

SIMPLE: SISTIM PENILAI ESEI OTOMATIS UNTUK MENILAI UJIAN DALAM BAHASA INDONESIA

Anak Agung Putri Ratna, Bagio Budiardjo, dan Djoko Hartanto

Departemen Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

E-mail: ratna@eng.ui.ac.id, bbudi@eng.ui.ac.id, djoko@eng.ui.ac.id

Abstrak

Evaluasi hasil belajar menjadi komponen yang sangat penting dalam proses pembelajaran, karena hasil evaluasi merupakan indikator dari pemahaman siswa terhadap materi yang ajar yang diberikan. Ujian dengan jawaban dalam bentuk *essay* (esei), umumnya digunakan sebagai salah satu bentuk evaluasi untuk menentukan kemampuan siswa, dimana pilihan jawaban tidak diberikan. Siswa harus menjawab dengan kalimat, sehingga jawaban tersebut dapat bervariasi berdasarkan pemikiran mereka. Salah satu kelemahan dari jawaban dalam bentuk esei adalah sulitnya menilai jawaban, dan cenderung memakan waktu. Saat ini *grading* esei otomatis, suatu cara yang dapat mempercepat penilaian esei, sedang banyak dikembangkan. Metode yang digunakan beraneka ragam, salah satunya adalah metode *Latent Semantic Analysis* (LSA). Metode LSA adalah metode untuk mengekstrak dan merepresentasikan kalimat dalam bentuk matematik atau statistik dari teks dengan jumlah kata yang relatif besar. Nilai dari jawaban esei diperhitungan, dengan mencocokkan ada atau tidak adanya kata yang dianggap penting, pada kelompok kata dalam matriks yang telah dipersiapkan oleh *human rater* (penilai manusia). Pada makalah ini diuraikan upaya penelitian dan pengembangan metoda LSA, yang dilengkapi dengan pembobotan kata, urutan kata dan persamaan kata untuk meningkatkan ketelitian penilaian esei. Sistim ini diberi nama SIMPLE. SIMPLE digunakan untuk menilai jawaban ujian dalam bahasa Indonesia. Ujian dilakukan secara *on-line*, melalui *web*. Dari hasil ujicoba yang telah dilakukan, pada kelas kecil diperoleh nilai kesesuaian dengan *human raters* berkisar 69.80 % – 94.64 %, sedangkan pada kelas menengah diperoleh nilai berkisar 77.18 % – 98.42 %. Hasil-hasil ini setara dengan hasil metoda *grading* otomatis LSA terdahulu, yang melakukan penilaian terhadap jawaban ujian dalam bahasa Inggris.

Abstract

SIMPLE: System Automatic Essay Assessment for Indonesian Language Subject Examination. Evaluation of study of a student is a very important aspect of an educational process. Evaluation is aimed at measuring the level of student understanding of the given lecture materials. Measuring student understanding of the course material, using essay-type exam, is generally used as the evaluation tool. In this essay-type exam, the student has to answer questions using sentences, whereby choices of possible answers are not indicated. The student has to answer the questions with his/her sentences. The answers may vary, since it reflects the student's best thoughts of the materials. One of the weaknesses of essay-type exam is the difficulty to grade the answers and it tends to be time consuming. Currently, automatic grading systems that may speed up the grading process, are being developed in many research institutions. The method used to grade, varies from one system to another, and one of the popular system is the Latent Semantic Analysis (LSA). LSA is a method of grading essay by extracting words and representing the sentence in the form of mathematical or statistical formulation, from a text with a relatively large number of words. The grade of the essay is determined, by matching the important words to a group of words prepared by the human rater. This paper describes an effort to developed LSA, enhanced with word weighting, word order and the word synonym to improve the accuracy of grading. This system is called SIMPLE. SIMPLE is used to grade answers using bahasa Indonesia. The exam is carried out on-line through the Web. From the experiments conducted, for small classes, the conformity of grade compared to the grade of human rater lies between 69.80 % – 94.64 %, and for medium size classes the conformity lies between 77.18 % - 98.42 % with the human rater. These results are roughly proportional with the result of LSA system, which grade essay given in English.

