

## KONSEP SISTEM TUTORIAL BERBASIS STUDENT MODEL

Wawan Setiawan

Jurusan Pendidikan Ilmu Komputer FPMIPA UPI

[pik@upi.edu](mailto:pik@upi.edu)

### A B S T R A K

Banyak ITS (Instruction Tutoring System) menggunakan hipotesa bahwa selama sesi tutorial, *student knowledge* tidak berubah. Hipotesa ini akan menyederhanakan *modelling process* tetapi akan terlihat sangat jauh dari realitas. Keadaan sesungguhnya memperlihatkan bahwa selama interaksi tutorial, *student knowledge* sering berubah karena siswa memperoleh konsep baru, memperbaiki pemahaman tentang konsep yang telah diperoleh atau justru melupakan konsep-konsep yang sudah lama. Tulisan ini pengetengahkan perancangan sistem tutorial dengan menggunakan pendekatan *student knowledge* yang dinamis. *Student model* dapat dipandang sebagai proses dinamik yang melibatkan beberapa *temporal feature* perubahan yang terjadi dalam *student knowledge* merupakan aspek penting yang harus dipertimbangkan dalam dialog antara tutoring system dan siswa agar permodelan terlihat realistis dan efektif. Paper ini mencoba menyajikan sebuah proposal atau rencana pengembangan dan perbaikan *student model* dengan pertimbangan aspek *temporal knowledge*. *Student model* adalah sebuah model yang menjelaskan pengetahuan siswa pada domain subjek tertentu dan model ini digunakan untuk merancang sebuah perangkat tutorial yang tepat. Dalam paper ini penulis juga membahas beberapa isu yang cukup penting dalam kaitannya dengan *modelling process student knowledge*. *Time* sangat berperan dalam proses evolusi *student model*. Pendekatan yang diusulkan dapat mengatasi masalah adanya kemungkinan kontradiksi yang timbul dalam *student model* dan juga dapat menghasilkan banyak hipotesis alternatif tentang *student*. Kompleksitas dalam memecahkan masalah diatas adalah kombinatorial, untuk itu perlu dilakukan langkah implementasi yang efektif *Domain knowledge* dapat digambarkan baik dengan proposional ataupun predikat kalkulus. Semua hal diatas dilakukan dengan asumsi *student* adalah *agent* yang bertindak rasional.

**Kata Kunci :** *Student Model, Student Knowledge, temporal knowledge*

### I. PENDAHULUAN

Proses ini melibatkan dua aktivitas utama, yaitu :

- *Student's behaviour analysis*, yang bertujuan untuk memahami dan menerangkan tingkah laku siswa pada saat proses pemahaman terhadap konsep atau *knowledge* tertentu.
- *Student model management*, yang bertujuan mengintegrasikan dan mengelola semua data turunan dari interpretasi terhadap tingkah laku siswa. Hal ini agar tersedia penjelasan tentang *student knowledge* yang komplit dan konsisten.

Banyak ITS (Instruction Tutoring System) menggunakan hipotesa bahwa selama sesi tutorial, *student knowledge* tidak berubah. Hipotesa ini akan menyederhanakan *modelling process* tetapi akan terlihat sangat

jauh dari realitas. Keadaan sesungguhnya memperlihatkan bahwa selama interaksi tutorial, *student knowledge* sering berubah karena siswa memperoleh konsep baru, memperbaiki pemahaman tentang konsep yang telah diperoleh atau justru melupakan konsep-konsep yang sudah lama.

