

Pengembangan *Intelligent Tutoring System* Menggunakan *Bayesian Network*

Dita Fauzia¹, Wahyudin², Rasim³

[#] *Departemen Pendidikan Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia
Jln. Setiabudhi No.229, 40154, indonesia*

¹ dita.fauzia, @gmail.com

^{2,3} {wahyudin, rasim}@upi.edu

Abstrak — Dalam pelaksanaan proses kegiatan pembelajaran, setiap siswa memiliki kemampuan dan daya serap yang berbeda. Hal ini menyebabkan mereka mengalami kesulitan-kesulitan yang beragam. Perbedaan tingkat pemahaman tersebut menyebabkan para siswa sulit untuk menyelaraskan kemampuannya dengan seluruh siswa, sehingga mereka tidak dapat mencapai tujuan belajar yang diharapkan. Untuk itu, diperlukan usaha untuk memahami keberagaman kesulitan dari para siswa, agar proses pembelajaran dapat selaras dengan tingkat pemahaman para siswa secara individual. Penelitian ini dilakukan untuk membangun suatu *Intelligent Tutoring System* dengan menggunakan *Bayesian Network* yang dapat merekomendasikan materi yang sesuai dengan tingkat pemahaman siswa. Penggunaan *Bayesian Network* dalam sistem ini yaitu dapat memberikan saran penyajian materi berdasarkan probabilitas materi prasyarat yang dihitung dengan teorema bayes. Hasil dari pengembangan *Intelligent Tutoring System* yang dikembangkan mampu membantu pengguna merekomendasikan materi sesuai dengan tingkat pemahaman secara individu. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai umpan balik yang diberikan oleh pengguna sebesar 80,58%.

Kata Kunci—*Intelligent Tutoring System, Bayesian Network.*

I. PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi informasi dan telekomunikasi saat ini menjadi sebuah jembatan bagi kebutuhan masyarakat akan informasi yang cepat. Tidak dipungkiri lagi saat ini sektor teknologi informasi dan telekomunikasi merupakan sektor yang cukup dominan dan telah dipakai diberbagai bidang salah satunya yaitu bidang pendidikan. Pemanfaatan teknologi dalam bidang pendidikan bisa dijadikan alat dalam mendukung pengembangan pengetahuan bagi para siswa.

Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan dalam bidang pendidikan adalah *Intelligent Tutoring System* (ITS). *Intelligent Tutoring System* (ITS) merupakan sebuah aplikasi komputer yang mempunyai *Artificial Intelligence* (AI) dalam melakukan pembelajaran dengan meniru mimik manusia dalam mengajar dan memberikan tanya jawab ke pengguna/siswa [1]. Sistem pembelajaran cerdas adalah generasi sistem komputer yang bertujuan untuk mendukung dalam meningkatkan proses belajar

mengajar, karena ITS ini memiliki kelebihan dibanding pengajaran konvensional yaitu dengan menggunakan pendekatan *one-to-one* antara ITS dan siswa [2]. Sehingga ITS dapat memperhatikan keberagaman tingkat kemampuan siswa dan mengajarkan materi sesuai dengan kemampuan yang dimilikinya.

Dalam implementasi pembangunan *Intelligent Tutoring System* (ITS) ini, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan salah satunya adalah dengan menggunakan *Bayesian Network*[3]. [4] menggambarkan penggunaan *Bayesian Network* dengan mendefinisikan metode tersebut untuk komponen utama ITS yaitu pada *domain knowledge* berbentuk peta yang memiliki ketergantungan antar topik. Kemudian topik berhubungan dengan variabel *student module* sehingga hasilnya diintegrasikan dengan cara pembelajaran siswa berdasarkan opsi yang ada pada *pedagogical module*.

Bayesian Network telah dibanyak diterapkan pada *Intelligent Tutoring System* (ITS). [3] menyelidiki pemodelan yang dipakai untuk sistem cerdas dalam beberapa penelitian dengan hasil, teknik *Bayesian Network* dan *Fuzzy* merupakan teknik pemodelan yang sangat jelas, karena metode ini lebih difokuskan untuk membangun komponen *student module* dan *pedagogical module* di ITS agar dapat menciptakan interaksi dalam proses pembelajaran. Kemudian [5] menerapkan *Bayesian Network* pada *Intelligent Tutoring System* (ITS) berbasis Web untuk pemrograman komputer, dengan tujuan merekomendasikan tujuan pembelajaran ketika sebuah konsep tertentu tidak dipahami.

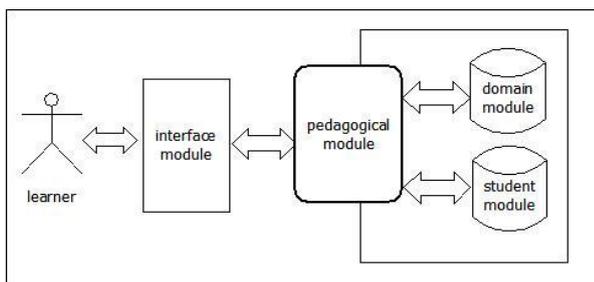
Intelligent Tutoring System (ITS) dengan menggunakan pendekatan *Bayesian Network* ini dirasa dapat dimanfaatkan dalam masalah yang telah dipaparkan sebelumnya. Dengan mengembangkan sistem *Intelligent Tutoring System*, diharapkan pendidik dapat melihat kesulitan siswa melalui evaluasi soal yang diberikan. Sehingga pendidik dapat memberikan perhatian lebih dan memberikan rekomendasi materi yang seharusnya dipelajari lebih dalam agar tujuan pembelajaran dapat tercapai.

II. INTELLIGENT TUTORING SYSTEM

Intelligent Tutoring System (ITS) adalah salah satu aplikasi komputer yang menggunakan teknik kecerdasan buatan dalam melakukan pembelajaran dengan meniru mimik manusia dalam kegiatan belajar mengajar [6]. Seperti yang disampaikan oleh [7] ITS merupakan sebuah aplikasi komputer yang mempunyai kecerdasan dalam melakukan pembelajaran.

