

## PENGEMBANGAN SISTEM DIAGNOSIS KOGNITIF FISIKA ONLINE UNTUK SMP

**Budi Naini Mindyarto, Ani Rusilowati, Kartono, Sugiyanto**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

***Abstract.** The need for this study stems from the accumulation of non-tuntasan learn physics due to the integration of assessment with learning in school. The formulation of the problem is how to develop an online assessment system for the diagnosis of cognitive junior physics using computerized adaptive testing (CAT) in order to facilitate the realization of assessment for learning in school? While the goal is to design and build a prototype system question bank and online cognitive diagnostic assessment using CAT for junior high school Physics. Development is done using the system development life cycle (SDLC) and a checklist to identify the data on compliance with specifications question bank, a prototype system assessment, cognitive diagnosis report, and revised prototype. Exploratory descriptive approach shows that with open source technologies potentially resulting product can be run on the network to the Internet or local computer networks in schools. Physics problem decomposed into components of problem-solving as measured by two 2-tier multiple choice items. Problems (testlet) packaged in modules that are presented to the user is adaptive to the user's level of cognitive ability. Cognitive profile of qualitative and quantitative diagnosis of the resulting constructive learning process for improvement. Prototype results of this study can be accessed at: <http://aku-bisa.com>.*

***Keywords:** cognitive diagnosis, two-tier multiple choice, adaptive*

### PENDAHULUAN

*Assessment for learning* adalah penilaian formatif yang merupakan pusat dari proses belajar dan mengajar yang efektif (Stiggins, 2002). Penilaian ini mendorong dan memungkinkan guru menggunakan penilaian untuk mempromosikan dan memonitor pembelajaran untuk kemajuan belajar siswa. Kontribusi penilaian formatif terhadap pembelajaran ini mendorong pembelajaran yang berkualitas dan menghindari praktik-praktik pembelajaran yang tidak diinginkan.

Penilaian formatif yang dilakukan oleh

guru di kelas pada dasarnya adalah untuk mendapatkan informasi yang digunakan baik untuk *feedback* dan *feedforward* (Hutchinson, 2006; Gerdy, 2002). Informasi ini memberi *feedback* kepada guru tentang seberapa efektif pengajaran yang telah dilakukan, dan memberi *feedforward* ke perencanaan untuk langkah-langkah berikutnya dalam pembelajaran dan bagaimana membantu siswa untuk mengikuti langkah-langkah ini. *Feedback* juga diberikan kepada siswa untuk membantu siswa mengidentifikasi dan mengambil tindakan untuk menutup gap dalam belajarnya. *Feedback* hasil penilaian dianggap sebagai

*feedback* hanya jika digunakan untuk menutup gap yang ada pada siswa (Gao, 2006).

Dalam pembelajaran di kelas SMP pada umumnya, penyelenggaraan penilaian formatif sering memakan banyak waktu. Ketika guru IPA Fisika memberi sejumlah pertanyaan untuk mengecek pemahaman siswa, guru menginterpretasi dan mengidentifikasi gap antara apa yang sebenarnya dipelajari siswa (*learning outcome*) dan target pencapaian belajar yang diinginkan (*learning goal*). Kemudian guru memberi *feedback* kepada siswa untuk menutup gap tersebut. Namun pengadministrasian *paper and pencil test* dan ukuran kelas yang besar membuat beban penilaian kelas ada di tangan guru IPA Fisika dan sering membuat *feedback* tidak dapat diberikan dengan segera dan kurang spesifik (Budi, 2001).

Penilaian formatif yang dilakukan oleh guru IPA Fisika jika tidak bersifat komplementer dengan proses pembelajaran, tidak akan berkontribusi terhadap kemajuan belajar siswa. Dengan proses penilaian dan proses pembelajaran yang seakan-akan berdiri sendiri-sendiri, tidak akan mendorong siswa untuk berkembang. Guru seakan-akan hanya menghakimi siswa tanpa menggali *meaningful feedback* dibalik kegagalan siswa yang dapat dipergunakan untuk memperbaiki pembelajaran berikutnya. Penyampaian materi IPA Fisika dapat berlangsung terus pokok bahasan demi pokok bahasan tetapi kesulitan demi kesulitan akan dialami oleh siswa tanpa adanya solusi yang membangun yang berakibat kepada ketidak-tuntasan belajar siswa.

