intelligent Tutoring Systems*, pp. 624-634, 2004.
- [8] G. Fischer, "User Modeling in Human - Computer Interaction," *User Modeling and User - Adapted Interaction*, no. 11, pp. 65-86, 2001.
- [9] A. I. Cristea and A. d. Mooij, "LAOS: Layered WWW AHS Authoring Model and their," in *WWW03 (The Twelfth International World Wide Web Conference)*, Budapest, Hungaria, 2003.
- [10] Prawiradilaga, Dewi Salma. 2012. *Wawasan Teknologi Pendidikan*. (Jakarta: Kencana Prenada Media Group.)
- [11] Barnes T. (2005). *The Q-matrix Method: Mining Student Response Data for Knowledge*. In: *Proceedings of AAAI 2005 Educational Data Mining Workshop*.
- [12] R. S. Baker, A. T. Corbett and V. Aleven, "Human-Computer Interaction Institute," *More Accurate Student Modeling Through Contextual Estimation of Slip and Guess Probabilities in Bayesian Knowledge Tracing*, 2008.
- [13] Y. Gong, J. E. Beck and N. T. Heffernan, "How to Construct More Accurate Student Models: Comparing and Optimizing Knowledge Tracing and Performance Factor," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2010.
- [14] Corbett, A. T.; Anderson, J. R. (1995). "Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge". *User Modeling and User-Adapted Interaction*. 4 (4): 253–278.
- [15] Z. A. Pardos and N. T. He_ernan. *Modeling individualization in a bayesian networks implementation of knowledge tracing*. In P. D. Bra, A. Kobsa, and D. N. Chin, editors, *UMAP*, volume 6075 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 255{266. Springer, 2010.
- [16] Haniati, Umi. 2013. *Efektivitas Opac Perpustakaan Stikes Ahmad Yani Yogyakarta (Tinjauan Recall Dan Precision Dengan Pendekatan Judul Dan Subjek)*. Skripsi. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Lampiran

Lampiran 1 Surat Pengajuan Permintaan Data Penelitian



Nomor :
 Lampiran : 1
 Bandung, 29 Agustus 2018

Kepada Yth, **Direktorat Sistem Informasi Universitas Telkom Bandung**

Gd. Panambulai Lt.2 Jl. Telekomunikasi No. 01, Terusan Buah Batu, Sukapura,
 Dayeuhkolot, Sukapura, Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat 40257

Perihal : **Mencari Data dan Referensi untuk Tugas Akhir**

Dengan hormat,

Dalam rangka menyelesaikan studi di Program Strata 1 Teknik Informatika, mahasiswa Fakultas Informatika Universitas Telkom berikut ini :

Nama : Setyadi Putra Rahmandya
NIM : 1301168514
Judul TA : Implementasi Metode Knowledge Tracing Untuk Memprediksi Masa Studi Mahasiswa Menggunakan Pengetahuan Sebelumnya

Mohon mahasiswa tersebut dapat diberi ijin untuk mengerjakan dan mencari data untuk Tugas Akhir di Instansi/perusahaan yang Bapak/Ibu pimpin.

Adapun data yang di butuhkan adalah sebagai berikut :

1. Data mahasiswa dan pengambilan mata kuliah wajib dari semester 1 sampai dengan semester 5 untuk angkatan 2015 reguler sebanyak 100 mahasiswa.
2. Data mahasiswa dan pengambilan mata kuliah wajib dari semester 1 sampai dengan semester 6 untuk angkatan 2016 ekstensi sebanyak 100 mahasiswa.
3. Data persentase kelulusan mata kuliah wajib dari semester 1 sampai dengan semester 6.
4. History data mahasiswa angkatan 2015 reguler dan angkatan 2016 ekstensi yang pernah mengulang, remedial atau ujian khusus pada mata kuliah wajib.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih.

Hormat kami,
 Pembimbing 1

Dade Nurjanah, Ir., M.T., PhD
 NIP : 97730005

Kaprodi S1 Teknik Informatika

Said Al Faraby, S.T., M.Sc.
 NIP : 15890019

Lampiran 2 Data Tingkat Kelulusan Mata Kuliah Progam Studi Informatika

No	Nama Mata Kuliah	Persentase Kelulusan Mahasiswa Reguler tahun ke-2 (tingkat 2)	Persentase Kelulusan Mahasiswa Pindahan tahun ke-2 (tingkat 2)
1	Kalkulus IB	64.70%	69.4%
2	Dasar Algoritma dan Pemrograman	78.82%	76.47%
3	Kalkulus IIB	68.23%	70.58%
4	Struktur Data	60%	67.64%
5	Pemrograman Berorientasi Obyek A	70%	78.82%
6	Pemodelan Basis Data	73.75%	70.58%
7	Desain dan Analisis Algoritma	65%	67.64%
8	Pemrograman Web	66.25%	70.58%
9	Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak	73.75%	75.29%
10	Jaringan Komputer	75% ⁰	75.29%
11	Kecerdasan Buatan	68.75%	61.17%
12	Implementasi dan Pengujian Perangkat Lunak	-	70.58%
13	Sistem Paralel dan Terdistribusi	-	76.47%
14	Pembelajaran Mesin	-	77.64%