

Intelligent Tutoring System Untuk Mengukur Kemampuan Kognitif Dalam Fisika Dasar Berbasis Metode Bayesian Network

Miftah Farid Adiwisastra¹⁾, Noor Cholis Basjaruddin²⁾

¹⁾Universitas BSI
miftah.mow@bsi.ac.id

²⁾STMIK Nusa Mandiri Jakarta
cs_ppm@yahoo.com

Abstrak

Intelligent Tutoring System (ITS) adalah suatu program aplikasi interaktif yang menerapkan metode dalam kecerdasan buatan yang dapat digunakan sebagai media penyampai informasi maupun sebagai media evaluasi dalam proses pembelajaran. *Intelligent Tutoring System (ITS)* atau Sistem Tutor Cerdas (STC), memberikan keleluasaan pada siswa untuk mengaplikasikan ketrampilannya dengan melaksanakan tugas atau mengerjakan latihan-latihan pada pelajaran tertentu secara interaktif. Penelitian ini bertujuan memaparkan konsep-konsep, teori maupun pengembangan model/arsitektur untuk STC dengan menggunakan Bayesian Network. Selain tujuan di atas, penelitian ini juga untuk mengetahui bagaimana *Bayesian Network* digunakan untuk mengukur kemampuan kognitif siswa dalam fisika dasar, beserta saran/rekomendasi pedagogic agar STC lebih adaptif. Hasil akhir yang diperoleh dari penelitian ini setelah dilakukan uji coba dengan data sampel 100 siswa SMP *Islamic Boarding System Darul Muta'allimin Tasikmalaya* untuk diukur kemampuan kognitifnya dengan metode Bayesian Network yaitu 33% Tinggi, 41% Sedang, dan 26% rendah. Selain itu penelitian ini juga menghasilkan suatu tool tutoring untuk mengukur kemampuan kognitif menerapkan konsep ITS dengan menggunakan metode Bayesian Network.

Kata Kunci : *bayesian network, intelligent tutoring system* , kemampuan kognitif

Abstract

Intelligent Tutoring System (ITS) is an interactive application program that implements the method of artificial intelligence that can be used as a medium conveys information as well as the evaluation of the media in the learning process. *Intelligent Tutoring System* enabling students to apply their skills to carry out a task or doing exercises on specific subjects interactively. This study aims to describe the concepts, theory and model development / architecture for *Intelligent Tutoring System* by using Bayesian Network. In addition to the above objectives, this study is also to determine how the Bayesian Network is used to measure the cognitive abilities of students in basic physics, along with suggestions / recommendations that the pedagogic intelligent tutoring system more adaptive. The final results obtained from this study after the tests with a data sample of 100 junior high school students *Islamic Boarding System Darul Muta'allimin Tasikmalaya* for cognitive abilities measured by the method of Bayesian Network namely 33 % High, Medium 41 %, and 26 % lower. In addition, this study also produced a tutoring tool to measure cognitive ability to apply the concept of ITS using the Bayesian Network.

Keywords: *bayesian network, cognitive ability, intelligent tutoring system*

1. Pendahuluan

Intelligent Tutoring System (ITS) adalah sebuah program komputer yang menyediakan instruksi-instruksi untuk

seorang pelajar dengan cara membimbing seperti seorang pengajar.

Untuk mengetahui sejauh mana bahwa kemampuan kognitif siswa dalam menguasai mata pelajaran maka guru wajib

melakukan pengujian siswa di kelas. Schermerhorn berpendapat bahwa kemampuan kognitif adalah kemampuan seseorang dalam hal mengumpulkan atau memperoleh sebuah informasi. Dan bagaimana orang tersebut menyatukan informasi itu dalam pemahamannya, setelah itu bagaimana orang tersebut mengekspresikan atau mentransfer informasi tersebut kepada orang lain. Sebagai alat diagnostik untuk mengukur kemampuan kognitif, maka *Intelligent Tutoring System* yang berisi komponen *Artificial Intelligence* yang dapat menyimpan semua hasil mengumpulkan semua informasi tersebut, program ini dapat membuat atau menghasilkan kesimpulan tentang kemampuan kognitif menggunakan metode *bayesian network*.