Keywords: SIMPLE, latent semantic analysis, on-line examination, web

1. Pendahuluan

E-learning merupakan suatu cara pembelajaran dimana penyampaian materi pembelajaran, pelatihan atau perkuliahan dilakukan dengan menggunakan peralatan elektronik. Termasuk di dalamnya adalah komputer, atau peralatan peralatan elektronik lainnya seperti telepon mobile, PDA, dsb. Dengan peralatan tersebut dapat dicapai training atau pembelajaran yang bermodus *on-line*, umumnya melalui jaringan akses jarak jauh, seperti internet, ataupun intranet. CD-ROM dan DVD dapat pula digunakan untuk mendukung pemberian materi pembelajaran *E-learning* ini [2].

Pada konsep *e-learning* pelaksanaan ujian dapat dilakukan secara *online*, mulai dari menjawab soal ujian, hingga pemberian nilai ujian. Hal ini memberikan keuntungan bagi pengajar dan siswa karena pelaksanaan ujian menjadi lebih efektif dan efisien. Keuntungan lainnya adalah bahwa sistem evaluasi dengan bantuan komputer dapat memberi penilaian lebih cepat dan akurat [3,4] dibandingkan dengan sistem penilaian tradisional. Dengan sistem ini pelaksanaan ujian kelas besar dapat dilakukan dengan lebih baik.

Bentuk soal ujian/evaluasi baik dengan pembelajaran konvensional maupun dengan *e-learning*, dapat dibagi menjadi dua bentuk utama [5], yaitu soal test bentuk objektif dan soal tes bentuk *essay* (esei). Soal test bentuk objektif merupakan soal dengan pilihan jawaban yang sudah disiapkan. Bentuk soal ini dapat dibagi-bagi lagi menjadi beberapa bentuk soal, antara lain soal Pilihan Ganda (*Multiple Choice*) termasuk didalamnya adalah *Multiple Choice Single Answer* (MCSA) dan *Multiple Choice Multiple Answer* (MCMA), benar atau salah (*True False*), menjodohkan (*Matching*). Contoh produk komersial yang telah digunakan secara luas untuk *non-essay* adalah WebCT [6] dan *Cisco online Assessment System*. Bentuk *online assessment* yang dikembangkan di Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia juga berbasis *non-essay*, seperti *Yes/No*, *Multiple Choice*, *matching questions*, serta mengisi satu kata pada bagian yang kosong. [7-10].

Soal *esei* merupakan bentuk evaluasi dimana pilihan jawaban tidak disediakan, dan siswa harus menjawab dengan kalimat, sehingga jawaban dapat sangat bervariasi sesuai dengan pemikiran masing-masing peserta ujian.

Penilaian dengan *esei* (*essay grading*) tetap menjadi pilihan pengajar dalam mengevaluasi tingkat kemampuan dari siswanya walaupun kenyataannya tidak mudah untuk memberikan penilaian yang objektif pada jawaban setiap siswa. Bentuk ini oleh banyak peneliti dianggap alat yang sangat ampuh untuk menilai pencapaian hasil pembelajaran, begitu juga untuk

mengamati kemahiran berpikir tingkat tinggi siswa, seperti sintesa dan analisa [4].

Salah satu metode penilaian *esei* yang digunakan yang disebut dengan *Latent Semantic Analysis* (LSA) yang digunakan pada IEA yang mempunyai *agreement* dengan *human raters* 85% – 91%, merupakan metode yang mengekstrak dan merepresentasikan kalimat dengan perhitungan matematis atau statistik pada teks dengan jumlah yang besar [1]. Perhitungan matematis dilakukan dengan mencocokkan/memetakan ada atau tidak adanya kata dari kelompok kata pada matriks.

Pada penelitian ini telah dikembangkan sistem *grading* *esei* otomatis dengan memberikan pembobotan pada kata-kata tertentu pada kata kunci yang dianggap penting dan diujicoba pada ujian *on-line*. dengan kelas kecil dan kelas menengah dengan menggunakan metode LSA. Sistem penilaian LSA yang disempurnakan ini diberi nama **SIstiM Penilaian Esei** otomatis (SIMPLE).