Dengan berkembangnya adopsi teknologi dalam bidang pendidikan termasuk dalam teknologi penilaian pendidikan, penilaian formatif dalam kelas menjadi terfasilitasi terutama dengan adanya ICT. Tes formatif IPA Fisika dapat disajikan dalam bentuk perangkat lunak komputer yaitu *computer-based assessment* sehingga penyusunan soal

dan koreksi respon siswa dapat dilakukan dengan mudah dan otomatis. *Feedback* yang dihasilkan berdasarkan respon siswa juga dapat dilaporkan secara otomatis dan instant sehingga dapat segera dimanfaatkan oleh guru untuk melakukan kegiatan-kegiatan perbaikan pembelajaran. Konsekuensi logis dari suatu tes berbasis komputer adalah harus tersedianya perangkat keras komputer untuk menyajikan tes bagi setiap siswa. Penerapan *computer-based assessment* dalam penilaian pembelajaran telah dilakukan dalam bentuk tutorial diantaranya yaitu Tutorial Fisika Berbantuan Komputer (Budi, 2003).

Fasilitasi ICT dalam bidang penilaian pendidikan semakin dapat dirasakan dalam pembelajaran IPA Fisika yaitu dengan pengadopsian teknologi internet. Penilaian pendidikan menjadi semakin fleksibel dimana penilaian tidak lagi terpancang kepada waktu dan tempat tertentu. Penilaian dapat dilakukan secara klasikal di sekolah maupun di luar sekolah dan waktu penyajiannya dapat diatur yaitu pada saat jam sekolah atau di luar jam sekolah. Fasilitasi internet untuk penilaian pendidikan telah dilakukan yaitu Template Tutorial Fisika Berbasis Web (Budi & Suharto, 2005) dimana bank soal dikembangkan berdasarkan pola-pola yang telah disediakan.

Fasilitasi ICT baik berbasis web atau yang konvensional telah memberikan kontribusi efisiensi dan efektivitas dalam pengadministrasian penilaian IPA Fisika. *Feedback* dan *feedforward* telah berhasil dihasilkan namun dengan cara yang kurang cerdas (*intelligent*). Dengan *computerized adaptive testing* (CAT), tes diagnosis kognitif akan dapat dilakukan secara cerdas dimana item-item tes yang diberikan kepada siswa disesuaikan dengan tingkat kemampuannya. Siswa berkemampuan tinggi akan menerima item-item tes yang relatif sukar dan sebaliknya untuk anak berkemampuan rendah. Penelitian tradisional CAT di Indonesia telah dilakukan tetapi masih terfokus pada

estimasi kemampuan (Mutaqin & Haryanto, 2007; Agus, 2007). Dengan adanya kebaruan unsur cerdas menggunakan teknologi CAT, informasi diagnosis kognitif dan juga estimasi kemampuan dari domain yang diukur dapat diungkap secara lebih efisien.

Konsekuensi logis dari sistem online yaitu adanya perangkat komputer yang terkoneksi dengan jaringan internet atau adanya jaringan komputer local (LAN) di sekolah. Keberadaan SMP-SMP berstandar internasional yang mensyaratkan adanya fasilitasi penuh ICT termasuk koneksi komputer ke internet serta keberadaan kelas-kelas akselerasi yang memprogramkan penyelesaian studi di SMP dalam 2 tahun merupakan lahan yang strategis untuk memaksimalkan potensi yang ada. Dengan mengimplementasikan penilaian formatif menggunakan tes diagnosis kognitif menggunakan CAT secara online, paradigma *assessment for learning* akan terwujud dimana proses penilaian akan berjalan secara sinergi dengan proses pembelajaran.