Bayesian Networks merupakan suatu metode pemodelan data berbasis probabilitas yang merepresentasikan suatu himpunan variabel dan *conditional interdependencies*nya melalui suatu DAG (*Directed Acyclic Graph*). Dengan memanfaatkan kemampuan *Bayesian Network inference*, program *Intelligent Tutoring System* dapat membuat suatu kesimpulan tentang kemampuan kognitif dari pengguna secara individu. Dengan mendapatkan input kuantitatif dari pengguna, maka perhitungan dengan menggunakan metode *bayesian Network* dapat dilakukan. Dan pada akhirnya program akan mendapatkan nilai-nilai secara kuantitatif yang mewakili kemampuan kognitif dari pengguna secara individu. (Santika, 2012).

Kognitif adalah kemampuan intelektual siswa dalam berpikir, mengetahui dan memecahkan masalah. Menurut Bloom, segala upaya yang menyangkut aktivitas otak adalah termasuk dalam ranah kognitif. Ranah kognitif berhubungan dengan kemampuan berfikir, termasuk didalamnya kemampuan menghafal, memahami, mengaplikasi, menganalisis, mensintesis, dan kemampuan mengevaluasi (Bloom, 1956)

2. Metode Penelitian

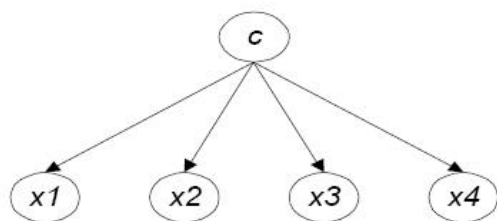
Di tahun 1982, Sleeman dan Brown meninjau ulang *the state of the art* dari *computer aided instruction* dan masa awal *Intelligent Tutoring Systems* (ITS), untuk mendeskripsikan perubahan sistem tersebut dan perbedaannya dengan sistem CAI. Termasuk juga asumsi tentang pelajar yang berfokus pada *learning by doing*. Mereka mengklasifikasikan keberadaan ITS berbasis komputer menjadi pemantau penyelesaian masalah, tutor, instruktur penelitian, dan konsultan (Sleeman & Brown, 1982). Bayesian Network berasal dari teorema Bayes, teorema Bayes adalah sebuah pendekatan untuk sebuah ketidakpastian yang diukur dengan probabilitas. Teorema ini dikemukakan oleh Thomas Bayes dengan rumus dasar:

$$P(H|E) = \frac{P(E|H)P(H)}{P(E)}$$

Dimana :

- H adalah hipotesis yang diperiksa
- E adalah bukti atau data yang didapat dari pengamatan
- P(H) adalah peluang hipotesis itu benar sebelum didapatkan bukti baru
- P(E | H) adalah fungsi kesamaan atau peluang bahwa akan didapat bukti E jika H benar
- P(E) adalah peluang marginal, peluang kita akan mendapat bukti E, tidak tergantung pada hipotesis yang kita periksa
- P(H | E) adalah peluang hipotesis H benar setelah kita mendapatkan bukti E

Bayesian Network (BN) adalah sebuah *Directed Acyclic Graph* (DAG) dan dilengkapi dengan *Conditional Probability distribution Table* (CPT) untuk setiap node-nya. Setiap node merepresentasikan sebuah domain variable dan setiap arc/panah antar node merepresentasikan sebuah probabilistic dependency (Pearl, 1988). Secara umum, BN dapat digunakan untuk menghitung probabilitas bersyarat dari suatu node dengan memberi nilai pada node lain yang berhubungan. Sebuah *Naïve-Bayes Bayesian Network*, seperti dibahas dalam (Duda dan Hart, 1973), adalah sebuah struktur sederhana yang mempunyai node terklasifikasi sebagai parent node dari beberapa node yang lainnya.