Penggunaan kecerdasan buatan dalam aplikasi ITS ini yaitu untuk memahami kondisi dan karakteristik siswa yang berbeda-beda. Selain itu kecerdasan buatan dalam sistem cerdas ini juga dapat mengetahui kelemahan siswa, sehingga dapat diambil keputusan pedagogik untuk mengatasinya. Dengan demikian aplikasi ITS dapat melakukan adaptasi sesuai kebutuhan pengguna.

Secara umum *Intelligent Tutoring System* memiliki beberapa komponen yang terintegrasi dan membangun sebuah sistem, seperti yang disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Komponen ITS [8]

Terdapat 4 komponen dalam sebuah ITS [9], diantaranya:

1. Domain Module (Domain Knowledge)

Domain module ini juga disebut dengan *domain knowledge*, dalam beberapa literatur model ini berkaitan dengan model domain tertentu dari arsitektur lain. Domain ini mendeskripsikan pendapat, pemahaman, dan pengetahuan dari para pakar di bidang dimana ITS ini digunakan. Tujuan dari model domain ini adalah untuk menyimpan, memanipulasi dan menyusun informasi pengetahuan, konsep, dan materi pembelajaran yang akan diajarkan. Domain ini juga dapat digunakan untuk mendiagnosa letak kesulitan belajar siswa dengan cara dibandingkan dengan pengetahuan siswa.

2. Student Module (Student Knowledge)

Student module adalah bagian yang memodelkan pengetahuan dan perilaku siswa yang dimodelkan sehingga dapat dipahami oleh sistem. Komponen *Student Modul* ini mencakup beberapa data seperti informasi mengenai data pribadi pelajar, parameter interaksi yang menyimpan informasi mengenai interaksi sistem dengan siswa (contohnya jenis dan tipe materi yang diakses, latihan yang diikuti, dll). Data Komponen dari model ini ditujukan untuk

menyimpan, mengelola, menganalisis informasi dari profil pelajar seperti seberapa jauh pengetahuan dari pelajar tersebut. Pengetahuan siswa tersebut kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan *domain knowledge* sehingga dapat diketahui kesenjangan pengetahuan antara siswa dengan pengetahuan yang diharapkan. Tujuannya adalah untuk memberikan bimbingan secara personal bagi masing-masing pelajar berdasarkan profilnya.

3. Pedagogical/Tutor Module

Tutor / Pedagogical Model merupakan bagian dari *Intelligent Tutoring System* yang melakukan tindakan korektif atas *gap knowledge* antara *domain knowledge*. Tindakan korektif tersebut bertujuan untuk menangani strategi pengajaran yang akan digunakan oleh masing-masing siswa dengan menyediakan informasi strategi belajar berdasarkan tingkat pengetahuan pelajar, dan pemahaman konsep. Modul ini seperti model bimbingan belajar yang menyediakan informasi mengenai strategi pengajaran yang akan digunakan masing-masing siswa.

4. Interface Module (Communication Knowledge)

Interface Module merupakan komponen perantara antara sistem dan pelajar untuk berkomunikasi. Komponen ini tidak memiliki aturan baku dalam merancang bagian *interface*, tetapi yang lebih penting untuk diperhatikan yaitu keefektifan dan ditampilkan baik secara informatif, grafis, maupun kombinasi keduanya. Modul ini mengintegrasikan beberapa jenis informasi yang diperlukan dalam komunikasi antar sistem dan pengguna. Bagian ini akan menampilkan informasi atau data yang terdapat dalam sistem serta menerima masukan secara langsung dari pengguna untuk disalurkan pada modul-modul ITS untuk diolah lebih lanjut.

III. NAÏVE BAYES

Naïve Bayes merupakan pengklasifikasian dengan metode probabilitas dan statistik yang dikemukakan oleh ilmuwan Inggris yaitu Thomas bayes. *Naïve Bayes* memprediksi peluang dimasa depan berdasarkan pengalaman dimasa sebelumnya, sehingga dikenal dengan Teorema Bayes. *Naïve Bayes* untuk setiap kelas keputusan, menghitung probabilitas dengan syarat bahwa kelas keputusan adalah benar, mengingat vektor informasi obyek [10]. Algoritma ini mengasumsikan bahwa atribut obyek adalah independen atau tidak saling ketergantungan yang diberikan nilai pada variable kelas [11].

Naïve Bayes melakukan perhitungan probabilitas dari semua kelas untuk semua mauskan atau fitur yang membangun sebuah dokumen. Selanjutnya, *Naïve Bayes* memilih kelas hasil klasifikasi berdasarkan hasil perhitungan probabilitas sari kelas tersebut. Kelas yang memiliki probabilitas yang paling besar dibandingkan

dengan kelas yang lainnya akan terpilih sebagai kelas yang paling layak untuk dijadikan sebagai hasil [12].

Metode *Naïve Bayes* menggunakan teorema Bayes dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$P(H|X) = \frac{P(X|H)P(H)}{P(X)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

P adalah Probabilitas

X adalah variabel yang probabilitasnya akan dihitung

H adalah variabel yang menjadi kondisi dari variabel yang akan dicari probabilitasnya

P(H|X) adalah probabilitas hipotesis H berdasarkan kondisi X

P(H) adalah Probabilitas hipotesis H (*prior probability*)

P(X|H) adalah Probabilitas X berdasarkan kondisi pada hipotesis H

P(X) adalah Probabilitas X

IV. BAYESIAN NETWORK

Bayesian Network merupakan salah satu metode untuk manajemen ketidakpastian. Metode ini menggunakan teori probabilitas sebagai kerangka kerja formal untuk manajemen ketidakpastian dalam Artificial Intelligence [13]. Bayesian juga didefinisikan sebagai suatu metode pemodelan data berbasis probabilitas sederhana yang dibangun dari teori probabilistik dan teori graf [14]. Teori probabilistik berhubungan langsung dengan data sedangkan teori graf berhubungan langsung dengan bentuk representasi yang ingin didapatkan. *Bayesian Network* dapat merepresentasikan hubungan sebab akibat diantara variabel-variabel yang terdapat pada struktur *Bayesian Network* [15].