Untuk menyelidiki efektivitas dan efisiensi sistem ini, *agent of change* diperlukan untuk melakukan penelitian guna membangun sistem yang mampu berkontribusi baik praktis maupun metodologis. Secara praktis, keberhasilan pembangunan sistem secara online melalui internet untuk mewujudkan paradigma *assessment for learning* di suatu sekolah ini sudah siap untuk di-*share* pula oleh guru-guru Fisika SMP dan juga orang tua siswa pada sekolah-sekolah lain di seluruh Indonesia atau bahkan oleh pihak-pihak manapun tanpa terbatas oleh tempat dan waktu. Secara metodologis, siklus pengembangan sistem melalui bentuk *collaborative e-research* antara peneliti, guru Fisika SMP, dan siswa SMP ini berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan guru dalam melakukan penelitian khususnya penelitian kolaboratif menggunakan media komunikasi internet (*e-research*).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan tahap pertama dari penelitian pengembangan (*research & development*) yang direncanakan untuk diselesaikan dalam 2 tahun. Tahap pertama penelitian pengembangan ini menggunakan metode pengembangan perangkat lunak *system development life cycle* (SDLC) dan metode pengumpulan data *checklist* yang digunakan untuk mengidentifikasi data tentang pemenuhan spesifikasi bank soal, prototype sistem penilaian, laporan diagnosis kognitif, dan revisi *prototype*. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif eksploratif untuk menganalisis data tentang karakteristik dari bank soal dan *prototype* sistem penilaian diagnosis kognitif menggunakan CAT untuk Fisika SMP, serta laporan diagnosis kognitif yang dihasilkan baik informasi kuantitatif maupun informasi kualitatif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem penilaian diagnosis kognitif menggunakan *computerized-adaptive testing* (CAT) untuk Fisika SMP secara online ini dikembangkan menggunakan teknologi *open source*. Item-item penilaian diagnosis kognitif dikelola menggunakan *database management system* yaitu MySQL sedangkan interface-interface-nya dikembangkan menggunakan skrip PHP. Pemilihan teknologi *open source* ini dimaksudkan untuk memudahkan bagi mereka yang akan mengembangkan lebih lanjut penerapan teknologi ini dalam mengembangkan sistem penilaian diagnosis kognitif menggunakan CAT mengingat teknologi ini tersedia secara cuma-cuma bagi umum.

Penilaian diagnosis kognitif Fisika untuk SMP tersusun dari item-item yang berbasiskan *2-tier multiple choice items* yang terdiri dari pasangan jawaban dan alasan. Setiap item pilihan ganda diikuti oleh sejumlah pilihan

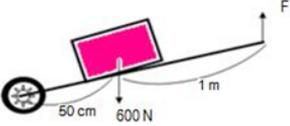
yang merupakan alternatif alasan terhadap satu jawaban yang telah dipilih sebelumnya.

SOAL	
<b>4</b>	Salah satu cara untuk mengatasi akibat yang ditimbulkan oleh adanya pemuaian dalam kehidupan sehari-hari adalah:
JAWABAN	
<input type="radio"/>	A Tangki minyak dicat putih.
<input type="radio"/>	B Ujung setrika dibentuk segitiga.
<input type="radio"/>	C Ujung solder listrik dibuat runcing.
<input type="radio"/>	D Sambungan rel kereta api diberi celah.
ALASAN	
<input type="radio"/>	Cat putih akan memantulkan sinar sehingga tidak menyerap panas.
<input type="radio"/>	Bentuk segitiga akan memudahkan panas merambat.
<input type="radio"/>	Bentuk runcing akan memudahkan proses pemuaian.
<input type="radio"/>	Celah memberi ruang untuk pemuaian sehingga tidak melengkung.