*Student model* berisi semua informasi tentang siswa yang diobservasi secara langsung atau diperoleh selama proses *modelling*. Dalam *temporal student model*, representasi untuk *student knowledge* mengkombinasikan penggunaan konsep *belief* dan konsep *temporal*(situasi). Setiap domain konsep diasosiasikan dengan situasi spesifik dimana siswa mengetahui atau mengabaikan sebuah konsep. Setiap *belief* menjelaskan status *knowledge* pada domain konsep dan situasi tertentu. Hal tersebut direpresentasikan

dengan operator BS(s,a) dimana maknanya : pada situasi s siswa S *believes* konsep a, dimana a adalah domain konsep(benar atau salah) direpresentasikan dengan formula dalam kalkulus proposional. Demikian juga halnya jika siswa mengabaikan sebuah konsep maka dijelaskan dengan formula  $\sim$ BS(s,a). Setiap situasi diasosiasikan dengan waktu tertentu yang direpresentasikan dengan real number dan ditentukan oleh fungsi ClockTime(s). Asumsi waktu yang digunakan adalah waktu linear, kita mengatakan situasi s1 mendahului situasi s2 jika dan hanya jika  $\text{ClockTime}(s1) < \text{ClockTime}(s2)$  atau ditulis sebagai  $s1 \ll s2$ .

Dalam student model muncul masalah yang disebut frame problem dan dapat dikategorikan dalam *temporal reasoning problem*. Masalah ini coba untuk dipecahkan dengan penggunaan frame axioms, namun terdapat kesulitan dalam penentuan frekuensi *learning* dan *forgetting events*. Maka dicoba alternatif penggunaan NMTI rule.

Selama proses pembuatan *student model* berlangsung, setiap saat terdapat potongan informasi baru mengenai perilaku siswa, *student model* dapat dapat diubah agar supaya dapat memberikan deskripsi yang makin lebih baik tentang *performance* siswa. Pertumbuhan bertahap dari *student model* dan kemungkinan inkonsistensi dari *performance* siswa menimbulkan konsekuensi bahwa beragam informasi yang terdapat di dalam student model tidak dapat dianggap sebagai sesuatu yang pasti melainkan merupakan hipotesis(dugaan). Oleh sebab itu data yang diperoleh pada suatu waktu mungkin saja tidak konsisten dengan data yang dikumpulkan pada saat yang lain. Akibatnya, selama interaksi tutorial, fakta-fakta tentang siswa yang dikumpulkan oleh system tutorial tidak selalu berkaitan kepada *student's belief* saat ini, tetapi mungkin juga mengacu kepada *student's belief* di masa lalu. Semua fakta ini mengimplikasikan perlunya memperhitungkan peranan waktu dalam penentuan hipotesis dari *student's belief*.

Dalam pendekatan yang dipakai untuk mengatasi masalah ini diperkenalkan model operator kedua, BT (Belief dari Tutor) yang berkaitan dengan sistem tutorial. Ekspresi BT(s, Y) memiliki makna intuitive : dalam situasi s, tutor *believe* pada suatu hipotesis Y. Jadi, dalam *student model student's belief*

biasanya direpresentasikan dalam bentuk BT(s1, BS(s2, a)), memiliki makna : dalam situasi s1 tutor mempunyai hipotesis bahwa siswa *believe* suatu konsep a pada situasi s2.

Kerancuan dalam interpretasi dari perilaku siswa mengindikasikan adanya kebutuhan untuk bekerja dengan beberapa hipotesis alternatif tentang pengetahuan siswa yang mungkin. Untuk dapat merepresentasikan banyak hipotesis dalam *student model*, penggunaan struktur linear dari waktu adalah tidak cukup karena ia hanya dapat menggambarkan evolusi temporer tunggal dari pengetahuan siswa.

Representasi dari berbagai alternatif hipotesis dalam konteks histori yang berbeda dari pengetahuan siswa mengantarkan kita pada penggunaan struktur bercabang untuk waktu: kumpulan situasi adalah merupakan bagian kumpulan yang terurut dan tiap situasi mungkin diikuti oleh beberapa situasi alternatif. Dalam konteks permodelan siswa, branching time dapat ditentukan oleh dua buah factor yang berbeda: (1) pembuat model dapat menghasilkan hipotesis alternatif dengan menganalisa perilaku siswa (2) beberapa aksi tutorial yang berbeda dapat menyebabkan pengetahuan siswa mengubah alternatif path evolusi berikutnya.