Bayesian Network adalah model grafis probabilistik yang merepresentasikan serangkaian variabel dan keterkaitan antar variabel tersebut yang menunjukkan probabilitas hubungan antara kejadian-kejadian yang saling berhubungan maupun tidak berhubungan. Pengetahuan tersebut direpresentasikan secara kualitatif dengan menggunakan graf dan secara kuantitatif menggunakan parameter-parameter numerik. Metode Bayesian Network ini terdiri dari 2 bagian utama, yaitu:

- Struktur Graf

Graf adalah sebuah representasi abstrak dari sejumlah objek yang saling berpasangan dan dihubungkan oleh link. Struktur graf pada *Bayesian Network* adalah *Directed Acyclic Graph* (DAG) yaitu graf berarah tanpa siklus berarah. DAG terdiri dari *Node* yaitu yang

merepresentasikan variabel acak dan *edge* yang merepresentasikan adanya hubungan kebergantungan langsung dan dapat juga diinterpretasikan sebagai pengaruh (sebab-akibat) langsung antara variabel yang dihubungkannya.

- Himpunan Parameter

Himpunan parameter mendefinisikan distribusi probabilitas kondisional untuk setiap variabel.

Pada bayesian network, node berkorespondensi dengan variabel acak. Tiap node diasosiasikan dengan sekumpulan peluang bersyarat, $P(x_i|A_i)$ sehingga x_i adalah variabel yang diasosiasikan dengan *node* dan A_i adalah set dari *parent* dalam graf.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses analisis menggunakan metode *Bayesian Network*, diantaranya:

1. Analisis permasalahan

Menganalisis permasalahan yang akan diselesaikan dengan metode *Bayesian Network*, analisis permasalahan ini salah satunya adalah dengan memeriksa data yang digunakan, apakah data tersebut berupa data kontinu atau data diskrit.

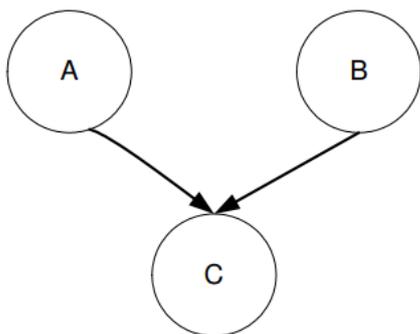
2. Pengumpulan data

Mengumpulkan data yang akan digunakan untuk menghitung probabilitas dalam kasus tersebut.

3. Membangun diagram sebab akibat (*Diagram Acyclic Graph*)

Diagram Acyclic Graph (DAG) merupakan diagram berisikan *node* yang merepresentasikan peristiwa dan peristiwa tersebut digambarkan menggunakan garis terarah yang memiliki maksud bahwa adanya hubungan antar *node* [14]. DAG dibangun berdasarkan data yang digunakan, diagram tersebut dapat dibangun sendiri dan sudah tervalidasi oleh pakar terkait masalah yang diangkat, atau menggunakan diagram yang telah tersedia dari ahli.

Sebagai ilustrasi terdapat 3 variabel acak A, B, dan C dimana A dan B adalah variabel bebas dan masing-masing mempunyai pengaruh langsung kepada variabel C. Hubungan yang terjadi diantara ketiga variabel tersebut dapat digambarkan kedalam *Diagram Acyclic Graph* (DAG) seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Contoh Struktur DAG [16]

Setiap *node* mewakili sebuah variabel dan setiap garis menggambarkan hubungan ketergantungan antara 2 variabel. Jika terdapat garis A ke C, maka A merupakan *parent* C dan C merupakan *child* dari A.

4. Proses perhitungan

Setelah digram sebab akibat atau DAG terbangun, selanjutnya yaitu menghitung probabilitas dari variabel yang dicari berdasarkan masalah yang diambil. Perhitungan didasarkan pada hubungan antar node pada DAG seperti yang ditampilkan pada Gambar 2, DAG tersebut kemudian dijabarkan pada conditional probability atau biasa lebih dikenal dengan sebutan *Conditional Probability Table* (CPT) [16]. CPT didefinisikan sebagai deret variabel acak bersifat diskrit yang didemonstrasikan kedalam probabilitas marjinal dari satu variabel ke variabel terhubung seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.

Sama halnya dengan Naïve Bayes, nilai CPT sendiri didapatkan berdasarkan teorema bayes. Adapun persamaan *Bayesian Network* ini dituliskan sebagai berikut:

$$P(X_1, \dots, X_n) = \prod_{k=1}^n P(X_k | \prod X_k) \quad (2.2)$$

Keterangan:

P() adalah probabilitas

X_k adalah variabel ke – k

k adalah indeks dari variabel

n adalah total data yang digunakan

Dari persamaan (2.2) dapat dijelaskan bahwa untuk menghitung probabilitas dari sebuah variabel X_k adalah dengan mengalikan seluruh kemungkinan dari variabel X_k terhadap variabel yang lainnya.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yang adalah data training berupa soal beserta jawaban siswa, data training ini dipakai untuk perhitungan *Bayesian Network*. *Data training* soal yang dipakai yaitu soal yang telah divalidasi oleh dosen sedangkan data training berupa jawaban pilihan ganda yaitu jawaban dari hasil pengujian siswa di salah satu Sekolah Menengah Kejuruan Negeri di Bandung. Selain *data training*, penelitian ini membutuhkan data uji yaitu data yang digunakan untuk pengujian terhadap implementasi *Bayesian Network* didalam *intelligent tutoring system*. Data uji ini berupa jawaban siswa dari soal yang telah disiapkan penulis menggunakan data soal yang telah divalidasi pengajar dan diuji coba oleh peneliti sebelumnya.