Gambar 1. Struktur Naïve-Bayes Sederhana

Perhitungan nilai peluang pada sebuah node dalam struktur Bayesian Network adalah dengan rumus sebagai berikut:

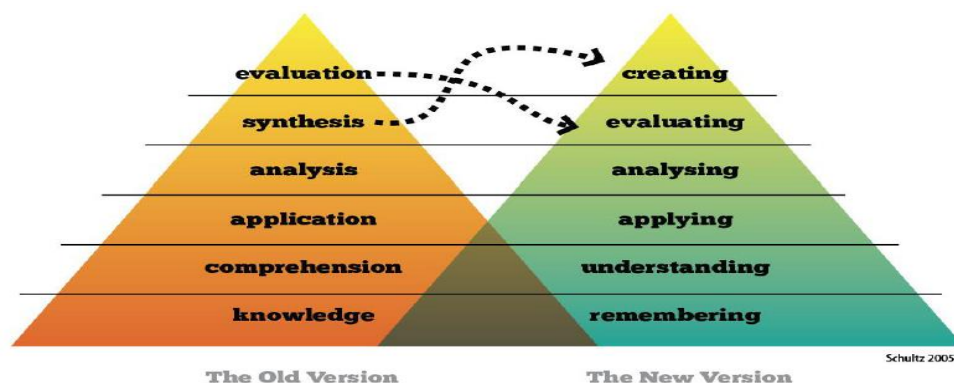
$$P(x_i) = \sum_{j=i}^m P(x_i \cdot y_j)$$

Penempatan metode Bayesian Network dalam program ITS adalah sebagai artificial intelligence (AI). Dengan memanfaatkan kemampuan Bayesian Network inference, program ITS dapat membuat suatu kesimpulan tentang karakteristik dari pengguna secara individu, dengan cara menerima data-data informasi

berupa input dalam menjawab soal dari pengguna tersebut.

Dengan mendapatkan input kuantitatif dari pengguna, maka perhitungan dengan menggunakan metode bayesian Network dapat dilakukan. Dan pada akhirnya program akan mendapatkan nilai-nilai secara kuantitatif yang mewakili kemampuan kognitif dari pengguna secara individu.

Ranah Kognitif berisi tentang perilaku-perilaku yang menekankan aspek intelektual, seperti pengetahuan, pengertian, dan keterampilan berpikir. Indikator kognitif proses merupakan perilaku (*behavior*) siswa yang diharapkan muncul setelah melakukan serangkaian kegiatan untuk mencapai kompetensi yang diharapkan (Arikunto S, 2011) Dalam Taksonomi Bloom yang direvisi oleh David R. Krathwohl di jurnal *Theory into Practice*, aspek kognitif dibedakan atas enam jenjang yang diurutkan seperti pada gambar 2.



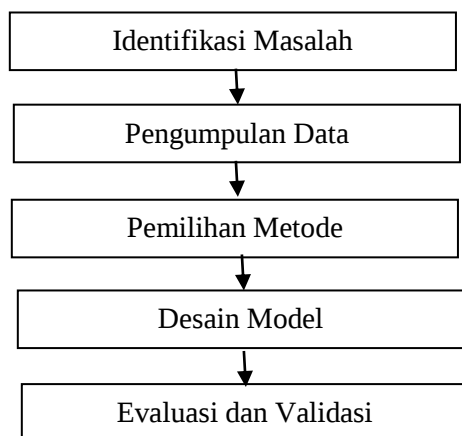
Gambar 2. Hierarki Ranah Kognitif Menurut Taksonomi Bloom
Sumber:Schultz 2005

Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen. Dalam metode eksperimen peneliti mengukur efek dari eksperimen yang dilakukan dengan sengaja. Tujuan akhir dari eksperimen adalah untuk menggeneralisasi hubungan variabel sehingga dapat diterapkan pada populasi yang lebih luas, dengan metode penelitian seperti pada Gambar 3.

Sistem ini dibuat berdasarkan analisa domain pengguna, dan strategi mengukur kemampuan kognitif berdasarkan taksonomi bloom yang lama yaitu ingatan(c1), pemahaman(c2), penerapan(c3), analisis

(c4), sintesis(c5), dan evaluasi(c6). Serta merujuk kepada referensi-referensi mengenai intelligent tutoring system. Jadi tahap pertama untuk merancang intelligent tutoring system adalah melakukan analisa-analisa sebagai berikut:

- Analisa Topik yaitu mata pelajaran yang akan diukur kemampuan kognitif nya dalam system ini yaitu soal tentang mata pelajaran fisika.
- Analisa Pengguna system yaitu tiap user yang akan bergabung dalam ITS untuk diukur kemampuan kognitifnya.



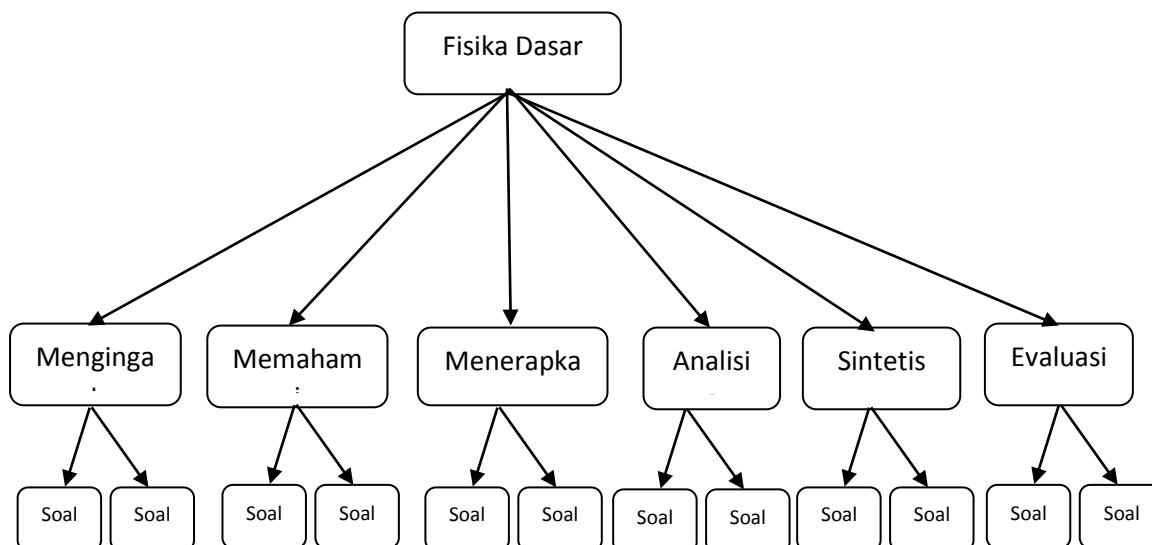
Gambar 3. Desain Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini soal yang dibuat tentang mata pelajaran fisika dasar sebagai implementasi dari program *Intelligent Tutoring System* (Lampiran 2). Kemudian soal tersebut dibagi lagi berdasarkan kriteria untuk mengukur kemampuan kognitif yang mengacu pada taksonomi bloom yang lama yaitu:

- a. Mengingat (C1)
Pada C1, kerja otak hanya mengambil informasi yang telah diingat dalam satu langkah dan menuliskannya secara apa adanya.
- b. Memahami (C2)
Pada C2, kerja otak mengambil informasi dalam satu langkah dan menjelaskannya secara rinci.
- c. Menerapkan (C3)
Pada C3, kerja otak mengambil informasi dalam satu langkah dan menerapkan informasi itu untuk memecahkan permasalahan.
- d. Analisis (C4)
Pada C4, kerja otak mengambil informasi dalam satu langkah dan menerapkan informasi itu untuk memecahkan permasalahan. Akan tetapi informasi itu belum bisa memecahkan permasalahan, sehingga dibutuhkan informasi lain yang berbeda untuk membantu memecahkan permasalahan.

Kemudian disusun menjadi sebuah bagan yang dijadikan dasar pembuatan struktur dari *Bayesian Network*



Gambar 4. Bagan Pembagian Topik Soal

Setelah menyusun soal selanjutnya menentukan kognitif siswa dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Melakukan penskoran dengan menggunakan acuan penskoran. Skor untuk soal pilihan ganda ditentukan berdasarkan metode *Rights Only*, yaitu jawaban benar di beri skor satu dan jawaban salah atau butir soal yang

tidak dijawab diberi skor nol. Skor setiap siswa ditentukan dengan menghitung jumlah jawaban yang benar. Pemberian skor dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Skor} = \frac{\text{Jumlah Soal yang benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100$$

- b. Menentukan grade. Untuk memberikan nilai grade dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Grade dan Nilai

SKOR	GRADE	NILAI
80 - 100	A	4
68 - 79	B	3
56 - 57	C	2
40 -55	D	1
0 - 39	E	0

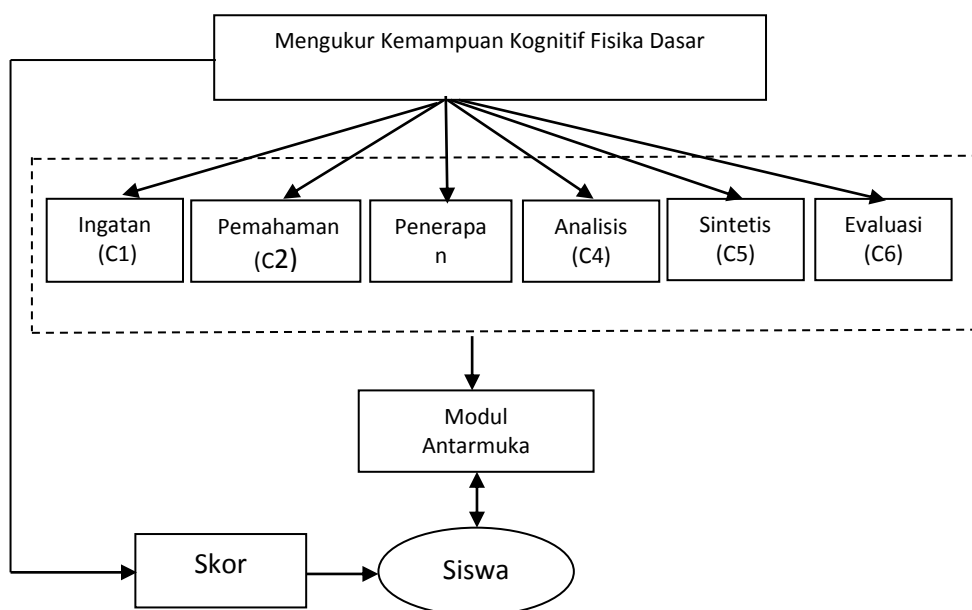
- c. Kemudian mengelompokkan kemampuan kognitif siswa kedalam kategori tinggi, sedang, dan rendah menurut (Sudijono, 2009). Dengan rumus dan ketentuan sebagai berikut:

$$\text{Kognitif} = \frac{(\text{Nilai} \times \text{Jumlah Kriteria})}{\text{Nilai}_{\text{Max}} \times \text{Jumlah Kriteria}} \times 10$$

Tabel 2. Ketentuan Nilai Kognitif

Kognitif	Nilai
Tinggi	$\geq 76\%$
Sedang	$\geq 56\%$
Rendah	$\leq 55\%$

Perancangan Model Pembelajaran yang berbentuk latihan soal dengan kriteria soal sesuai dengan taksonomi bloom yang lama, dikembangkan melalui tahapan-tahapan seperti pada Gambar 5.

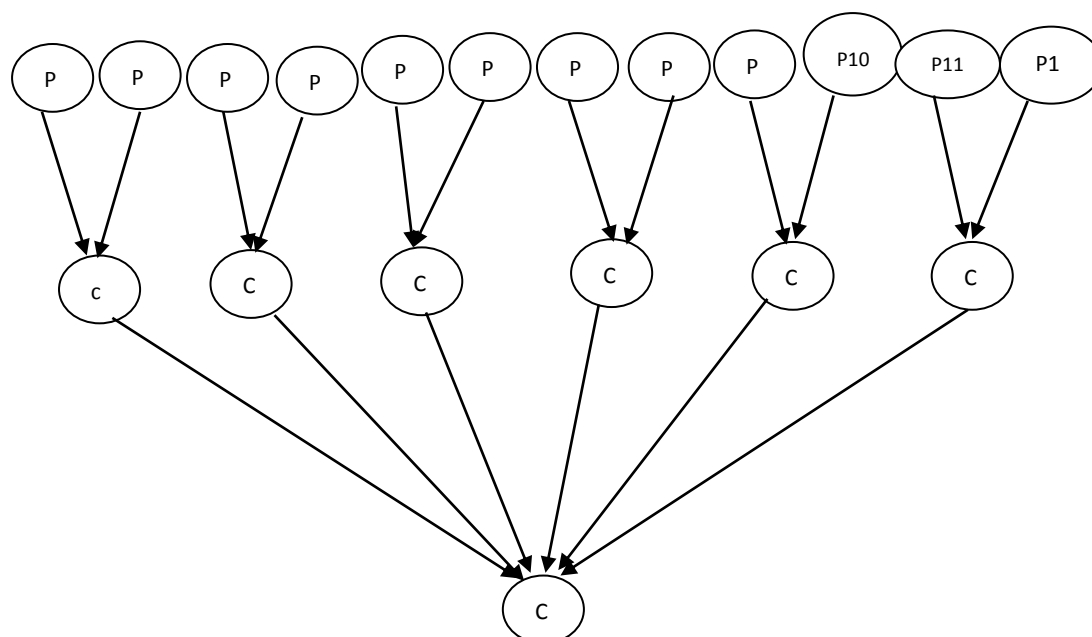


Gambar 5. Desain Model Sistem

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa dalam analisa dilakukan per kriteria soal untuk sampai ke kemampuan kognitif siswa menggunakan konsep Bayesian network sehingga nilai-nilai kemungkinan yang muncul dapat diamati. penelitian. Pengguna menjawab semua pertanyaan yang diberikan oleh system. System akan merespon dan memproses jawaban yang diberikan oleh pengguna dan kemudian system memberikan kesimpulan

kemampuan kognitif pengguna sesuai dengan pertanyaan yang dijawab oleh pengguna.

Pada tahap implementasi yang paling penting adalah tahap pembuatan struktur *Bayesian Network* beserta penentuan *Conditional Probability Table* (CPT). Dari bagan yang menggambarkan pembagian topik dalam pelajaran fisika dasar (Gambar 4) dapat dibuat struktur Bayesian Network yang terbagi menjadi tiga kelompok.



Gambar 6. Struktur Bayesian Network

Dari gambar bagan Bayesian network diatas dibagi beberapa node yaitu:

- Node P1 – P12 mewakili 12 pertanyaan untuk setiap kategori kognitif
- Node C1 – C6 mewakili setiap rule atau kategori kognitif berdasarkan taksonomi bloom mengingat(c1), pemahaman(c2), penerapan(c3), analisis(c4), sintesis(c5), dan evaluasi(c6).

- Node C mewakili kemampuan kognitif siswa setelah menjawab soal.

Untuk menghitung kemampuan kognitif maka diperlukan data yaitu dengan pengujian program ITS ini, pengujian dilakukan dengan simulasi seratus user dengan tingkat kognitif belum diketahui.

Tabel 3. Data Sampel Kemampuan Kognitif

C1	C2	C3	C4	C5	C6	KOGNITIF	JUMLAH USER
A	B	A	B	A	A	Tinggi	4
A	B	C	B	A	D	Sedang	6
C	A	D	C	B	C	Sedang	5
C	B	D	B	C	C	Rendah	5
B	E	C	B	C	B	Rendah	5
B	A	C	A	B	B	Tinggi	8
A	A	A	E	A	A	Tinggi	5
E	D	B	C	E	D	Rendah	4
C	C	B	D	B	A	Sedang	6
A	C	E	E	D	E	Rendah	5
C	B	A	B	A	A	Tinggi	3
A	D	C	B	A	D	Sedang	4
E	A	A	C	B	C	Sedang	6
C	B	D	B	C	C	Rendah	3
D	E	C	B	C	B	Rendah	2
D	A	A	A	B	B	Tinggi	5
A	E	A	E	A	A	Sedang	5
E	B	A	A	A	A	Tinggi	3
D	C	B	D	B	A	Sedang	8
B	C	E	B	B	B	Sedang	8
TOTAL USER							100

Setelah struktur Bayesian Network terbentuk, untuk mengukur kemampuan kognitif dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menentukan parameter (Prior Probability) dari tiap-tiap kelas. Untuk menentukan prior probability digunakan rumus:

$$P(H|x) = \frac{P(x|H)P(H)}{p(x)} \times 100$$

Tabel 4. Prior Probability

Kognitif		P(T,S,R)	
Tinggi	28	28/100	0.28
Sedang	48	48/100	0.48
Rendah	24	24/100	0.24
Jumlah	100	100%	1

- Menentukan *Conditional Probability* yaitu probabilitas suatu kejadian yang telah terjadi.
- Membuat Joint Probability Distribution (JPD)
- Menghitung Posterior Probability dapat dihitung dari hasil Joint Probability Distribution yang telah diperoleh, lalu nilai inilah yang digunakan untuk menghitung nilai probabilitas kemunculan suatu nilai. Nilai-nilai Posterior Probability dari tiap-tiap grade yang diperoleh tabel yang berisi nilai Posterior Probability dapat dilihat pada tabel berikut:

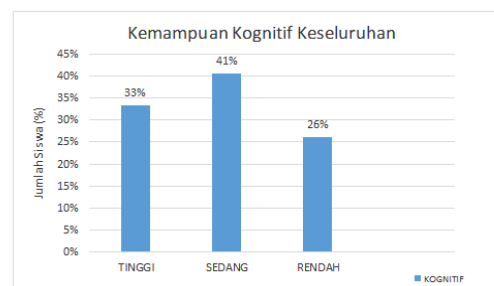
Tabel 5. Posterior Probability

P(C)	Posterior Probability		
	Tinggi	Sedang	Rendah
A	0.402433	0.431887844	0.165679252
B	0.537090384	0.425121076	0.03778854
C	0.003115057	0.458255679	0.538629264
D	0.347545016	0.566605645	0.085849339
E	0.374898795	0.147055174	0.478046031

Penentuan kelas yang cocok bagi suatu sampel dilakukan dengan cara membandingkan nilai Posterior untuk masing-masing kelas, dan mengambil kelas dengan nilai Posterior yang paling tinggi. Maka nilai untuk masing-masing kelas adalah $P(C|A) = 0.431887844$, $P(C|B) = 0.537090384$, $P(C|C) = 0.538629264$, $P(C|D) = 0.566605645$, $P(C|E) = 0.478046031$