*Socratic tutor* mengajarkan *domain knowledge* melalui suatu dialog yang didalamnya berisi pertanyaan, pengujian terhadap pengetahuan siswa dan penjelasan tentang konsep-konsep baru. Strategi tutorial jenis ini mewakili aplikasi yang sangat cocok untuk kerangka kerja kita karena dialognya merupakan pertukaran informasi yang berkesinambungan dan proses pembuatan *student model* sangat dinamis. Selanjutnya, ketika dialog berlanjut, siswa mempelajari konsep-konsep baru dan memperbaiki kesalahan yang mungkin dari komentar tutor . Sebagai konsekuensinya, domain pengetahuan dari siswa ikut berubah. Jelasnya, model klasik yang berbasis representasi statis dari pengetahuan siswa gagal untuk mengikuti perubahan ini.

Dalam paper ini, penulis telah membahas kegunaan waktu dalam *proses modeling* dan kerangka kerja untuk memodelkan aspek temporal dalam representasi *student's belief*. Dengan membedakan *student's belief* dari *tutor's belief*, perubahan dan perbaikan student model

klasik telah dilakukan. Pendekatan yang telah dilakukan memungkinkan untuk menangani masalah munculnya kontradiksi dalam student model dan masalah dalam melukiskan banyak hipotesis tentang siswa.

## II. MODEL STUDENT KNOWLEDGE

Dalam paper ini penulis akan membahas beberapa isu yang cukup penting dalam kaitannya dengan *modelling process student knowledge*. Paper ini menyajikan beberapa metode yang digunakan dalam rangka proses pengembangan dan perbaikan *student model*, antara lain :

- a. Penggunaan aspek waktu(situasi) dalam memodelkan *student knowledge*. Hal ini dilatarbelakangi oleh permodelan *student knowledge* selama ini yang terlihat tidak realistis. Kondisi *student knowledge* yang sering berubah selama sesi tutorial akan lebih mudah digambarkan dan dipahami dengan sebuah model yang melibatkan aspek waktu(situasi) karena akan merepresentasikan keadaan sebenarnya *student knowledge* siswa setiap saat.
- b. Non Monotonic Temporal Inference(NMTI) *rule*, metode ini digunakan sebagai alternatif solusi dalam masalah *frame problem*. *Frame problem* muncul ketika kita akan menggambarkan suatu kondisi *student knowledge* dimana semua *explicit beliefs* dan *implicit beliefs* mengacu pada situasi yang berbeda.
- c. Penggunaan model operator yang melibatkan komponen tutor dalam sesi tutorial. Metode ini dilatarbelakangi oleh kondisi *student model* yang senantiasa berubah karena berbagai macam informasi yang datang selama sesi tutorial berlangsung. Untuk menjaga kekonsistenan data pengamatan, maka komponen tutor penting untuk dilibatkan dalam model operator tersebut. Dengan penggunaan secara eksplisit komponen tutor dalam permodelannya, maka akan lebih mudah dibedakan *beliefs* dari dua agen yang terlibat dalam sesi tutorial yakni *beliefs* siswa dan *beliefs* tutor.
- d. *Branching Time*. Merupakan metode yang digunakan untuk mengelola beragam hipotesa selama sesi tutorial berlangsung. Selama ini penggunaan

struktur waktu linear hanya menggambarkan perubahan dari kondisi *student knowledge* pada satu waktu, padahal kita ingin tetap menjaga setiap perubahan kondisi yang terjadi pada *student knowledge* secara simultan. Hal ini yang melatarbelakangi penggunaan metode *branching time* dalam sesi tutorial.

Isu yang akan menjadi pembahasan utama dalam makalah ini terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu :

- a. Penggunaan aspek waktu(situasi) sebagai komponen temporal dalam penggambaran *student knowledge*.
- b. Penggunaan metode *branching time* dalam penggambaran *student knowledge* sebagai perluasan dari isu pertama.