Dalam penelitian ini, jumlah soal yang dipakai adalah 20 butir soal bertipe pilihan ganda yang digunakan untuk ujian *pretest* dalam data *training* maupun data uji, dan terdapat 20 soal yang dipakai untuk keperluan ujian *postest*, yang terdiri dari 4 sub materi diantaranya dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1. DATA JUMLAH SOAL PERMATERI

No	Sub-Materi	Jumlah Soal
1	Percabangan 1 aksi	5
2	Percabangan 2 aksi	5
3	Percabangan Lebih dari 2 aksi	5
4	Percabangan Bersarang	5

A. Pengolahan Data Jawaban

Data jawaban yang didapatkan diolah dengan tahapan sebagai berikut:

1. Memberikan skor atau nilai mentah terhadap setiap jawaban pretest dengan ketentuan: setiap jawaban yang benar akan diberi nilai 1 dan jawaban salah diberi nilai 0.
2. Menjumlahkan skor yang diperoleh dari setiap jawaban siswa per sub-materi.
3. Mengubah skor mentah menjadi nilai presentase, berdasarkan rumus:

$$\text{nilai presentase} = \frac{\text{Skor siswa}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Keterangan,

Skor siswa : merupakan jumlah jawaban benar dari data jawaban siswa.

Skor maksimal : merupakan jumlah keseluruhan soal yang dipakai setiap materi.

- Menentukan kategori kemampuan siswa berdasarkan skala kriteria kemampuan sesuai tabel

Setelah data skor siswa diubah menjadi nilai presentase dan mendapatkan rekomendasi materi dari pakar, tahap selanjutnya adalah mengubah nilai presentase kedalam nilai kategori berdasarkan skala kategori kemampuan [17].

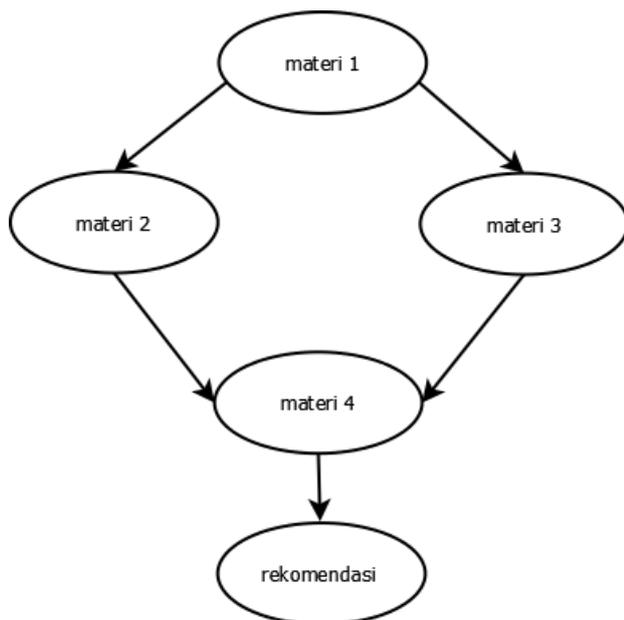
TABEL 2. SKALA KATEGORI KEMAMPUAN

Kriteria	Bobot
Baik	64 – 100%
Cukup	36 – 63
Kurang	0 – 35%

B. Perhitungan Bayesian

Perhitungan manual dalam membangun metode Bayesian Network untuk penelitian ini terdapat beberapa langkah yang dilakukan diantaranya:

- Membangun Diagram Acyclic Graph (DAG)
Langkah awal untuk menghitung probabilitas dalam perhitungan *Bayesian Network* adalah membangun *diagram acyclic graph* (DAG). Pada Gambar 3 berikut ditampilkan sebuah DAG yang digunakan dalam perhitungan *Bayesian Network* dalam penelitian ini.



Gambar 3. Diagram Acyclic Graph

Keterangan

Materi 1 = Percabangan 1 Aksi

Materi 2 = Percabangan 2 Aksi

Materi 3 = Percabangan Lebih 2 Aksi

Materi 4 = Percabangan Bersarang

- Menghitung Probabilitas Materi 1 (CPT 1)

Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, langkah selanjutnya yaitu mengimplementasikan data tersebut pada *Conditional Probability Table* (CPT) yang sesuai dengan *diagram acyclic graph* (DAG) yang telah dirancang.

Maka perhitungan tabel CPT berdasarkan data training penulisan didapatkan dengan menggunakan teorema bayes seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 P(\text{Materi1} = \text{baik}) &= \frac{\text{Jumlah Materi bernilai Baik}}{\text{Jumlah Seluruh Data Materi 1}} \\
 &= \frac{51}{103} \\
 &= 0.495
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(\text{Materi1} = \text{cukup}) &= \frac{\text{Jumlah Materi bernilai cukup}}{\text{Jumlah Seluruh Data Materi 1}} \\
 &= \frac{39}{103} \\
 &= 0.378
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(\text{Materi1} = \text{kurang}) &= \frac{\text{Jumlah Materi bernilai kurang}}{\text{Jumlah Seluruh Data Materi 1}} \\
 &= \frac{13}{103} \\
 &= 0.126
 \end{aligned}$$

TABEL 3. CPT 1

Materi 1		
Baik	Cukup	Kurang
0.490	0.378	0.126

Dari tabel 3 dapat dijelaskan bahwa nilai probabilitas variable materi 1 yang bernilai baik adalah 0,495 sedangkan probabilitas materi 1 yang bernilai cukup adalah 0.378 dan probabilitas materi 1 yang bernilai kurang adalah 0.126.