Maka hasil penelitian dari pembahasan yang telah dilakukan Data yang digunakan untuk mengukur kemampuan kognitif menggunakan Bayesian network dalam melakukan inferensi diperoleh kemampuan kognitif

keseluruhan yang diambil dari rata-rata posterior probability dari grade A sampai grade E yaitu sebesar 33% Tinggi, 41% Sedang, dan 26% Rendah. Berikut grafik memberikan informasi mengenai kemampuan kognitif.



Gambar 7. Grafik Kemampuan Kognitif Keseluruhan

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya (1). Metode *Bayesian Network* dapat digunakan untuk mengukur kemampuan kognitif. Dan dapat memprediksi probabilitas kemampuan kognitif, (2). Bayesian Network adalah metode *Artificial Intelligence* (AI) yang digunakan pada bagian User Model dalam program ITS, (3). Program *Intelligent Tutoring System* ini mampu memberikan informasi mengenai kemampuan kognitif.

Beberapa hal yang disarankan untuk pengembangan implementasi dari program *Intelligent Tutoring System* menggunakan metode Bayesian network selanjutnya, yaitu menambah jumlah soal yang diberikan dan menambahkan pengujian soal dengan essay sehingga pengukuran akan lebih objektif. Menambahkan tool dan metode lain untuk membandingkan pengukuran dan mengetahui tingkat akurasi. Penentuan nilai *Conditional Probability distribution Table* (CPT) harus sesuai dengan data statistik yang valid dan akurat, agar program mendapatkan parameter yang sesuai dengan lingkungan pendidikan sebenarnya.

Referensi

- Anas, Sudijono. 2009. Pengantar Evaluasi Pendidikan. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Arikunto, S. 2011. Dasar – dasar Evaluasi Pendidikan, Bumi Aksara, Jakarta.
- Bloom, B., Engelhart, M., Murst, E., Hill, W., & Drathwohl, D. (1956). Taxonomy of

-
- Educational Objectives: Handbook I, Cognitive Domain. Longman
- Roselina, Yunita Nancy, dkk, Aplikasi Diagnosa Penyakit Asma Menggunakan Bayesian Network Berbasis Web, Jurnal Teknik Informatika, Vol. 1, September 2012, Riau.
- Santika, I Wayan, 2012. Pengembangan Sistem Pakar Konsultasi Hama dan Penyakit Tanaman Jeruk Menggunakan Metode Bayesian Network berbasis Web, Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI), vol. 1, No. 4, Agustus 2012.
- Siswanto, Surya Supeno, Moch. Hariadi, 2009. *Sistem Tutor Cerdas Berbasis Metode Bayesian Network untuk Klasifikasi Autonomous Tingkat Kognisi*, Paper Program Pascasarjana Bidang Studi Sistem Komputer, Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tinaliah, 2015. Aplikasi Sistem Pakar Untuk mendiagnosa Penyakit Hewan Ternak Sapi Dengan Bayesian Network. Jurnal Ilmiah SISFOTENIKA, Vol. 5, No. 1, Januari 2015.
- Variq, Surya Supeno, Moch. Hariadi, 2010. Sistem Tutor Cerdas Menggunakan Metode Bayesian Network, Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wibowo, Djoko. Edi Noersasongko, Romi Satria Wahono, 2012, Identifikasi Kesalahan dalam Mengerjakan Soal Penjumlahan Susun Berbasis Finite State Machine. Jurnal Teknologi Informasi, Volume 8 Nomor 1, April 2012.
- Yatao Li, Xidian University, Xi'an, China, 2015. Developing an Intelligent Tutoring System that has Automatically Generated Hints and Summarization for Algebra and Geometry. International Journal of Information and Communication Technology Education, 11(2), 14-31, April-June 2015.