2. Metode Penelitian

Teknik Latent Semantic Analysis. Pada sistem *grading* *esei* otomatis LSA, diterapkan teknik analisa faktor pada matriks, yaitu teknik aljabar linier *Singular Value Decomposition* (SVD). Pada SVD, matriks akan didekomposisi menjadi tiga komponen matriks. Komponen matriks pertama mendeskripsikan entitas baris sebagai vektor orthogonal matriks. Komponen matriks kedua mendeskripsikan matriks diagonal yang berisi nilai skalar dan yang ketiga adalah matriks entitas kolom sebagai vektor orthogonal matriks.

Singular Value Decomposition (SVD) adalah satu metode untuk memecahkan masalah-masalah matematik linier [11]. Metode SVD berdasarkan pada teori aljabar linier yang menyatakan bahwa suatu matriks A yang berukuran $m \times n$, mempunyai nilai singular yang merupakan akar pangkat dua eigenvalue $\mathbf{A}^T \mathbf{A}$.

Setelah memperoleh 3 matriks dari proses SVD, proses berikutnya yang perlu dilakukan adalah mereduksi dimensi dari matriks dengan cara mengurangi dimensi dari matriks kedua yang berupa matriks diagonal. Pengurangan dimensi matriks diagonal ini dilakukan dengan cara mengeset semua nilai diagonal matriks ke dua menjadi nol kecuali diagonal dimensi yang dipilih. Dan jika ketiga komponen matriks tersebut dikalikan maka menghasilkan matriks rekonstruksi yang lain dengan tujuan untuk nilai korelasi yang diinginkan.

Untuk sembarang matriks $\mathbf{A}_{m \times n}$ dimana $m \geq n$, matriks tersebut dapat difaktorisasikan seperti pada Persamaan (1).

$$\mathbf{A}_{m \times n} = \mathbf{U}_{m \times m} \bullet \mathbf{S}_{n \times n} \bullet \mathbf{V}_{n \times n}^T \quad \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

- A : sembarang matriks
- U : matriks orthogonal berukuran m x n,
- S : matriks diagonal berukuran n x n , dengan elemen matriks positif atau nol, dan
- V : matriks orthogonal berukuran n x n.
- m : jumlah kolom matriks
- n : jumlah baris matriks

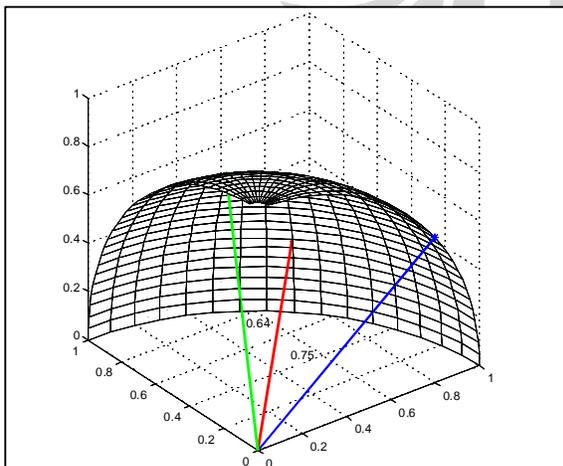
Normalisasi Matriks dan cosinus α . Normalisasi *Frobenius* [12] dari suatu matriks adalah sama dengan normalisasi dari matriks diagonalnya, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$\|A\|_F \equiv \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |a_{ij}|^2} \dots\dots\dots (2)$$

Salah satu pengukuran kemiripan (*similarity*) adalah dengan menghitung sudut antara dua vector yang bersangkutan, disini antara vector dari permintaan (*query*) dengan vector dokumen yang akan dinilai (*document*). Jika term dari dokumen membentuk matriks dengan kolom $a_j, j = 1, 2, \dots, d$, dimana d yang merupakan $\cos \alpha$ dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan (3) [13].

$$\cos \alpha = \frac{a_j^T q}{\|a_j\|_2 \|q\|_2} = \frac{\sum_{i=1}^t a_{ij} q_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^t a_{ij}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^t q_i^2}} \dots\dots (3)$$

Antara vector d_1 dan d_2 membentuk sudut α dimana cosinus dari sudut tersebut menunjukkan kemiripan (*similarity*) dari kedua sudut tersebut, bukan menunjukkan jarak (*distance*) antara vektor yang satu dengan yang lainnya.



Gambar 1. Sudut cosinus antara *query* dan *document(s)* [14]

Pada Gambar 1. ditunjukkan sudut kosinus antara satu vector (d_1) dengan vector lainnya (d_2).

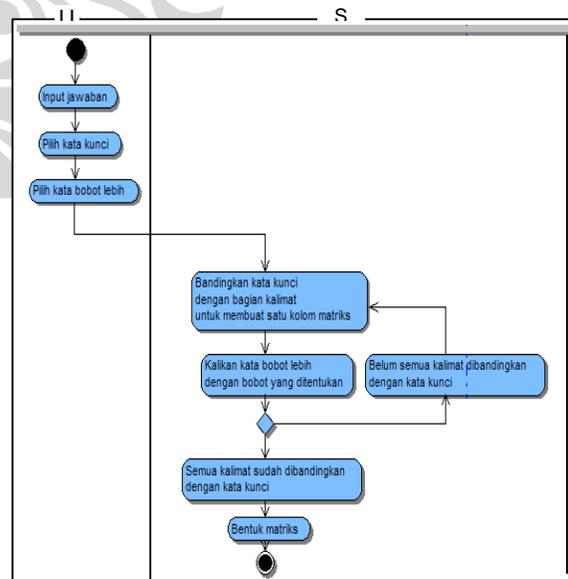
Untuk memproses esei, maka kalimat pada esei itu dipetakan dalam matriks dengan ada atau tidaknya kata tertentu yang ditentukan sebagai kata-kata kunci (*keyword*). Matriks yang dibentuk dari ada atau tidak adanya katakunci pada teknik ini dipecahkan menjadi 3 matriks. Matriks-matriks tersebut akan direkonstruksi lagi setelah melakukan penyederhanaan pada matriks skalarnya. Matriks yang telah rekonstruksi kembali, terlihat adanya korelasi yang sangat kuat antara topik atau kalimat yang tergabung dalam satu kelompok tertentu.

Algoritma SIMPLE. SIMPLE yang dikembangkan yang berbasis metode *Latent Semantic Analysis* terdiri dari beberapa modul. Modul-modul tersebut adalah sebagai berikut:

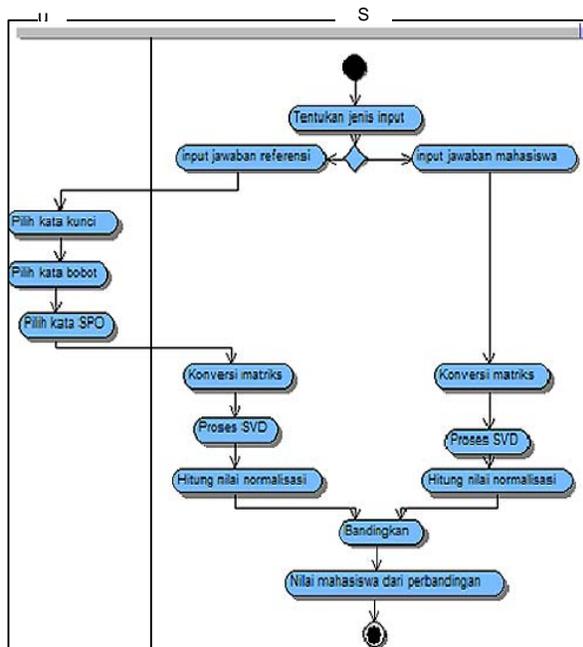
1. Modul login
2. Modul dosen
3. Modul Mahasiswa

Activity diagram untuk konversi matriks dan pembobotan ditunjukkan pada Gambar 2, serta untuk *Activity* diagram mengikuti ujian dengan metoda LSA yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada Gambar 2 ditunjukkan proses yang dilakukan untuk mengolah jawaban referensi sampai menjadi bentuk matriks. Mula-mula jawaban diinput pada komputer, lalu sistem akan menanyakan kata kunci mana yang akan dipilih oleh pengajar yang



Gambar 2. *Activity diagram* konversi matriks dan pembobotan (U = user, S = system)



Gambar 3. Activity diagram mengikuti ujian dengan metoda LSA yang dikembangkan (U = user, S = system)

bersangkutan. Setelah memilih kata kunci, pengajar tersebut diminta sistem untuk memilih kata bobot sesuai dengan kata yang dianggap penting diantara kata kunci yang telah dipilih sebelumnya. Ini dilakukan di bagian 'user'.

Kata kunci yang dipilih, akan diberi nilai 1 dan kata bobot diberi nilai 2 untuk pembentukan matriks berupa kata kunci sebagai baris dan kalimat ke berapa sebagai kolom. Dengan demikian, terbentuk matriks yang diinginkan. Ini dilakukan di bagian 'system'.

Gambar 3 menunjukkan proses yang dilakukan untuk mengikuti ujian. Masing-masing jawaban dari siswa akan dicek apakah ada kata kunci atau kata bobot yang digunakan, lalu diperiksa urutan katanya apakah sesuai dengan urutan subyek, predikat dan obyek seperti yang telah ditentukan oleh pengajar yang bersangkutan bila diperlukan, lalu kalimat jawaban diterjemahkan ke dalam bentuk matriks. Matriks yang dibentuk dari jawaban siswa dan jawaban referensi akan dicari nilai normalisasinya. Nilai siswa tersebut didapat dengan membandingkan nilai normalisasi yang diperoleh dari masing-masing matriks, yaitu matriks dari jawaban siswa dan matriks dari jawaban referensi tersebut.

Ujicoba. Ujicoba pada SIMPLE dilakukan dengan menggunakan jawaban yang diisi oleh mahasiswa. Dalam hal ini mahasiswa mengikuti ujian tersebut

secara *on-line*, pada kelas kecil yang terdiri dari 5 orang, menengah yang terdiri dari 10 orang mahasiswa.

Hardware dan Software. Hardware yang digunakan untuk keperluan pengembangan sistem digunakan sebuah komputer dengan spesifikasi Pentium M(obile) Centrino sebagai *server*. Untuk kliennya ada beberapa komputer yang tergabung dalam jaringan LAN departemen Elektro FTUI, mengakses server melalui Wireless LAN.

Sedangkan untuk *software*, pada server digunakan Apache HTTP Server 2.0.49, MySQL Server Clients 4.0.20d, yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan database dan Matlab 5.3, untuk melakukan perhitungan matematis aljabar. Untuk pemrograman digunakan bahasa pemrograman PHP [15,16]

Pada bagian client digunakan *Web browser* dalam hal ini Microsoft Internet Explorer, walaupun bisa digunakan beberapa browser yang lain seperti Opera, Mozilla, Netscape.

Metode Pengujian. Ujicoba dengan jawaban dimasukkan oleh mahasiswa dengan ketentuan sebagai berikut:

- Peserta Ujian terdiri dari 2 kelompok kelas, yaitu kelas kecil yang terdiri dari 5 peserta, kelas menengah yang terdiri dari 10 peserta.
- Diambil kata kunci dan kata bobot yang telah disepakati oleh minimal 3 orang human raters yang kompeten (jumlah bervariasi), dimana jawaban juga telah disepakati oleh 2-3 human raters.
- Soal diambil dari 2 set soal masing-masing 5 soal esei untuk setiap kelompok peserta ujian.

3. Hasil dan Pembahasan

Ujicoba untuk kelas kecil. Ujicoba untuk kelas kecil dilakukan dengan 5 peserta yang mengikuti ujian on-line dengan jumlah soal esei 5, dicoba pada 2 kelas, yaitu kelas A dan kelas B.

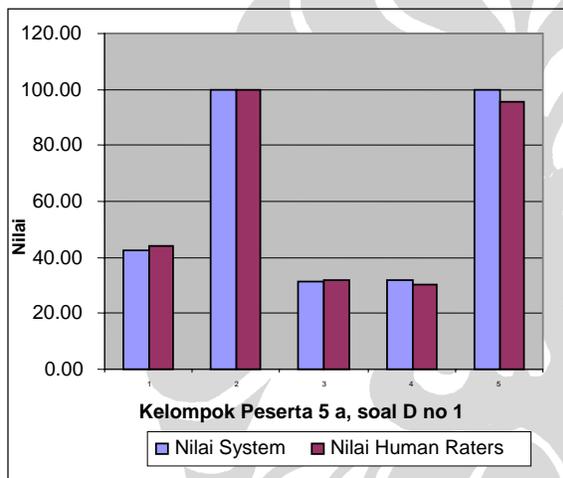
Salah satu grafik yang menunjukkan perbandingan antara nilai system dengan nilai *human raters* pada kelas A, ditunjukkan pada Gambar 4, serta untuk kelas B, ditunjukkan pada Gambar 5.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa SIMPLE cukup akurat untuk menilai esei jawaban mahasiswa dalam Bahasa Indonesia, dimana konformitas atau kesesuaian nilai yang dihasilkan SIMPLE dengan *human raters* cukup tinggi.

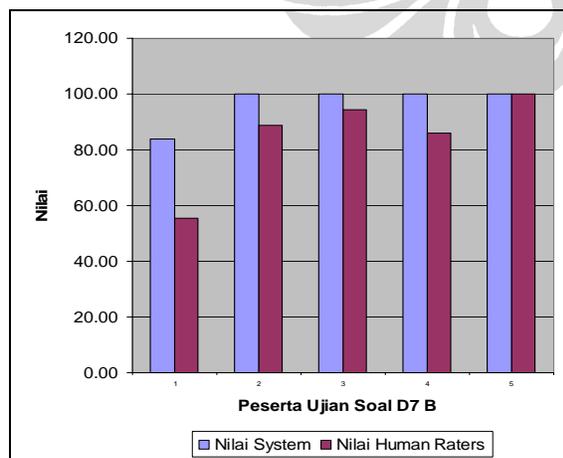
Gambar 5, menunjukkan hasil ujicoba SIMPLE kelas kecil dengan 5 peserta ujian. Variasi nilai yang dihasilkan

Tabel 1. Tabel nilai agreement dengan human raters untuk kelompok kelas kecil (urut)

No	No Soal	Kelas	Agreement
1	D9	A	69.80
2	D5	B	77.30
3	D3	A	81.72
4	D3	B	82.84
5	D9	B	83.73
6	D5	A	83.80
7	D7	B	87.07
8	D1	A	87.39
9	D7	A	90.04
10	D1	B	94.64



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai SIMPLE dengan nilai human raters untuk kelas kecil A



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai SIMPLE dengan nilai human raters untuk kelas kecil B

SIMPLE, dibandingkan dengan nilai *human raters* cukup bervariasi, dipengaruhi oleh jenis soal.

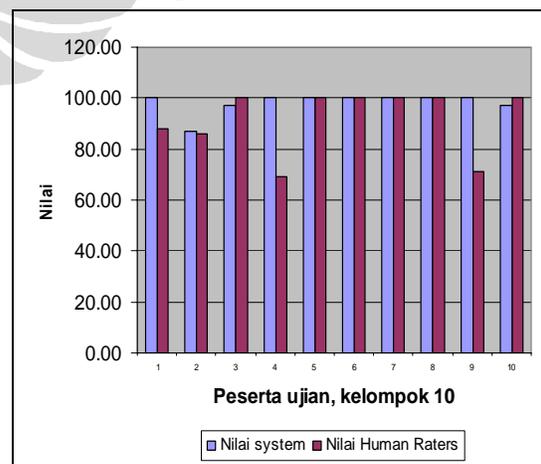
Hasil yang diperoleh dari ujicoba kelas kecil dapat ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai berkisar pada 69.80 % – 94.64 %, dimana untuk batas bawah masih rendah dari pada nilai yang telah dicapai IEA, akan tetapi nilai batas atas di atas nilai yang dicapai IEA.

Ujicoba untuk kelas menengah. Ujicoba untuk kelas menengah dilakukan dengan 10 peserta yang mengikuti ujian on-line dengan jumlah soal esei 5, dicoba pada 2 kelas, yaitu kelas A dan kelas B.

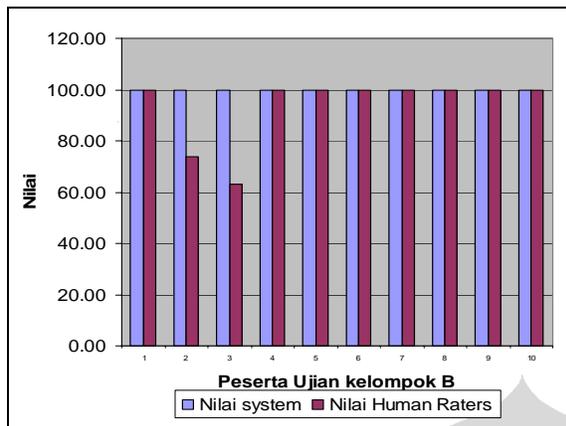
Salah satu grafik yang menunjukkan perbandingan antara nilai system dengan nilai *human raters* pada kelas A, ditunjukkan pada Gambar 6, serta untuk kelas B, ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 2. Tabel nilai agreement dengan human raters untuk kelompok kelas menengah

No	No Soal	Kelas	Agreement
1	D10	B	77.18
2	D4	A	78.05
3	D4	B	80.05
4	D6	B	81.94
5	D6	A	83.68
6	D10	A	83.85
7	D2	B	85.56
8	D2	A	92.19
9	D8	B	93.68
10	D8	A	98.42



Gambar 6. Grafik Perbandingan SIMPLE dengan nilai human raters untuk kelas menengah A



Gambar 7. Grafik Perbandingan SIMPLE dengan nilai human raters untuk kelas menengah B

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa sistem cukup akurat untuk nilai *human raters* yang tinggi. Untuk nilai *human raters* yang sedang, dalam hal ini nilai yang berada pada angka 60 – 80, nilai *human raters* dengan nilai sistem ada perbedaan. Hal yang sama dapat terlihat pada Gambar 7.

Sedangkan tabel yang menunjukkan hasil yang diperoleh dari ujicoba kelas kecil dapat ditunjukkan pada Tabel 2, dimana nilai berkisar dari 77.18% - 98.42%.

Dari hasil yang diperoleh di dapat bahwa nilai konformitas dengan *human raters* berkisar antara 69.80% – 94.64% untuk kelas kecil dan 77.18% – 98.42% untuk kelas menengah. Untuk batas atas bila dibandingkan dengan hasil yang didapat dari sistem dengan bahasa Inggris yang dapat memberikan hasil *agreement* dengan *human raters* dalam ukuran 85% – 91%, mendapat nilai yang lebih tinggi, walaupun nilai batas bawahnya dibawah batas bawah *agreement* dengan *human raters* dalam bahasa Inggris.

Dari hasil tersebut diatas dapat diamati bahwa SIMPLE memiliki kelebihan dan kekurangan yang masih dapat disempurnakan pada masa mendatang. Salah satu kemungkinan penyempurnaan adalah dalam pemilihan kata kunci. Disamping itu, urutan kata dan persamaan arti kata kunci juga dapat digunakan untuk meningkatkan keakuratan dari penilaian SIMPLE.

4. Kesimpulan

Sistem SIMPLE telah berjalan dengan baik untuk menilai esei dalam Bahasa Indonesia. Pada percobaan untuk pengujian SIMPLE, didapatkan konformitas dengan *human raters* sebagai berikut:

- a. Hasil Ujicoba dengan kelas kecil didapatkan: 69.80% – 94.64%
- b. Hasil Ujicoba dengan kelas menengah didapatkan: 77.18% – 98.42%.

Untuk batas bawah, hasil ujicoba SIMPLE memang lebih rendah dari hasil LSA murni untuk kelas kecil dan kelas menengah, akan tetapi untuk batas atas, SIMPLE lebih tinggi bila dibandingkan dengan hasil ujicoba LSA murni.

Dalam pengembangannya kedepan, penelitian ini dapat dilanjutkan dengan memperhatikan pemilihan kata kunci, menyusun daftar persamaan kata kunci dan pembobotan terhadap posisi kata kunci dalam kalimat.

Daftar Acuan

- [1] Salvatore Valenti, Francesca Neri, Alessandro Cucchiarelli, "An Overview of Current Research on Automated Esei Grading", *Journal of Information Technology Education*, Vol. 2, 2003.
- [2] Derek Stokley, "E-learning Definition and Explanation (Elearning, Online Training, Online Learning)", <http://derekstockley.com.au/elearning-definition.html>, Australia, last up date: 26/02/06.
- [3] Laurence Rudner, Phill Gagne, "an Overview of Three Approaches to Scoring Written Eseys by Computer", *Practical Assessment, Research & Evaluation*, A peer-reviewed elec. Journal, 2001; <http://ericae.net/pare/getvn.asp?v=7&n=26>
- [4] Lawrence M Rudner, Tahung Liang, "Automated Esei Scoring Using Bayes' Theorem", *The Journal of Technology, Learning and Assessment*, volume 1, Number 2, June 2002.
- [5] Asmawi Zainul, Noebi Nasution, "Penilaian Hasil Belajar", PAU untuk peningkatan dan Pengembangan Aktivitas Instruksional Ditjen Dikti, DepDiknas, Jakarta, 2001.
- [6] Linlin Irene Chen, Ruth Robbins, "On Line Testing for Business Programming Class", *Proc. of 8th Annual International Distance Education Conf.* January 23-26, 2001.
- [7] Anak Agung Putri Ratna, Luhur Bayuaji & Muhammad Salman, "Design And Implementation of Distance Learning in Basic Computer Course", *IMSA'01 IASTED Procs.*, pp. 51-55, Hawaii, 2001.
- [8] Anak Agung Putri Ratna, Adjie Pamungkas, Natalia Evianti and Muhammad Salman, "Daskom On-Line: User Management Implementation on Web Based Learning Application", *Web Net Proceedings*, pp 1041-1042, Orlando 2001.
- [9] Anak Agung Putri Ratna, Astha Ekadiyanto, Djoko Hartanto, Seinosuke Narita, "Daskom On-Line: Implementation Distance Learning On Basic of Computer Course", *Web Net Proceedings*, pp 1600-1602, Denver 2002.

- [10] Anak Agung Putri Ratna, Patar P Raymond, Natalia Evianti, Djoko Hartanto, Seinosuke Narita, "Distance E-Learning Implementation and Analysis on Jarkom On-line Evaluation System", *IMSA '03 IASTED Proceeding*, Hawaii, 2003.
- [11] Cambridge University Press, Program Copyright © 1988-1992. Numerical Recipes in C: The Art of Computing. <http://www.nr.com>.
- [12] Eric W Weisstein, "Frobenius Norm", Mathword, A Wolfram Web Resource, Wolfram Research Inc., 2004, <http://www.mathword.wolfram.com/Frobenius/Norm.html>. akses tgl 09/09/04.
- [13] Thomas Hofmann, "Matrix Decomposition Methods in Information Retrieval", Presentation Material, KNeuroCOLT Workshop, April 30th-May 2nd 2001, Cumberland Lodge.
- [14] Peter W Folz, Sara Gilliam dan Scott A Kendall, "Supporting content-based feedback in online writing evaluation with LSA", *Interactive Learning Environments* 8(2): 111-129, New Mexico City University, 2000.
- [15] David A. Frisbie, Kristie K. Waltman, "Developing a Personal Grading Plan", *Educational Measurement: Issues and Practice*, Fall 1992, UW's Faculty Resource On Grading, Iowa, <http://depts.washington.edu/grading/plan/frisbie1.htm>, akses 03/06.
- [16] Christian M. Reiner, Timothy W. Bothell, Richard R. Sudweeks, Bud Wood. "Preparing Effective Esei Questions", new Forums Press, 2002, <http://testing.byu.edu/info/handbooks/WritingEffectiveEseiQuestions.pdf> , akses 03/06.