- Menghitung Probabilitas Materi 2 (CPT 2)

Setelah mendapatkan nilai probabilitas materi 1, selanjutnya adalah menghitung probabilitas variabel materi 2 dengan mengikuti kondisi materi 1. Contoh dari perhitungan untuk CPT 2 berdasarkan *data training* yang ada adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P(\text{Materi2} = \text{baik} | \text{Materi1} = \text{baik}) &= \frac{\text{Jumlah Materi2} = \text{baik dan materi1} = \text{baik}}{\text{Jumlah Materi1} = \text{Baik}} \\
 &= \frac{25}{51} \\
 &= 0.490
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(\text{Materi2} = \text{cukup} | \text{Materi2} = \text{baik}) &= \frac{\text{Jumlah Materi2} = \text{cukup \& Materi1} = \text{baik}}{\text{Jumlah Materi1} = \text{Baik}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{14}{51}$$

$$= 0.27$$

$$P(\text{Materi2} = \text{kurang} | \text{Materi2} = \text{baik})$$

$$= \frac{\text{Jumlah Materi2} = \text{kurang} \ \& \ \text{Materi1} = \text{baik}}{\text{Jumlah Materi1} = \text{Baik}}$$

$$= \frac{12}{51}$$

$$= 0.235$$

$$= \frac{4}{8}$$

$$= 0.5$$

$$P(\text{materi4} = \text{cukup} | \text{materi1} = \text{baik}, \text{materi2} = \text{baik}, \text{materi3} = \text{baik})$$

$$= \frac{\text{materi4}=\text{cukup} | \text{materi1}=\text{baik}, \text{materi2}=\text{baik}, \text{materi3}=\text{baik}}{\text{materi1}=\text{baik}, \text{materi2}=\text{baik}, \text{materi3}=\text{baik}}$$

$$= \frac{3}{8}$$

$$= 0.375$$

TABEL 4. CPT 2

Materi.1	Materi.2		
	Baik	Cukup	Kurang
Baik	0.490	0.274	0.235
Cukup	0.384	0.333	0.282
Kurang	0.384	0.307	0.307

Tabel 4 merupakan perhitungan probabilitas variabel materi 2 yang didapatkan dengan mengikuti keadaan dari nilai kategori materi 1. Di bawah ini merupakan contoh kemungkinan kondisi materi 1 dan materi 2 dengan nilai probabilitasnya:

1. nilai kondisi materi 2 = baik dengan nilai kondisi materi 1 = baik adalah sebesar 0.49
2. nilai kondisi materi 2 = cukup dengan nilai kondisi materi 1 = baik adalah sebesar 0.274
- 4) Menghitung Probabilitas Materi 3 (CPT 3)

TABEL 5. CPT 3

Materi.1	Materi.3		
	Baik	Cukup	Kurang
Baik	0.294	0.529	0.176
Cukup	0.435	0.333	0.230
Kurang	0.153	0.846	0

Sama seperti CPT 2 sebelumnya, tabel CPT 3 merupakan perhitungan probabilitas variabel materi 3 yang didapatkan dengan mengikuti keadaan dari nilai kategori materi 1.

- 5) Menghitung Probabilitas Materi 4 (CPT 4)
Selanjutnya adalah CPT 4 yaitu untuk menghitung probabilitas materi 4 dengan kondisi dari kombinasi materi 1, materi 2, dan materi 3. Contoh perhitungan untuk tabel CPT 4 adalah sebagai berikut:

$$P(\text{materi4} = \text{baik} | \text{materi1} = \text{baik}, \text{materi2} = \text{baik}, \text{materi3} = \text{baik})$$

$$= \frac{\text{materi4}=\text{baik} | \text{materi1}=\text{baik}, \text{materi2}=\text{baik}, \text{materi3}=\text{baik}}{\text{materi1}=\text{baik}, \text{materi2}=\text{baik}, \text{materi3}=\text{baik}}$$

$$P(\text{materi4} = \text{kurang} | \text{materi1} = \text{baik}, \text{materi2} = \text{baik}, \text{materi3} = \text{baik})$$

$$= \frac{\text{materi4} = \text{kurang} | \text{materi1} = \text{baik}, \text{materi2} = \text{baik}, \text{materi3} = \text{baik}}{\text{materi1} = \text{baik}, \text{materi2} = \text{baik}, \text{materi3} = \text{baik}}$$

$$= \frac{1}{8}$$

$$= 0.125$$

TABEL 6. CPT 4

No.	Materi.1	Materi.2	Materi.3	Materi.4		
				Baik	Cukup	Kurang
1	Baik	Baik	Baik	0.5	0.375	0.125
2	Baik	Baik	Cukup	0.153	0.615	0.230
3	Baik	Baik	Kurang	0	0.25	0.75
...

- 6) Menghitung Probabilitas Rekomendasi Materi
Selanjutnya adalah perhitungan variabel rekomendasi materi dengan membangun CPT 5 untuk perhitungan probabilitasnya. Perhitungan probabilitas variabel rekomendasi yang didapatkan dengan mengikuti keadaan dari nilai kategori setiap materi (materi1, materi2, materi3, dan materi4). Berikut merupakan tabel hasil perhitungan probabilitas rekomendasi materi:

TABEL 7. CPT 5

Materi 1	Materi 2	Materi 3	Materi 4	Rekomendasi Materi	Probabilitas
Baik	Baik	Baik	Baik	Materi1	0
Baik	Baik	Cukup	Baik	Materi1	0
Baik	Baik	Kurang	Baik	Materi1	0
Baik	Cukup	Baik	Baik	Materi1	0
Baik	Cukup	Cukup	Baik	Materi1	0

- 7) Menghitung Probabilitas Rekomendasi Materi

Langkah selanjutnya yaitu menghitung probabilitas rekomendasi materi yang ingin dicari sesuai dengan kondisi nilai siswa.