Beberapa latar belakang pembahasan kedua isu diatas adalah sebagai berikut :

- a. Fokus utama dalam paper “Modelling the Temporal Evolution of Students Knowledge” adalah isu pengembangan dan perbaikan *student model* berdasarkan aspek temporal knowledge.
- b. Kedua isu diatas terkait erat satu sama lain. Selama ini banyak ITS(Instruction Tutoring System) yang menggunakan hipotesa *student knowledge* tidak berubah selama sesi tutorial, hipotesa inilah yang coba diperbaiki dengan pengenalan konsep waktu(situasi). Namun dalam pelaksanaannya model operator ini ternyata belum cukup konsisten untuk sebuah data pengamatan. Dengan demikian metode *branching time* akan menggantikan aspek waktu linear pada metode pertama, dan tentu saja model operatornya melibatkan dua agen dalam sesi tutorial yaitu siswa dan tutor.

Dalam pembahasan kedua isu ini, penulis akan mencoba menguraikan terlebih dulu konsep setiap metode dilanjutkan penjelasan tentang kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode dan diakhiri dengan pembahasan tentang *feasibility* dari masing-masing metode.

### 1. Temporal Student Model

#### a. Konsep

Dalam temporal student model digunakan model operator yang menggambarkan

status knowledge siswa pada domain konsep tertentu dan pada situasi tertentu pula. Model operatornya adalah  $BS(s,a)$  yang berarti “pada situasi  $s$  siswa  $S$  beliefs konsep  $a$ ”. Bentuk negasinya adalah  $\sim BS(s,a)$  yang berarti “pada situasi  $s$  siswa  $S$  ignored konsep  $a$ ”. Setiap situasi diasosiasikan dengan waktu khusus yang direpresentasikan dengan bilangan real dengan fungsi  $ClockTime(s)$ . Asumsi waktu yang digunakan disini adalah struktur waktu linear. Jadi situasi  $s_1$  mendahului situasi  $s_2$  jika dan hanya jika  $ClockTime(s_1) < ClockTime(s_2)$  dan ditulis  $s_1 \ll s_2$ .

Aspek waktu ini juga digunakan dalam memodelkan konsep learning dan konsep forgetting. Terdapat dua buah operator yang digunakan :

1. LS(untuk student learning)
2. FS(untuk student forgetting)

Operator  $LS(s_1,s_2,a)$  berarti siswa learns konsep  $a$  dalam interval waktu antara situasi  $s_1$  dan  $s_2$ (pada situasi  $s_2$  siswa masih tahu konsep  $a$ ) dan operator  $FS(s_1,s_2,a)$  berarti siswa forget konsep  $a$  dalam interval waktu  $s_1$  dan  $s_2$ (pada situasi  $s_2$  siswa masih tidak tahu konsep  $a$ ).

### b. Kelebihan

- Temporal student model mampu menggambarkan status student knowledge lebih realistis, karena selama sesi interaktif knowledge siswa akan senantiasa berubah dan hal tersebut akan lebih tepat jika digambarkan dengan sebuah model yang melibatkan aspek waktu(situasi).
- Temporal student model mampu menghilangkan kontradiksi yang terjadi dalam student model tradisional. Sebagai contoh : Ba mengindikasikan siswa beliefs konsep  $a$  dan di lain pihak  $B\sim a$  mengindikasikan siswa ignored konsep  $a$ , maka kedua model tersebut akan terlihat kontradiksi jika digunakan secara bersamaan. Dengan penggunaan aspek waktu(situasi) untuk menggambarkan komponen temporal maka kontradiksi ini akan dihilangkan.

### c. Kekurangan

- Temporal student model ini menggunakan struktur waktu linear. Kenyataan yang ada dalam proses pengamatan *student's behaviour* membutuhkan berbagai macam hipotesa dan hal tersebut tidak dapat digambarkan hanya dengan single temporal student model.

### d. Feasibility

Implementasi temporal student model ini cukup baik dan mudah untuk menggambarkan setiap perubahan yang terjadi dalam student's knowledge. Dengan metode ini kontradiksi yang diciptakan oleh student model tradisional akan teratasi. Contoh implementasi, misalkan dalam sebuah pengamatan pada situasi  $s$  terdapat empat buah *beliefs statement* :

1.  $BS(s,p)$
2.  $BS(s,p \wedge \neg q \supset r)$
3.  $BS(s,q \supset t)$
4.  $BS(s,\neg t)$

maka student model tersebut dapat diperluas dengan membuat belief statement lain yang merupakan turunan dari belief  $\sim$ belief yang ada.  $BS(s,\sim q)$  turunan dari pernyataan 3 dan 4 dengan modus tollens.  $BS(s,r)$  turunan dari pernyataan 1, 2 dan  $BS(s,q)$ . Maka semua pernyataan diatas baik yang eksplisit maupun implisit menggambarkan keadaan student knowledge pada situasi tertentu.

## 2. Branching Time

### a. Konsep

Single temporal student knowledge hanya menggambarkan keadaan student knowledge pada satu waktu. Sedangkan dalam kenyataan di lapangan, dibutuhkan berbagai macam hipotesa yang mampu menggambarkan keadaan student knowledge secara kontinu dan simultan. Oleh karena itu, diperkenalkan penggunaan metode branching time : kumpulan situasi yang membentuk sebuah partially ordered set dan setiap situasi diikuti oleh beberapa alternatif situasi. ' $\ll$ ' adalah relasi urutan parsial yang meliputi sekumpulan situasi, bersifat irreflexive, anti-symmetric, dan transitive. Selanjutnya branching time dikarakteristikan oleh sifat  $\forall s_1,s_2,s (s_1 \ll s) \wedge (s_2 \ll s) \supset ordered(s_1,s_2)$  dimana setiap situasi yang mendahului situasi  $s$  dalam keadaan terurut.



### b. Kelebihan

- Metode branching time ini mampu menjawab kelemahan temporal student model. Dengan metode ini dimungkinkan untuk menggambarkan beragam alternatif hipotesa tentang student knowledge.
- Perubahan student knowledge akan terlihat lebih jelas karena metode ini akan menyimpan setiap perubahan secara terurut berdasarkan waktu.
- Implementasi metode branching time cukup rumit dan kompleks. Semakin kompleks hasil observasi maka akan semakin banyak pula kemungkinan alternatif hipotesa yang diuji coba.

### c. Feasibility

Implementasi metode ini ditentukan oleh dua buah faktor :

1. Pembuat model dapat menghasilkan hipotesis alternatif dengan menganalisa perilaku siswa.
2. Beberapa aksi tutorial yang berbeda dapat menyebabkan pengetahuan siswa mengubah alternatif path proses evolusi berikutnya.

Contoh implementasi :

1. Hasil observasi :  $BT(s_1, BS(s_0, p))$ , hasil analisa dari perilaku siswa pada situasi  $s_0$  terdiri atas dua buah alternatif hipotesis : (i) siswa mengetahui konsep " $p \supset q$ " atau (ii) siswa mengetahui konsep " $p \supset r$ ". Maka untuk menjelaskan dan membedakan kedua hipotesa tersebut diperkenalkan dua alternatif situasi  $s_2'$  untuk hipotesa pertama dan  $s_2''$  untuk hipotesa kedua.
  1.  $BT(s_2', BS(s_0, p \sqcap q))$
  2.  $BT(s_2'', BS(s_0, p \sqcap r))$

[with  $s_0 \ll s_1$ ,  $s_1 \ll s_2'$ , and  $s_1 \ll s_2''$ ,  $ClockTime(s_2') = ClockTime(s_2'')$ ]

Kesimpulan yang dapat diambil dari contoh diatas bahwa dari pernyataan 1 dapat diturunkan pernyataan  $BT(s_2', BS(s, q))$  dan dari pernyataan 2 dapat diturunkan pernyataan  $BT(s_2'', BS(s, q))$ .

2. Hasil observasi :  $BT(s_2, \sim BS(s_1, p))$  dan  $BT(s_2, \sim BS(s_1, q))$ . Misalkan terdapat aksi A1 yang mengharuskan

siswa belajar konsep p dan A2 yang mengharuskan siswa belajar konsep q. Maka untuk menggambarkan kondisi ini dibutuhkan dua alternatif situasi yaitu  $s_3'$  dan  $s_3''$  :

1.  $BT(s_2, BS(s_3', p))$
2.  $BT(s_2, BS(s_3'', q))$

[with  $s_1 \ll s_2$ ,  $s_2 \ll s_3'$ , and  $s_2 \ll s_3''$ ,  $ClockTime(s_3') = ClockTime(s_3'')$ ]

Jadi situasi  $s_3'$  dan  $s_3''$  merupakan representasi dari setiap kemungkinan evolusi dari student knowledge

## III. IMPLEMENTASI

Komponen dari aplikasi student model meliputi sebagai berikut.

### 1. Student Model Application

- a. *Student Behaviour Analysis Module*  
 $\Rightarrow$  Goal: Untuk memahami dan menjelaskan perilaku siswa tentang pengetahuan yang dimilikinya, baik konsep yang benar maupun konsep yang salah
- b. *Student Model Management Module*  
 $\Rightarrow$  Goal: Untuk menyatukan dan mengatur semua data yang yang didapatkan dari hasil interpretasi dari perilaku student agar dapat memberikan deskripsi tentang pengetahuan student secara lengkap, memuaskan dan konsisten
- c. *Student Model Update Module*  
 $\Rightarrow$  Goal: Untuk mempertahankan agar student model tetap *up to date* ketika terjadi perubahan dalam student model
- d. *Student Model Revision Module*  
 $\Rightarrow$  Goal: Untuk mempertahankan agar student model tetap *up to date* ketika fakta lama ternyata salah dan harus diganti dengan fakta yang baru
- e. *Student Model Belief Module*  
 $\Rightarrow$  Goal: Untuk menggambarkan apa saja yang diketahui dan dilupakan student tentang *domain knowledge* termasuk didalamnya konsep yang benar dan konsep yang salah

- f. *Student Model Temporal Situation Module*  
⇒ Goal: Untuk menjelaskan tentang situasi spesifik saat student mengingat atau melupakan suatu konsep
- g. *Modal Operator: BS (s0, a), BT (s1, b)*  
⇒ Goal: Untuk merepresentasikan konsep bahwa pada situasi s0, student belief suatu konsep a, sedangkan pada situasi s1, tutor belief suatu konsep b
- h. *ClockTime Function: ClockTime(s3)*  
⇒ Goal: Untuk memberikan deskripsi tentang waktu terjadinya situasi s3, di dalam bentuk suatu bilangan real
- i. *NonMonotonicInference (NMTI) Rule Module*  
⇒ Goal: Untuk memecahkan frame problem dalam rangka menghasilkan *belief* secara implisit, yaitu ketika status pengetahuan student tentang suatu konsep ternyata tidak/belum di lakukan pengamatan (observasi belum tersedia), maka diambil dari status pengetahuan tentang konsep tersebut sebelumnya yang paling dekat waktunya dengan situasi sebenarnya dimana sudah dilakukan pengamatan atasnya (observasi sudah tersedia)
- j. *Belief distinguisher module (ex. BT(s1, (BS(s0, a)))*  
⇒ Goal: Untuk membedakan antara student belief dan tutor belief (pada situasi s1 tutor belief bahwa pada situasi s0 student belief konsep a
- k. *Branching Time Module*  
⇒ Goal: Untuk memberikan hipotesis alternatif tentang pengetahuan student, dengan memelihara secara simultan beberapa deskripsi tentang pengetahuan student yang akan divalidasi atau ditolak berdasarkan hasil observasi atau pengamatan pada waktu yang akan datang
- l. *Tutor Sub Module:*  
⇒ Goal: Modeler dapat membuat hipotesis alternatif dengan melakukan analisa tentang perilaku siswa
- m. *Student Sub Module*  
⇒ Goal: Student model akan berubah mengikuti jalur evolusi alternatifnya jika ia mendapatkan aksi tutorial yang berbeda
- n. *Operator relasi ">>"* yaitu operator untuk menentukan urutan relasi parsial diantara sekumpulan situasi, bersifat *irreflexive*, *anti symmetric* dan *transitive*.
- o. *Appliation Language Programming Tools*
- LISP (Golden LISP, Common LISP)
  - SKIM, Gopher, Haskell
  - Prolog (Turbo Prolog, SWI Prolog)

#### IV. PENUTUP

1. Solusi yang diberikan mempunyai tingkat kompleksitas yang besar (kombinatorial), yang apabila ditinjau dari segi programming kurang efektif dan efisien untuk diimplementasikan
2. Solusi membuat asumsi bahwa tutor beliefs agaknya mendominasi student beliefs., padahal dalam kenyataannya tidak selalu demikian
3. Solusi melakukan generalisasi terhadap student model yaitu students belief secara umum, padahal kenyataannya tingkat kemampuan student dalam sangat bervariasi, mulai dari yang tingkat intelegensinya kuat sampai yang lemah
4. Solusi bersifat objektif, dalam arti performance tutor dimata student adalah sama saja, padahal kenyataannya faktor subjektif yaitu siapa (orang) yang menjadi tutor bagi student kerap kali menjadi acuan emosi bagi student untuk meningkatkan kecepatan belajar-nya
5. Tingkat minat dan bakat student terhadap suatu topik tidak dimasukkan sebagai referensi bagi tutor, padahal hal tersebut sangat membantu student dalam belajar

6. Time sangat berperan dalam proses evolusi student model
7. Perbedaan antara *student belief*, *tutor belief*, *student model update* dan *student model revision* telah juga dibahas secara tuntas
8. Pendekatan diatas dapat mengatasi masalah adanya kemungkinan kontradiksi yang timbul dalam student model dan juga dapat menghasilkan banyak hipotesis alternatif tentang student
9. Kompleksitas dalam memecahkan masalah diatas adalah kombinatorial, untuk itu perlu dilakukan langkah implementasi yang efektif
10. Domain knowledge dapat digambarkan baik dengan proposional / predikat kalkulus
11. Semua hal diatas dilakukan dengan asumsi student adalah agent yang bertindak rasional

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anderson, dkk., (2006). *Learner-centered Teaching and Education at USC: A Resource for Faculty* [online]. Tersedia: [http://www.usc.edu/academe/acsen/documents/LC\\_Resoirce\\_final1.pdf](http://www.usc.edu/academe/acsen/documents/LC_Resoirce_final1.pdf). [3 Agustus 2007].
- [2] Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1995. *Kamus Umum Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- [3] Febrian, Jack. 2007. *Kamus Komputer & Teknologi Informasi*. Bandung : Informatika.
- [4] JICA.----- . *Evaluasi Pembelajaran Matematika*. Bandung : Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI.
- [5] Pannen, Paulina dan Sekarwinahya, Mestika. 1994. "*Belajar Aktif*" dalam *Mengajar Yang Sukses*. Jakarta: Pusat Antar Universitas Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [6] Ruseffendi, E. T. 1994. *Dasar-Dasar Penelitian Pendidikan dan Bidang Non-Eksakta Lainnya*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- [7] Soetarno. 1984. *Pemahaman Individu*. Surakarta: Sebelas Maret University Press.
- [8] Sparrow, L., Sparrow, H. and Swan, P., 2000, *Student centred learning: Is it possible?*, [Online]. Tersedia: <http://lsn.curtin.edu.au/tlf/tlf2000/sparrow.html> [ 25 Mei 2007]
- [9] Surya, Muhammad. 2007. *Potensi Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Peningkatan Mutu Pembelajaran di Kelas*. [online]. Tersedia : [www.edukasi.net/artikel/index.php?id=43](http://www.edukasi.net/artikel/index.php?id=43) . [28 Maret 2008].
- [10] Susilana, Rudi. 2006. *Kurikulum dan Pembelajaran*. Bandung : Jurusan Kurikulum dan Teknologi Pendidikan FIP UPI.
- [11] Wahana, S Romy.2004. "*Spiralisasi pengetahuan*",. Yogyakarta.:Digital Library Al-Manar Production.
- [12] WS, Winke. 1983. *Psikologi Pendidikan dan Evaluasi Belajar*. Jakarta: Gramedia.