### Gambar 1. 2-tier multiple choice item

Item-item *2-tier multiple choice* ini dikembangkan dan disajikan dalam bentuk *testlet* dimana sebuah pernyataan permasalahan Fisika diikuti dengan beberapa pertanyaan-pertanyaan bentuk pilihan ganda. Penjabaran sebuah pernyataan persoalan Fisika kedalam pertanyaan-pertanyaan ini didasarkan kepada pendekatan *problem solving* yang lazim digunakan dalam persoalan-persoalan Fisika. Pola *problem-solving* dalam persoalan Fisika dapat dijabarkan ke dalam tiga komponen yaitu identifikasi yang mencakup dimensi pembacaan dan pemahaman, formulasi permasalahan yang mencakup dimensi transformasi permasalahan ke dalam bentuk matematis yang sesuai, dan aplikasi yang

mencakup dimensi komputasi dan pengkodean bentuk tertulis yang benar (Newman, 1977, 1983 dan Kirsch & Mosenthal, 1993 dalam Neill, 2000). Berdasarkan dekomposisi ini, sebuah persoalan Fisika disajikan dalam bentuk sebuah pernyataan yang diikuti oleh empat item pilihan ganda yang disajikan ke dalam dua *2-tier multiple choice*. Item pertama mengungkap deskripsi permasalahan, item kedua mengungkap eksplanasi terhadap deskripsi permasalahan, item ketiga mengungkap aplikasi komputasi dan pengkodean, dan item pilihan ganda keempat mengungkap eksplanasi berupa transformasi permasalahan menggunakan menggunakan konsep-konsep fisika.

SKL 3 Mendeskripsikan dasar-dasar mekanika (gerak, gaya, usaha, dan energi) serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari		IQBAL YUKHA NUR AFANI SMP Negeri 2 Semarang	
Indik 3.5 Mengidentifikasi jenis-jenis pesawat sederhana serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari		Tahap II PETUNJUK ?	
PERNYATAAN			
			

### Gambar 14. Pernyataan Permasalahan Fisika

**SOAL 12** Gambar di atas merupakan contoh pesawat sederhana jenis:

**JAWABAN**

A Katrol

B Bidang miring

C Gigi roda

D Tuas

**ALASAN**

Alat menggunakan roda bergigi.

Alat menggunakan pengungkit yang dapat bergerak pada satu titik tetap.

Alat menggunakan sebuah roda yang diputar dengan tali atau rantai.

Alat menggunakan bidang datar yang dipasang miring.

Mempunyai alasan lain? Ketik alasan Anda di bawah ini!

Seberapa yakin Anda terhadap jawaban dan alasan di atas?

Sangat yakin  100%  80%  60%  40%  20%  0% Hanya menebak

**SOAL 13** Besarnya gaya F untuk mengangkat beban ke atas adalah:

**JAWABAN**

A 600 N

B 300 N

C 200 N

D 150 N

**ALASAN**

Lengan beban = jarak beban ke as roda dan lengan kuasa = jarak gaya kuasa F ke beban.

Lengan beban = jarak beban ke as roda dan lengan kuasa = jarak gaya kuasa F ke as roda.

Lengan beban = jarak gaya kuasa F ke beban dan lengan kuasa = jarak beban ke as roda.

Lengan beban 1,5 m dan lengan kuasa 50 cm.

Mempunyai alasan lain? Ketik alasan Anda di bawah ini!

Seberapa yakin Anda terhadap jawaban dan alasan di atas?

Sangat yakin  100%  80%  60%  40%  20%  0% Hanya menebak

**Gambar 15.** Dekomposisi Permasalahan ke dalam Dua *2-tier MC Item*

Database bank soal dipakai untuk mengelola soal dalam bentuk pilihan ganda, karakteristik dari setiap soal, respon dari setiap user, identitas user, dan tingkat kemampuan user. Untuk komponen identifikasi, pertanyaan diikuti dengan sejumlah pilihan dimana siswa diminta untuk memilih salah

satu alasan dalam siswa menjawab pertanyaan komponen identifikasi. Database bank soal juga mengakomodasi alasan di luar alasan-alasan yang disajikan untuk diinputkan dalam bentuk *expanded textarea* di bagian bawah dari pilihan alasan.

**ALASAN**

Pada balok bekerja gaya berat balok dan gaya yang menyebabkan balok meluncur.

Pada balok bekerja gaya tekan balok pada bidang miring dan gaya yang menyebabkan balok meluncur.

Pada balok hanya bekerja satu buah gaya yaitu gaya gravitasi bumi pada balok.

Pada balok bekerja gaya berat balok dan gaya dorong dari bidang miring pada balok.

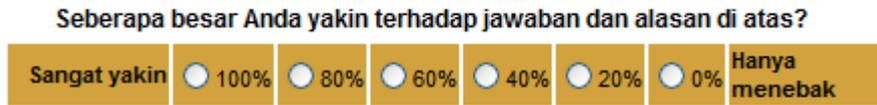
Jika Anda mempunyai alasan lain, ketik alasan Anda di bawah ini!

**Gambar 4.** *Expanded textarea* sebagai tempat untuk memasukkan

alasan yang dimiliki user untuk membantu mengetahui tingkat keyakinan user dalam memberi respon terhadap item-

item pilihan ganda apakah user yakin dalam member respon atau hanya menebak, database bank soal memberikan *field* berupa pilihan

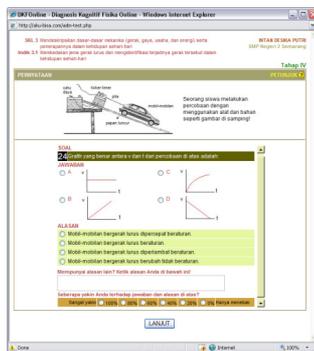
tingkat keyakinan yang mengikuti setiap soal.



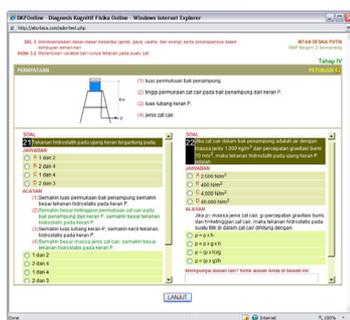
**Gambar 5. Pilihan tingkat keyakinan user dalam memberi respon terhadap setiap soal**

Database bank soal juga mengakomodasi soal yang hanya mengungkap tingkat pemahaman yaitu dengan memberikan eksplanasi terhadap deskripsi permasalahan fisika. Jadi bank soal mengakomodasi permasalahan-permasalahan fisika yang dapat diungkap menggunakan dua *2-tier multiple choice item* dimana terdapat dimensi komputasi dan pengkodean dan juga permasalahan-permasalahan yang hanya dapat diungkap menggunakan satu *2-tier multiple choice item*.

Soal-soal yang disimpan dalam database bank soal disajikan secara adaptif terhadap tingkat kemampuan kognitif siswa dimana pada tahap awal siswa akan mendapatkan soal-soal dengan tingkat kesulitan sedang dan beberapa tahap berikutnya siswa akan mendapatkan soal-soal yang sesuai dengan tingkat kemampuan kognitifnya. Siswa-siswa dengan tingkat kemampuan kognitif tinggi akan diadaptasi untuk mendapatkan soal-soal dengan tingkat kesulitan tinggi dan sebaliknya. Berdasarkan respon dari siswa terhadap soal-soal yang diterimanya, sistem penilaian diagnosis kognitif akan menghasilkan profil kognitif yang berisi informasi tentang kemampuan kognitif siswa. Berdasarkan profil kognitif ini dapat digunakan untuk melihat tingkat pencapaian dari materi yang diujikan, mengidentifikasi pemahaman konseptual dan keterampilan-keterampilan problem solving, permasalahan-permasalahan kognitif dan bagian-bagian materi yang berpotensi untuk dilakukan perbaikan, serta untuk memonitor perkembangan kognitif siswa.



**Gambar 18. Soal dengan satu 2-tier multiple choice item**

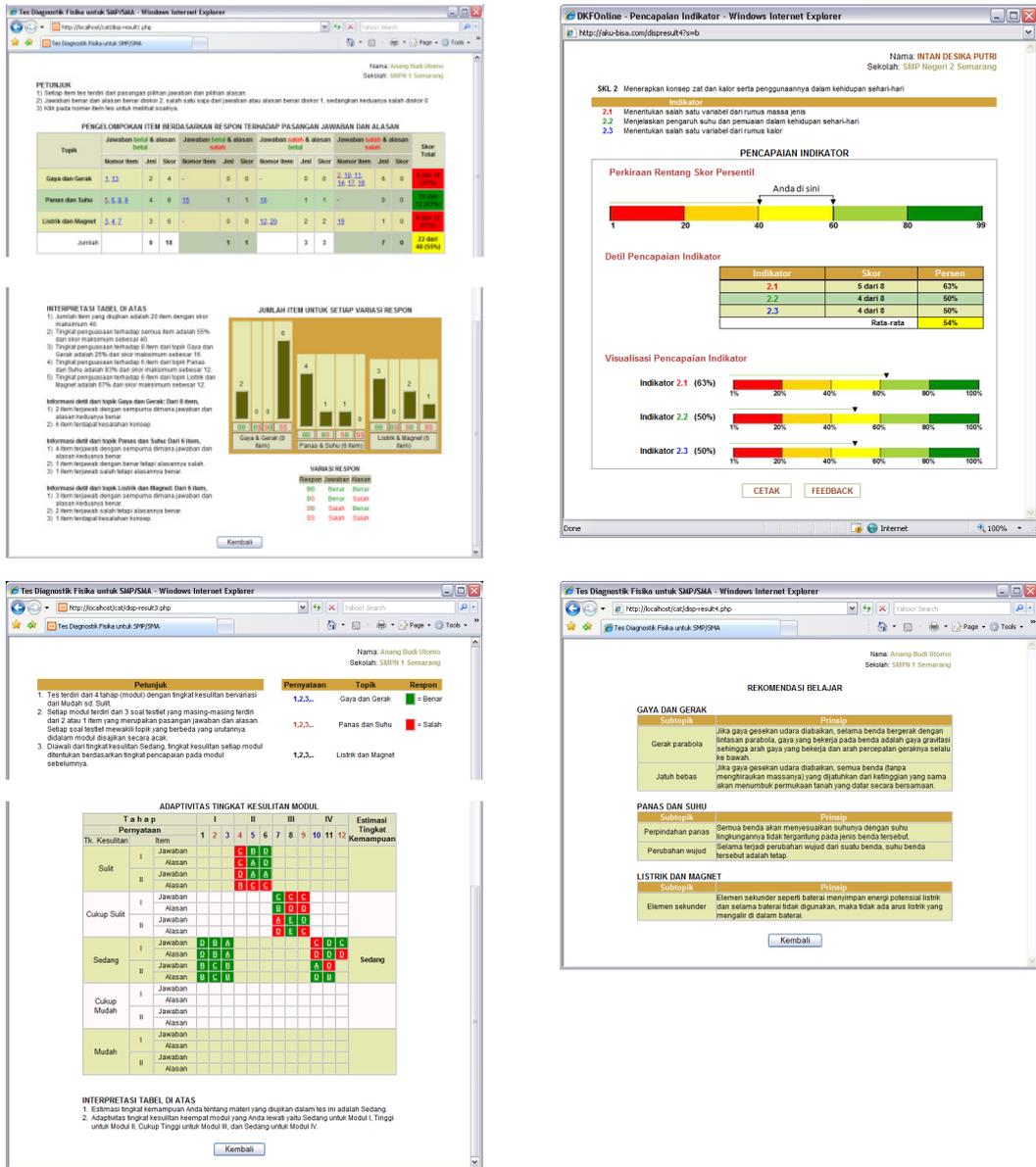


**Gambar 19. Soal dengan dua 2-tier multiple choice item**

Untuk memulai menggunakan sistem penilaian diagnosis kognitif, siswa diminta untuk memasukkan informasi identitas diri sebagai mekanisme autentikasi penggunaan program. Siswa kemudian disajikan sebuah modul awal dengan tingkat kesulitan sedang yang terdiri dari beberapa soal yang masing-masing mewakili sub-sub materi yang diujikan. Secara adaptif dalam empat tahap soal-soal yang disajikan disesuaikan dengan tingkat kemampuan kognitif siswa. Setelah menyelesaikan keempat modul yang

disajikan, siswa kemudian disajikan laporan diagnosis kognitif baik informasi kuantitatif yang merepresentasikan tingkat kompetensi yang diukur maupun informasi kualitatif yang menggambarkan performansi berdasarkan respon dari siswa terhadap soal-soal dalam keempat modul yang telah dikerjakan.

Berdasarkan laporan ini siswa memperoleh informasi tentang profil kognitif tentang materi yang diujikan yaitu tentang kekuatan dan kelemahan, pemahaman konseptual, keterampilan problem solving, dan bagian-bagian dari materi yang perlu mendapatkan perbaikan.



Gambar 8. Printscreen Output

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Aplikasi DKF*Online* ini merupakan produk pengembangan dalam bidang pendidikan khususnya untuk digunakan dalam penilaian untuk menunjang pembelajaran di sekolah menengah. Produk penelitian ini dikembangkan untuk memfasilitasi terwujudnya paradigma *assessment for learning* di sekolah. Karakteristik yang telah dikembangkan dalam penelitian ini diantaranya yaitu potensi untuk dapat dijalankan pada jaringan internet atau jaringan komputer lokal di sekolah mengingat sistem ini dikembangkan menggunakan teknologi *open source*. Item-item dalam bank soal dikembangkan berdasarkan *2-tier multiple choice items* yang merupakan pasangan jawaban dan alasan. Permasalahan fisika didekomposisi ke dalam komponen-komponen *problem-solving* yang diukur oleh dua *2-tier multiple choice items*. Soal-soal (*testlet*) dikemas dalam modul-modul dimana setiap modul berisi item-item dari semua topik yang diujikan. Modul-modul ini disajikan kepada user secara adaptif terhadap tingkat kemampuan kognitif user dalam bentuk *multi-stage adaptive testing*. Sistem ini dapat menghasilkan laporan berisi profil informasi diagnosis kognitif yaitu tingkat kemampuan (*theta*) dari domain yang diujikan, tingkat masteri atribut-atribut yang diukur dalam tes, indikasi item-item yang gagal, dan petunjuk (*hint*) untuk kesuksesan menjawab benar dari item-item dimana siswa gagal menjawab dengan benar. Prototype hasil penelitian ini dapat diakses di: <http://aku-bisa.com>.

### Saran

Disamping fitur-fitur yang telah diimplementasikan di atas, produk penelitian ini perlu ditindak-lanjuti dengan penelitian pengembangan berikutnya agar benar-benar dapat memfasilitasi terwujudnya *assessment for learning* yaitu dengan lebih memvariasi stimulus-stimulus yang diintegrasikan ke dalam permasalahan-permasalahan fisika yang disajikan ke user diantaranya diantaranya dengan memasukkan audio, video, animasi, dan mekanisme navigasi interaktif dan pelaporan yang lebih bervariasi sehingga akan memberikan sistem diagnosis kognitif yang lebih konstruktif.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agus S. (2007). Pengembangan dan Implementasi Computerized Adaptive Testing di Universitas Terbuka (Proposal Disertasi). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ani R. & Budi N.M. (2007). Feasibilitas Perwujudan *Assessment for Learning* Berbasis Teknologi Informasi pada SMP-SMP Berstandar Internasional di Kota Semarang, Magelang, dan Kudus. Semarang: Lemlit UNNES.
- Boud, D. (1995). Assessment and Learning: Contradictory or Complementary. In *Assessment for Learning in Higher Education*. London: Kogan Page.
- Bolt, D. (2007). The Present and Future of IRT-Based Cognitive Diagnostic Models (ICDMs) and Related Methods. *Journal of Educational Measurement*, Winter 2007, Vol.44, No.4, pp.377-383.
- Budi NM. (2007). Implementasi Unidimensional Computerized Adaptive Testing (UCAT) Menggunakan Teknologi Open Source. Semarang:

- Lemlit UNNES.
- Budi NM. (2003). Pengaruh Tutorial Fisika Berbantuan Komputer terhadap Kemampuan Kognitif dan Sikap Mahasiswa terhadap Fisika. Semarang: Lemlit UNNES.
- Budi N.M. (2001). Kontribusi Tes Formatif terhadap Proses Pembelajaran IPA Fisika SMP se Kota Semarang. Semarang: Lemlit UNNES.
- Budi NM. & Suharto. (2005). Pengembangan Template Program Tutorial Berbasis Web untuk Meningkatkan Kapabilitas Mahasiswa S1 Prodi Pendidikan Fisika FMIPA UNNES. Semarang: DUE-LIKE UNNES.
- Chipman, S. F., Nichols, P. D. & Brennan, R. L. (1995). Introduction. In P. D. Nichols, S.F. Chipman, and R. L. Brennan (Eds.), *Cognitively Diagnostic Assessment* (p.327-361). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gao, L. (2006). Toward a Cognitive Processing Model of MELAB Reading Test Item Performance. Second or Foreign Language Assessment, Volume 4, 2006 English Language Institute, University of Michigan.
- Gerdy, KB. (2002). Teacher, Coach, Cheerleader, and Judge: Promoting Learning through Learner-Centered Assessment. *Law Library Journal*. Vol. 94:1
- HCECSS (2007). Diagnostic Assessment. (Online). Diakses tanggal 5 April 2008. [[http://www.highlandschools-irtualib.org.uk/ltt/whole\\_learner/diagnostic.htm](http://www.highlandschools-irtualib.org.uk/ltt/whole_learner/diagnostic.htm)]
- Ho, J., Peh, J. & Seah, WC. (2005). Informating Formative Assessment with Technology. Singapore: Ministry of Education.
- Hutchinson, C. (2006). Assessment is for Learning. (Online). Diakses tanggal 21 April 2008. [<http://www.ltscotland.org.uk/assess>].
- Junker, B. W., & Sijtsma, K. (2001). Cognitive assessment models with few assumptions, and connections with nonparametric item response theory. *Applied Psychological Measurement*, 25, 258-272.
- Kartono & Budi NM. (2007). Pengembangan Bank Soal Bidang Studi Matematika Tingkat SLTP. Semarang: Lemlit UNNES.
- Leighton, J.P. and Gierl, M.J. (2007). *Cognitive Diagnostic Assessment for Education: Theory and Applications*. Cambridge University Press.
- Neill, A. (2000). An Introduction to the Assessment Resource Banks (ARBS) and their Diagnostic Potential. Paper presented at Technology in Mathematics Education (TIME 2000) December 2000, Auckland, New Zealand.
- Sadaghiani, H. and Bao, L. (2007). Immediate Informative Feedback Using a New Homework System. Department of Physics, The Ohio State University.
- Snow, R.E., & Lohman, D.F. (1989). Implication of Cognitive Psychology for Educational Measurement. In R.L. Linn (Ed), *Educational Measurement* (3<sup>rd</sup> Ed) (pp.263-331). New York: American Council on Education/Macmillan.
- Stiggins, R.J. (2002). Assessment Crisis: The Absence of Assessment FOR Learning *Kappan Professional Journal* (Online). Diakses tanggal 5 April 2005. [<http://www.pdkintl.org/kappan/k0206sti.htm>]
- Templin, J. (2006). Using Models for Cognitive Diagnosis in Formative Settings: Evaluating a Third Grade Science Benchmark Test. University of Kansas.
- van der Linden. W.J. (2005). A Comparison of Item-Selection Methods for Adaptive Tests with Content Constraints. *Journal of Educational Measurement*, Fall 2005, Vol.42, No.3, pp. 283-302

- Wang, C., & Gierl, M.J. (2007). Investigating the Cognitive Attributes Underlying Student Performance on the SAT® Critical Reading Subtest: An Application of the Attribute Hierarchy Method. National Council on Measurement in Education, Chicago, Illinois, April 9, 2007.
- Zou, J., Gierl, M.J., & Cui, Y. (2007). Computerized Attribute-Adaptive Testing: A New Approach Incorporating Cognitive Psychology. Paper presented at the 2007 GMAC® Conference on Computerized Adaptive Testing.