Sebagai contoh perhitungan dari data training adalah sebagai berikut:

$P(RM = \text{materi1} \mid M1 = \text{Kurang}, M2 = \text{Cukup}, M3 = \text{Cukup}, M4 = \text{Baik})$ yang berarti dicari nilai probabilitas rekomendasi materi yang akan diberikan kepada siswa yaitu materi 1 dengan kondisi nilai siswa Materi1 = Kurang, Materi2 = Kurang, Materi3 = Cukup, Materi 4 = Baik, berikut adalah prosesnya:

$$P(\text{kondisi1}) = \frac{JPF(\text{kondisi1})}{JPF(\text{kondisi1}) + JPF(\text{kondisi2}) + JPF(\text{kondisi3}) + JPF(\text{kondisi4})}$$

$$= \frac{1}{1+0+0+0}$$

$$= 1$$

Keterangan:

- $P(\text{Kondisi1})$ adalah probabilitas rekomendasi materi yang akan diberikan kepada pengguna dengan kondisi dimana nilai pengguna Materi1 = Kurang, Materi2 = Cukup, Materi3 = Cukup, Materi4 = Baik.
- JPF adalah nilai yang diambil dari perhitungan *data training* dan terlampir pada tabel CPT 5 (Tabel 4.12)
- JPF (Kondisi1) adalah perhitungan probabilitas Rekomendasi Materi yang akan diberikan adalah Materi 1 dengan kondisi nilai pengguna adalah Materi1 = Kurang, Materi2 = Cukup, Materi3 = Cukup, Materi4 = Baik)
- JPF (Kondisi2) adalah perhitungan probabilitas Rekomendasi Materi yang akan diberikan adalah Materi 2 dengan kondisi nilai pengguna adalah Materi1 = Kurang, Materi2 = Cukup, Materi3 = Cukup, Materi4 = Baik)
- JPF (Kondisi3) adalah perhitungan probabilitas Rekomendasi Materi yang akan diberikan adalah Materi 3 dengan kondisi nilai pengguna Materi1 = Kurang, Materi2 = Cukup, Materi3 = Cukup, Materi4 = Baik
- JPF (Kondisi4) adalah perhitungan probabilitas Rekomendasi Materi yang akan diberikan adalah Materi 4 dengan kondisi nilai pengguna Materi1 = Kurang, Materi2 = Cukup, Materi3 = Cukup, Materi4 = Baik)

Dari perhitungan contoh kasus diatas, maka dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas keluarnya rekomendasi materi 1 dengan kondisi nilai pengguna tersebut adalah materi 1 = kurang, materi 2 = Cukup, materi 3 = Cukup, materi 4 = Baik yaitu:

$$= P(M1 = \text{Kurang} \mid M2 = \text{Cukup}, M3 = \text{Cukup}, M4 = \text{Baik}, RM = \text{materi1}) * 100 = 1 \times 100 \%$$

$$= 100\%$$

C. HASIL PENGUJIAN PENGGUNA

Pada tahap pengujian program ITS ini, pengujian dilakukan dengan simulasi beberapa pengguna yang mengontrak mata kuliah Pengantar Teknologi Informasi pada semester 1 tahun 2017, dengan tingkat pengetahuan pengguna yang berbeda-beda. Tabel 8 merupakan nilai dari hasil percobaan *pretest*

TABEL 8. HASIL NILAI *PRETEST* PENGGUNA

No.	Nama Inisial	Materi 1	Materi 2	Materi 3	Materi 4
1	RM	20	40	40	40
2	MNZ	100	80	80	40
3	RNK	60	80	60	100
4	BFA	60	80	80	60
5	BMI	80	80	80	60
6	AFA	60	20	80	40
7	MRP	100	80	80	40
...

Setelah mendapatkan nilai *pretest*, langkah selanjutnya adalah mendiskritkan nilai ke dalam beberapa kategori diantaranya untuk yang nilai 0-35 masuk ke dalam kategori “kurang”, 36-65 menjadi “cukup”, dan untuk nilai 66-100 menjadi “baik”.

Berikut adalah contoh hasil dari perhitungan mahasiswa berinisial RNK:

TABEL 9 CONTOH NILAI *PRETEST* PADA MAHASISWA RNK

	Materi 1	Materi 2	Materi 3	Materi 4
Skor	60	80	60	100
Data Diskrit	Cukup	Baik	Cukup	Baik

- Menghitung probabilitas rekomendasi materi

Langkah pertama setelah mendapatkan nilai diskrit adalah menghitung probabilitas rekomendasi berdasarkan nilai yang telah didiskritkan.

Karena rekomendasi materi terdiri dari materi 1, materi 2, materi 3, dan materi 4, maka probabilitas rekomendasi yang dihitung adalah sebagai berikut:

- Probabilitas rekomendasi = "materi1"

$$P(RM="materi1" | M1="cukup", M2="baik", M3="baik", M4="cukup") = \frac{JPF(RM="materi1"|M1,M2,M3,M4)}{JPF(RM="materi1"|M1,M2,M3,M4) + JPF(RM="materi2"|M1,M2,M3,M4) + JPF(RM="materi3"|M1,M2,M3,M4) + JPF(RM="materi4"|M1,M2,M3,M4)}$$

$$= \frac{0,5+0+0+0}{0,5+0+0+0} = \frac{0,5}{0,5} = 1$$

- Probabilitas rekomendasi = "materi2"

$$P(RM = "materi2"|M1 = "cukup", M2 = "baik", M3 = "baik", M4 = "cukup") = \frac{JPF(RM = "materi2"|M1, M2, M3, M4)}{JPF(RM = "materi1"|M1, M2, M3, M4) + JPF(RM = "materi2"|M1, M2, M3, M4) + JPF(RM = "materi3"|M1, M2, M3, M4) + JPF(RM = "materi4"|M1, M2, M3, M4)}$$

$$= \frac{0}{0,5 + 0 + 0 + 0} = 0$$

- Probabilitas rekomendasi = "materi3"

$$P(RM = "materi3"|M1 = "cukup", M2 = "baik", M3 = "baik", M4 = "cukup") = \frac{JPF(RM = "materi3"|M1, M2, M3, M4)}{JPF(RM = "materi1"|M1, M2, M3, M4) + JPF(RM = "materi2"|M1, M2, M3, M4) + JPF(RM = "materi3"|M1, M2, M3, M4) + JPF(RM = "materi4"|M1, M2, M3, M4)}$$

$$= \frac{0}{0,5 + 0 + 0 + 0} = 0$$

- Probabilitas rekomendasi = "materi4"

$$P(RM = "materi4"|M1 = "cukup", M2 = "baik", M3 = "baik", M4 = "cukup") = \frac{JPF(RM = "materi4"|M1, M2, M3, M4)}{JPF(RM = "materi1"|M1, M2, M3, M4) + JPF(RM = "materi2"|M1, M2, M3, M4) + JPF(RM = "materi3"|M1, M2, M3, M4) + JPF(RM = "materi4"|M1, M2, M3, M4)}$$

$$= \frac{0}{0,5 + 0 + 0 + 0} = 0$$

- b. Membandingkan nilai probabilitas rekomendasi
Langkah selanjutnya yaitu membandingkan setiap nilai probabilitas rekomendasi. Dari contoh perhitungan kasus untuk mahasiswa RNK dapat disimpulkan bahwa nilai probabilitas rekomendasi tertinggi terdapat pada materi 1 dengan nilai probabilitasnya 1. Maka rekomendasi untuk mahasiswa berinisial RNK adalah materi 1.

Tabel 10 merupakan hasil rekomendasi materi yang didapatkan setiap pengguna dari perhitungan probabilitas seperti contoh kasus yang telah penulis uraikan diatas.

TABEL 10 HASIL REKOMENDASI MATERI YANG DIDAPATKAN PENGGUNA

No.	Nama Inisial	Rekomendasi Materi
1	RM	Materi 1
2	MNZ	Materi 4
3	RNK	Materi 1
4	BFA	Materi 1
5	BMI	Materi 4
6	AFA	Materi 2
7	MRP	Materi 4
...

Selanjutnya setelah pengguna mempelajari rekomendasi materi, pengguna melakukan *postest* dan didapatkan hasil *postest* pada tabel 11 berikut:

TABEL 11. HASIL NILAI *POSTEST*

No	Nama Inisial	Mat eri 1	Mater i 2	Mater i 3	Mater i 4
1	RM	40	80	60	60
2	MNZ	100	80	100	100
3	RNK	60	80	80	100
4	BFA	100	100	100	67
5	BMI	80	80	75	100
6	AFA	60	80	60	80
7	MRP	100	100	80	80
...

Maka dapat dilihat setelah pengguna mendapatkan rekomendasi dari siswa, perubahan nilai yang terlihat terdapat pada tabel 12.

TABEL 12. PERUBAHAN NILAI PENGGUNA

Inisial nama	Materi 1		Materi 2		Materi 3		Materi 4	
	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	pre	pos
RM	20	40	40	80	40	60	40	60
MNZ	100	100	80	80	80	100	40	100
RNK	60	60	80	80	60	80	100	100
BFA	60	100	80	100	80	100	60	67
BMI	80	80	80	80	80	75	60	100
AM	80	80	80	80	80	80	80	80
AFA	60	60	20	80	80	60	40	80
MRP	100	100	80	100	80	80	40	80
...

Hasil dari metode Bayesian Network ini masih sama dengan hasil jika materi dipilih secara manual yaitu dengan melihat nilai di bawah kriteria ketuntasan minimal (KKM) dengan melihat urutan materi yang terendah. Hal ini karena data *training* yang digunakan masih relatif kurang.

D. VALIDASI KELAYAKAN SISTEM

Pada tahapan ini sistem diverifikasi dan divalidasi oleh pakar dengan memperhatikan kelayakan sistem secara rasional. Tujuan dari adanya verifikasi dan validasi dari ahli adalah diperolehnya saran-saran dan rekomendasi sistem selanjutnya. Selain itu, verifikasi dan validasi ditunjukkan untuk menghasilkan *judgement* berupa kelayakan sistem. Adapun bentuk verifikasi dan validasi ahli menggunakan instrument penulisan.

Verifikasi dan validasi yang dilakukan pada sistem ini ditunjukkan untuk mengetahui kelayakan dari aplikasi *Intelligent Tutoring System* berbasis website yang dibangun dalam penelitian ini. Penilaian tersebut ditinjau dari segi aspek umum, aspek rekayasa perangkat lunak, dan aspek komunikasi visual yang dituangkan dalam instrument penulisan.

Setelah mendapatkan verifikasi dan validasi dari pakar, kemudian dilakukan analisis dan pengolahan data dengan perhitungan data *rating scale* dengan rumus 4.2 [18] sebagai berikut:

$$P = \frac{\text{Skor Hasil Pengumpulan Data}}{\text{Skor Ideal}} \times 100\% \quad (4.2)$$

Keterangan:

P = Angka Presentase

Skor Ideal = Skor tertinggi tiap butir x jumlah butir

TABEL 13. HASIL VALIDASI PAKAR

Butir Instrumen	Penilaian	
	Pakar 1	Pakar 2
Kreatif dan Inovatif	3	3
Komunikatif	4	4
Unggul	3	3
Efektif dan Efisien	4	4
Reliable	3	3
Manitable	4	4
Usabilitas (Mudah digunakan dan sederhana dalam pengoperasiannya)	4	4
Ketepatan Sistem	4	4
Kompabilitas Sistem	4	4
Sistem mudah dieksekusi	4	4
Reusable	3	3
Komunikatif	4	4
Kreatif	3	3
Sederhana	4	4
Unity	4	4
Pemilihan Warna	4	4
Tipografi	4	4
Tata Letak	4	4
Navigasi yang konsisten	4	4
Jumlah	71	71
Skor Ideal	76	76
Presentase	93.42%	93.42%
Rata-rata Persentase	93.42%	

Adapun interpretasi dari hasil perhitungan diatas dijabarkan [18] terdapat pada Tabel 14 sebagai berikut:

TABEL 14. RATING SCALE

Skor Presentase (%)	Interpretasi
0-25	Tidak Baik
25-50	Kurang Baik
50-75	Baik
75-100	Sangat Baik

Secara kuantitatif, apabila menggunakan interpretasi *rating scale*, maka sistem yang dikembangkan diinterpretasikan sebagai sistem yang baik karena hasil yang didapat mencapai 93.42%. Dengan catatan saran dari ahli sebagai berikut:

- Materi diperkaya lagi
- Sebaiknya ujian dilakukan permateri
- Ukuran font diperbesar

Untuk mengetahui tanggapan siswa mengenai aplikasi ITS yang telah dikembangkan, penulis menyusun angket untuk mengetahui sejauh mana tanggapan pengguna terhadap aplikasi ITS ini. Angket didasarkan terhadap

empat buah aspek yang diamati, yakni aspek pembelajaran, kemampuan interaksi, umpan balik, dan desain tampilan. Adapun hasil yang didapatkan sebagai berikut:

TABEL 15. HASIL VALIDASI KELAYAKAN SISTEM

No.	Aspek yang diamati	Skor Angket (%)
1	Kemampuan Interaksi	72.46
2	Aspek Pembelajaran	81.04
3	Umpan Balik	80.58
4	Desain Tampilan	73.48
Rerata		76.89

Skor rata-rata angket tanggapan sistem dari pengguna terhadap aplikasi ITS yang dikembangkan ini adalah 76.89 yang diinterpretasikan sebagai kategori baik. Dengan kata lain, dapat disimpulkan bahwa siswa menganggap bahwa sistem ITS ini dikembangkan dengan baik

VI. KESIMPULAN

Aplikasi *Intelligent Tutoring System* ini merupakan sebuah perangkat lunak yang dapat memberikan suatu rekomendasi materi kepada setiap pengguna sesuai kemampuan pemahaman yang dimilikinya. Berdasarkan Analisa dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Dalam perancangan dan pengembangan aplikasi *Intelligent Tutoring System* ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan database MySQL. Metode *Bayesian Network* terhadap aplikasi ITS telah dapat diterapkan dengan hasil yang didapatkan akan direkomendasikan kepada pengguna bila pengguna telah melakukan ujian pretest yang tersedia. Namun hasil dari penggunaan *Bayesian Network* dalam penelitian ini belum terlihat perbedaannya dengan hasil manual dikarenakan *data training* yang digunakan masih sedikit.
2. Metode *Bayesian Network* pada aplikasi *Intelligent Tutoring System* dapat diimplementasikan dengan menggunakan *data training* jawaban siswa yang telah ada. Data jawaban tersebut diolah dari mulai data jawaban mentah, lalu diakumulasikan dari data jawaban mentah menjadi nilai skor setiap materinya, kemudian skor tersebut dikelompokkan sesuai kategori yang telah ditentukan, lalu data tersebut dihitung probabilitas setiap materi sesuai dengan *Diagram Acyclic Graph* (DAG) yang telah ada, nilai probabilitas tersebut dihitung dan dimasukkan kedalam *Conditional Probability Table* (CPT) sampai akhirnya menghitung probabilitas rekomendasi materi yang akan keluar dari setiap kombinasi kemungkinan nilai setiap materinya.

3. Hasil perubahan nilai pretest dan posttest yang diperoleh dari pengguna aplikasi simulasi ITS ini tidak semuanya menunjukkan peningkatan, hal ini terjadi kemungkinan dikarenakan ujian *pretest* yang dilakukan tidak secara bertahap.

VII. SARAN

Berikut merupakan saran yang perlu dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut dalam pengembangan aplikasi lebih lanjut diantaranya:

1. Ujian pretest dilakukan permateri sehingga perubahan nilai akan lebih terlihat
2. Menambahkan data training sehingga kondisi nilai lebih bervariasi

REFERENSI

- [1] Sedlmeier, P. (2004). *Intelligent Tutoring Systems*. International Encyclopedia of the Social & Behavioral, 7674-7678.
- [2] Stankov, S., Rosic, M., Z'itko, B., & Grubis'ic, A. (2007). *TEX-Sys model for building intelligent tutoring systems*. Elsevier, 1017-1036.
- [3] Sani, S., & Aris, T. N. (2014). *Computational Intelligence Approaches for Student/Tutor Modeling: A Review*. 2014 Fifth International Conference on Intelligent Systems, 72-76.
- [4] Gamboa, H., & Fred, A. (2002). *Designing Intelligent Tutoring System : A Bayesian Approach*. Proc. Int. Conf. Enterprise Information System, 3, 452-458.
- [5] Butz, C., Hua, S., & Maguire, R. (2006). *A Web-based Bayesian Intelligent Tutoring System for Computer Programming*. IEEE, 1-7.
- [6] Sedlmeier, P. (2004). *Intelligent Tutoring Systems*. International Encyclopedia of the Social & Behavioral, 7674-7678.
- [7] Jauhari, J., & Ibrahim, M. B. (2010). *Intelligent Tutoring System sebagai Upaya Inovatif dalam Pembelajaran Untuk Pembelajaran Berbantuan Komputer*. Jurnal Generic, 1-6.
- [8] C. Koutsojannis, J. Prentzas, I. Hatzilygeroudis, "A WebBased Intelligent Tutoring System Teaching Nursing Students Fundamental Aspects of Biomedical Technology," pada Proc. Int. Conf. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2001, hal. 4024-4027.
- [9] Woolf, B. P. (2009). *Building Intelligent Interactive Tutor : Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Burlington: Elsevier.
- [10] Olson, D. L., & Delen, D. (2008). *Advanced Data Mining Techniques*. Verlag: Springer.
- [11] Patil, R. T., & Sherekar, S. S. (2013). *Performance Analysis of Naive Bayes and J48 Classification Algorithm for Data Classification*. International Journal Of Computer Science And Applications, 256-261.
- [12] Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2009). *An Introduction to Information Retrieval*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- [13] Heckerman, D. (1996). *A Tutorial on Learning With Bayesian Networks*. Redmond, WA 98052: Microsoft Research : Advanced Technology Division.
- [14] Nandar, A. (2009). *Bayesian Network Probability Model for Weather Prediction*. IEEE, 1-5.
- [15] Przytula, K. W., & Thompson, D. (2000). *Construction of Bayesian Network for Diagnostic*. IEEE.
- [16] Weber, P., Medina-Oliva, G., Simon, C., & Iung, B. (2010). *Overview on Bayesian networks applications for dependability*,

- risk analysis and maintenance areas. *Engineering Applications of Artificial Intelligence, Elsevier*, 671-682.
- [17] Arikunto, S.(2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT.Rineka Cipta.
- [18] Sugiyono, (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabet.