

SISTEM PENILAIAN ESAI OTOMATIS PADA *E-LEARNING* DENGAN ALGORITMA WINNOWING

Sariyanti Astutik^{1*}, Andharini Dwi Cahyani¹, Mochammad Kautsar Sophan¹

¹Program Studi Teknik Informatika, Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang, PO BOX 2, Kamal, Bangkalan - 69162

E-mail: 4845.sya46@gmail.com, andharini.dwi.cahyani@gmail.com, ocal_sophan@yahoo.com

*Korespondensi penulis

Abstrak: Ujian esai merupakan evaluasi pembelajaran dalam bentuk soal esai yang mempunyai jawaban lebih bervariasi dibandingkan soal pilihan ganda. Variasi jawaban tersebut memberikan kesulitan tersendiri bagi guru dalam menilai jawaban. Sistem penilaian esai dibangun untuk menjadi salah satu solusi yang dapat mempercepat dan mempermudah proses penilaian. Sistem penilaian esai pada penelitian ini dilakukan dengan mengukur kesamaan jawaban siswa dan kunci jawaban guru. Penelitian ini menggunakan algoritma winnowing. Algoritma winnowing adalah algoritma untuk mengukur kemiripan teks. Algoritma winnowing menghasilkan fingerprint yang akan mewakili teks jawaban pada perhitungan kemiripan dengan persamaan *jaccard coeficient*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan algoritma winnowing dalam memberikan penilaian esai dengan menggunakan perubahan nilai *n-gram* dan *window* dari algoritma winnowing. Hasil pengujian menunjukkan penggunaan nilai *n-gram* dan *window* pada metode winnowing berpengaruh pada kesamaan *fingerprint* yang ditemukan. Semakin banyak kesamaan *fingerprint* yang ditemukan, maka semakin tinggi nilai yang dihasilkan sistem. Akurasi penilaian sistem menunjukkan hasil yang lebih baik pada teks jawaban yang memiliki struktur kalimat jawaban yang sama dengan kunci jawaban.

Kata kunci: Penilaian esai; algoritma winnowing; *fingerprint*

Abstract: Exam essay is an evaluation of learning in the form of essay questions that have answers more variable than multiple choice questions. Variations of these answers provide its own difficulties for teachers in assessing response. Essay grading system is built to be one solution that can speed up and simplify the process of grading. Essay grading system in this study was done by measuring the similarity of responses of the students and teacher answer key. This research use winnowing algorithm. Winnowing algorithm is an algorithm for text similarity measure. Winnowing algorithm produces fingerprint of text that will represent the answer to the calculation of similarity with *jaccard coeficient* equation. Testing was conducted to determine the ability of the algorithm winnowing to provide an essay grading using *n-gram* and *window* value changes of the winnowing algorithm. The test results showed the use of the value of *n-grams* and *window* on the method of winnowing effect on *fingerprint* similarities were found. The more similarities *fingerprint* found, the value of the resulting system also be higher. The accuracy of the grading system showed better results on text answers that have the answer sentence structure same with key answer.

Keywords: Essay grading; winnowing algorithm; *fingerprint*.

PENDAHULUAN

Sistem penilaian esai dibangun untuk memudahkan dan mempercepat proses penilaian jawaban ujian esai. Ujian esai merupakan evaluasi pembelajaran yang diberikan dalam bentuk soal esai yang mempunyai jawaban yang lebih bervariasi dibandingkan soal pilihan ganda. Variasi jawaban tersebut memberikan kesulitan tersendiri bagi guru atau pengajar dalam menilai jawaban. Pada dasarnya, jawaban esai bernilai benar jika jawaban tersebut mendekati atau sama dengan

kunci jawaban dan bernilai salah jika jawaban menjauhi atau tidak sama dengan kunci jawaban. Proses pengukuran kesamaan arti antara jawaban esai siswa dengan kunci jawaban tersebut dapat diimplementasikan ke dalam sebuah sistem penilaian jawaban esai dengan menerapkan suatu metode pengukuran kesamaan teks.

Sistem penilaian esai secara otomatis telah dikembangkan dengan menggunakan beberapa metode seperti penerapan LSA (*latent semantic anlysis*) [1, 2, 7], *syntactic – semantic similarity* [4] dan metode pencocokan *string* lainnya. Penelitian

oleh Anak Agung Putri Ratna, dkk [2] menerapkan LSA dengan melakukan pembobotan kata – kata tertentu pada kata kunci yang dianggap penting. Penelitian ini menghasilkan nilai konformitas dengan *human raters* sebesar 69,80% - 94,64% untuk kelas kecil dan 77,18%-98,42% untuk kelas menengah. Penerapan LSA dalam sistem penilaian esai juga dilakukan oleh Rizqi Bayu Aji, dkk [1] yang menghasilkan tingkat akurasi yang tidak tinggi hanya sekitar 45,03% dan 50,55%.

Penelitian Andi Besse Firdausiah, dkk [3] menerapkan LMS Moodle dalam pembuatan sistem penilaian esai otomatis. Dalam penelitiannya, data diubah ke dalam bentuk format ontologi dengan tujuan untuk memudahkan proses *query* dan menggunakan algoritma *hybrid* untuk memisahkan *attribute* data. Selanjutnya membandingkannya dengan data ontologi pada *database*.

Penelitian Deddy Winarsono, dkk [4] mengimplementasikan sistem penilaian esai pada jawaban berbahasa Inggris dengan menggunakan *syntactic-semantic similarity*. Penelitian ini memiliki nilai rata deviasi untuk kasus terburuk mencapai 2,61 dan pada kasus terbaik nilai deviasi mencapai angka 0,19. Metode *SynSemSim* pada penelitian ini memiliki kelemahan pada kasus perhitungan kemiripan kalimat majemuk atau kalimat yang banyak mengandung kata *stopword*.

Secara umum penilaian esai dilakukan dengan mengukur kesamaan jawaban antara jawaban siswa dengan kunci jawaban. Pada penelitian ini, jawaban esai dilakukan dengan menerapkan metode *string matching* yaitu algoritma winnowing. Algoritma winnowing adalah algoritma untuk mengukur kemiripan teks dengan cara mengubah teks menjadi nilai *hash* dan menentukan nilai *fingerprnt* yang akan mewakili setiap teks pada proses kemiripan jawaban. Salah satu penerapan algoritma winnowing yaitu pada sistem plagiarisme [5].

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah aplikasi kuis esai yang dilengkapi dengan sistem penilaian esai otomatis dan melakukan pengujian pada konfigurasi nilai variabel yang terdapat pada algoritma winnowing. Kuis esai pada penelitian ini adalah kuis esai dengan bentuk soal uraian seperti pada ulangan harian atau ujian semester sekolah dengan teks yang digunakan adalah teks bahasa Indonesia. Sistem penilaian tidak dilakukan pada soal atau jawaban aljabar, matematika dan sejenisnya.

Aplikasi kuis esai dirancang dengan tampilan yang disesuaikan dengan kebutuhan kuis esai pada umumnya. Aplikasi kuis esai menampilkan soal esai, *text area* untuk jawaban esai siswa dan tombol

submit untuk menyimpan sekaligus melihat nilai kuis yang secara otomatis diproses dan ditampilkan sistem. Aplikasi juga dilengkapi dengan kebutuhan user dalam mengelola kuis, manajemen user dan sebagainya.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan algoritma winnowing dalam memberikan penilaian jawaban kuis esai. Disamping itu, aplikasi dapat juga digunakan sebagai media untuk memberikan ujian dengan soal esai yang dapat dilakukan oleh pengajar. Dengan beberapa fitur seperti manajemen kuis (soal dan kunci jawaban), manajemen user dan aplikasi penilaian kuis esai, aplikasi dapat digunakan pengajar atau admin untuk memberikan ujian dalam bentuk esai. Sehingga, aplikasi tidak hanya digunakan sebagai penelitian metode namun dimanfaatkan sebagai media pemberi ujian soal esai.

METODE

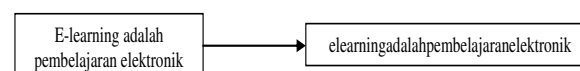
Algoritma Winnowing

Algoritma winnowing adalah salah satu algoritma pencocokan *string*. Pada pendeteksiannya, algoritma winnowing harus memenuhi kebutuhan mendasar yaitu [5]:

- (1) *Whitespace insensitivity* yaitu pencarian kalimat mirip seharusnya tidak terpengaruh oleh spasi, jenis huruf (kapital atau normal), tanda baca dan sebagainya.
- (2) *Noise suppression* yaitu menghindari penemuan kecocokan dengan panjang kata yang terlalu kecil atau kurang relevan seperti “*the*” dan bukan merupakan kata yang umum digunakan.
- (3) *Position independence* yaitu penemuan kesamaan harus tidak bergantung pada posisi kata-kata sehingga kata dengan urutan posisi berbeda masih dapat dikenali jika terjadi kesamaan.

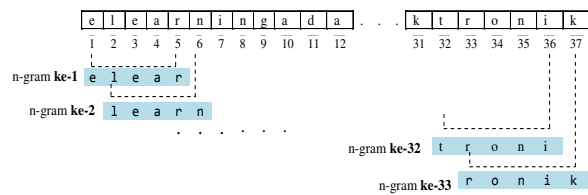
a. Pembuangan Karakter yang Tidak Relevan

Pembuangan karakter yang tidak relevan memenuhi kebutuhan algoritma winnowing yaitu *whitespace insensitivity*. Pada tahap ini proses yang dilakukan yaitu penghapusan tanda baca, spasi dan simbol-simbol seperti @, #, \$, *, (,), !, -, _ ”, +, >, </ dan sebagainya seperti contoh berikut:



b. Pembentukan Rangkaian *n-gram*

Pembentukan rangkaian *n-gram* pada algoritma *winnowing* dilakukan dengan cara membentuk rangkaian karakter sepanjang *n* dari hasil pembuangan karakter yang tidak relevan. Nilai *n* yang baik tidak terlalu kecil dan juga tidak terlalu besar. Rangkaian *n-gram* pertama dimulai dari karakter ke-1 sampai karakter ke-*n* dan rangkaian kedua dimulai dari karakter ke-2 sampai ke-*n*+1 dan seterusnya sampai terbentuk rangkaian *n-gram* semua karakter. Contoh pembentukan rangkaian *n-gram* pada teks “elearning adalah pembelajaran elektronik” (tanpa tanda petik) sepanjang 5 atau dengan *n* = 5 yaitu:



Dengan *n* = 5, pada teks “elearning adalah pembelajaran elektronik” (tanpa tanda petik) terbentuk 33 rangkaian *n-gram* yaitu:

Elear	learn	Earni	arnin	ringn	ninga	ingad	ngada	gadala	adala	dalah
Alahp	lahpe	Ahpem	hpemb	pembe	embe1	mbe1a	be1aj	elaja	lajar	ajara
Jaran	arane	Ranel	anele	Nelek	elekt	lektro	ektro	tron	troni	ronik

c. Perhitungan Fungsi Hash untuk Setiap *n-gram*

Algoritma *winnowing* menggunakan *rolling hash* untuk menghitung nilai *hash* masing-masing rangkaian *gram*. Fungsi *hash* dengan *rolling hash* didefinisikan pada persamaan (1).

$$H_{(c_1...c_n)} = c_1 * b^{(n-1)} + c_2 * b^{(n-2)} + ... + c_{(n-1)} * b^{(1)} + c_n \quad (1)$$

dengan *c* adalah nilai *ascii* suatu karakter, *b* atau basis merupakan bilangan prima (tidak ditentukan) dan *n* adalah banyaknya karakter atau panjang rangkaian *n-gram*.

Untuk nilai *hash* kedua dan selanjutnya, perhitungan tidak perlu melakukan iterasi dari indeks pertama sampai terakhir. Perhitungan nilai *hash* $H_{(c_2...c_{n+1})}$ dapat dilakukan dengan cara:

$$H_{(c_2...c_{n+1})} = (H_{(c_1...c_n)} - c_1 * b^{(n-1)}) * b + c_{(n+1)} \quad (2)$$

Misalnya perhitungan nilai *hash* pada rangkaian *n-gram* “elear” dan “learn” (tanpa tanda petik) dengan nilai basis (*b*) = 2, panjang rangkaian *n-gram*(*n*)= 5

$$\begin{aligned} H_{(elear)} &= \text{ascii}(e) * 2^{(4)} + \text{ascii}(l) * 2^{(3)} + \text{ascii}(e) * 2^{(2)} + \text{ascii}(a) * 2^{(1)} + \text{ascii}(r) \\ &= 101 * 16 + 108 * 8 + 101 * 4 + 97 * 2 + 114 = 3192 \end{aligned}$$

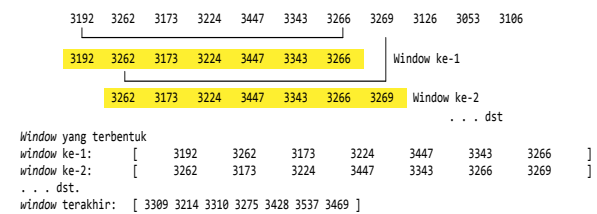
$$\begin{aligned} H_{(learn)} &= (H_{(elear)} - \text{ascii}(e) * 2^{(4)}) * b + \text{ascii}(n) \\ &= (3192 - 101 * 16) * 2 + 110 = 3262 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan hasil pembentukan rangkaian *n-gram* sebelumnya, dengan menggunakan basis (*b*) = 2 dan panjang *n-gram* (*n*) = 5, perhitungan nilai *hash* yaitu:

3192	3262	3173	3224	3447	3343	3266	3269	3126	3053	3106
3124	3245	3143	3280	3333	3190	3245	3108	3177	3236	3113
3232	3173	3350	3153	3309	3214	3310	3275	3428	3537	3469

d. Pembentukan Window dari Nilai Hash

Algoritma *winnowing* tidak menggunakan semua nilai *hash* dari setiap rangkaian *gram* yang dibentuk. Nilai *hash* yang dibentuk pada tahap sebelumnya akan dibagi ke dalam *window* berukuran *w*. *Window* pertama berisi nilai *hash* pertama sampai nilai *hash* ke-*w*. *Window* kedua dibentuk dari nilai *hash* kedua sampai nilai *hash* ke-*w*+1 dan seterusnya sampai terbentuk *window* dari seluruh nilai *hash*. Pembentukan *window* dari hasil perhitungan nilai *hash* pada tahap sebelumnya dengan ukuran lebar *window* (*w*) = 7 yaitu:



e. Pemilihan Fingerprint dari Setiap Window

Setelah terbentuk *window* dari seluruh nilai *hash*, tahap selanjutnya adalah menentukan nilai *fingerprint* teks. Nilai *fingerprint* ditentukan dengan memilih nilai *hash* terkecil dari setiap *window*. Pemilihan nilai *fingerprint* dari hasil pembentukan *window* pada tahap sebelumnya antara lain:

[3192	3262	3173	3224	3447	3343	3266]
[3262	3173	3224	3447	3343	3266	3269]
[3173	3224	3447	3343	3266	3269	3126]
[3224	3447	3343	3266	3269	3126	3053]
... dst.						
[3153	3309	3214	3310	3275	3428	3537]
[3309	3214	3310	3275	3428	3537	3469]

Jika pada pemilihan *fingerprint* terdapat dua *window* atau lebih memiliki nilai *fingerprint* sama seperti pada *window* 1 dan 2, *window* 3 dan 4, maka *fingerprint* yang diambil adalah *fingerprint* dari *window* sebelah kanan yaitu *window* 2 dan *window* 4. *Fingerprint* yang terbentuk yaitu 3173, 3126, 3053, 3106, 3124, 3108, 3113, 3153, 3214.

f. Persamaan *Jaccard Coefficient*

Nilai *fingerprint* yang dibentuk dari algoritma *winning* digunakan untuk mengukur prosentase kemiripan teks pada persamaan (3), persamaan *Jaccard Coefficient*.

$$similarity = \frac{jumlah_fingerprint_sama}{total_seluruh_fingerprint} \times 100\%$$

atau

$$similarity(d_i, d_j) = \frac{|w(d_i) \cap w(d_j)|}{|w(d_i) \cup w(d_j)|} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan d_i nilai-nilai *fingerprint* pada teks, d_j nilai-nilai *fingerprint* pada teks, $w(d_i) \cap w(d_j)$ jumlah nilai *fingerprint* sama antara teks ke- i dan teks ke- j dan $w(d_i) \cup w(d_j)$ adalah total nilai *fingerprint* teks ke- i dan teks ke- j .

Contoh perhitungan kesamaan dengan menggunakan persamaan *jaccard coefficient* yaitu:

Fingerprint teks 1:

3173, 3126, 3053, 3106, 3124, 3171, 3295, 3190, 3108, 3113, 3144, 3151, 3180, 3231, 3128, 3133, 3153, 3214

Fingerprint teks 2:

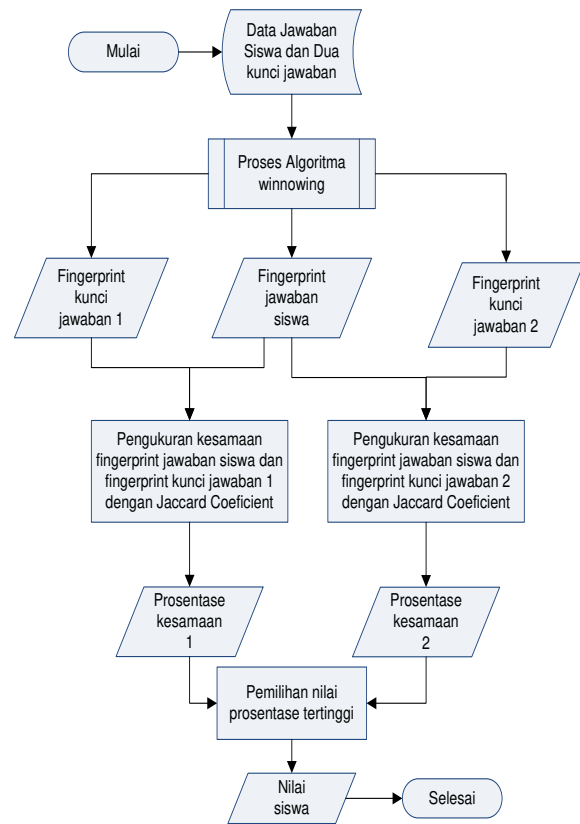
3173, 3126, 3053, 3106, 3124, 3108, 3113, 3153, 3214

$$similarity = \frac{9}{18} \times 100\% = 50\%$$

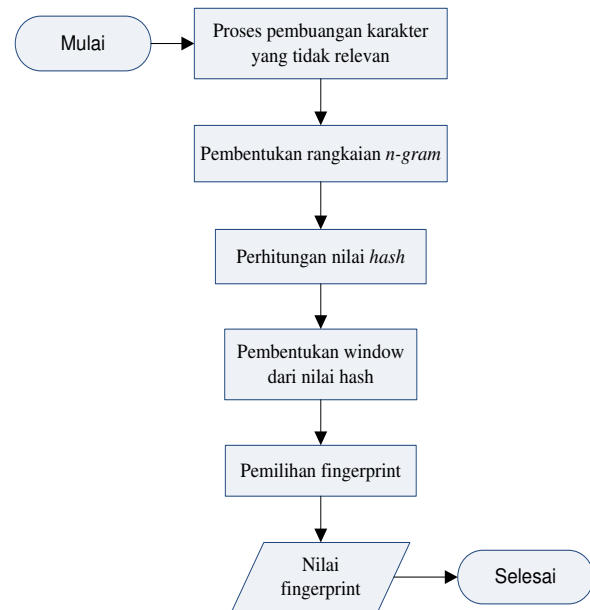
Berdasarkan hasil kesamaan kesamaan kedua *fingerprint*, maka prosentase kemiripan teks antara teks 1 dan teks 2 yang dibentuk yaitu 50%.

Rancangan sistem

Pada penelitian ini, kuis esai dirancang dengan menyediakan dua kunci jawaban pada setiap pertanyaan untuk mengatasi variasi jawaban seperti jawaban panjang dan jawaban pendek, sehingga menghasilkan dua nilai kemiripan setiap jawaban. Nilai kemiripan yang tertinggi adalah nilai yang digunakan sebagai nilai siswa. Proses penilaian esai dengan algoritma *winning* dimulai setelah siswa melakukan *submit* jawaban. *Flowchart* sistem penilaian dan algoritma *winning* dapat dilihat pada gambar (1a) dan (1b).



Gambar 1a. *Flowchart* Sistem Penilaian Esai Dengan Algoritma *Wining*



Gambar 1b. *Flowchart* Algoritma *Wining*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Penilaian Esai dengan Algoritma Winnowing

No.	<i>n-gram</i> (n)	Window (w)	Rata – Rata Prosentase Kemiripan (%)			
			Jawaban 1	Jawaban 2	Jawaban 3	Jawaban 4
1	2	3	78.682	75.87	91.091	87.038
2	3	3	67.793	59.893	87.559	84.077
3	5	3	48.407	38.078	70.242	74.104
4	7	3	41.094	30.693	63.093	70.672
5	2	5	76.666	72.946	88.572	85.447
6	3	5	65.196	62.508	82.428	83.96
7	5	5	45.909	40.261	67.227	75.927
8	7	5	39.058	33.905	57.678	73.036
9	2	7	72.502	73.992	87.143	85.692
10	3	7	59.301	61.633	83.75	82
11	5	7	39.41	35.329	67.5	73.81
12	7	7	32.942	29.576	58.836	70.758
13	2	9	78.89	72.857	86.724	84.773
14	3	9	61.74	59.389	83.334	81.428
15	5	9	40.602	39.327	63.619	73.75
16	7	9	32.779	33.615	57.889	70.625

Tabel 2. Tabel Rata–Rata Selisih Nilai Kemiripan Uji Winnowing dan Nilai Manual

No.	Nilai Variabel		Jawaban Pertanyaan 1		Jawaban Pertanyaan 2		Jawaban Pertanyaan 3		Jawaban Pertanyaan 4	
	N	W	Rata – rata selisih (+)	Rata – rata selisih (-)	Rata – rata selisih (+)	Rata – rata selisih (-)	Rata – rata selisih (+)	Rata – rata selisih (-)	Rata – rata selisih (+)	Rata – rata selisih (-)
1	2	3	3.522	-20.204	3.8	-19.67	1.144	-3.235	0	-10.038
2	3	3	6.092	-11.885	10.561	-10.454	3.441	-2	1.176	-8.253
3	5	3	16.186	-2.593	26.666	-4.744	19.059	-0.301	5.46	-2.564
4	7	3	21.276	-0.37	31.738	-2.431	25.907	0	8.666	-2.338
5	2	5	5	-19.666	2.625	-15.571	3.028	-2.6	0.625	-9.072
6	3	5	6.75	-9.946	7.392	-9.9	7.858	-1.286	0.87	-7.83
7	5	5	17.67	-1.579	23.876	-4.137	21.858	-0.085	3.665	-2.592
8	7	5	22.942	0	28.27	-2.175	31.322	0	6.285	-2.321
9	2	7	5.332	-15.834	0	-13.992	4.476	-2.619	0	-8.692
10	3	7	10.95	-8.251	7.369	-9.002	6.583	-1.333	2	-7
11	5	7	24.257	-1.667	28.421	-3.75	21.917	-0.417	5.095	-1.905
12	7	7	29.058	0	31.809	-1.385	30.164	0	8.364	-2.122
13	2	9	6.999	-23.889	1.286	-14.143	5.697	-3.421	0	-7.773
14	3	9	8.086	-7.826	9.778	-9.167	7.333	-1.667	0.667	-5.095
15	5	9	23.62	-2.222	24.375	-3.702	25.381	0	5.125	-1.875
16	7	9	29.221	0	27.88	-1.495	31.111	0	7	-0.625

Keterangan:

Rata–rata selisih (+) = rata–rata selisih dari nilai manual – nilai sistem (jika nilai sistem < nilai manual)

Rata–rata selisih (-) = rata–rata selisih dari nilai sistem – nilai manual (jika nilai sistem > nilai manual)

Pengujian sistem penilaian esai dilakukan dengan menggunakan 10 data ujian esai TIK yang masing – masing data terdiri dari 4 jawaban esai. Hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 1 dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel *n-gram* dan *window* algoritma winnowing terhadap prosentase kemiripan teks jawaban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prosentase kesamaan teks

dengan algoritma winnowing dipengaruhi oleh nilai *n-gram* dan *window* yang digunakan. Panjang *n-gram* dan *window* mempengaruhi penemuan kesamaan *fingerprint*. Banyaknya kesamaan *fingerprint* yang ditemukan mempengaruhi tingkat kemiripan yang dihasilkan oleh algoritma winnowing. Semakin banyak kesamaan *fingerprint* yang ditemukan maka semakin tinggi prosentase

kemiripan yang dihasilkan. Prosentase kemiripan terbesar yang dihasilkan winnowing sekitar 75–95% dengan menggunakan $n=2$ dan $w = 3$. Hasil kemiripan teks jawaban tersebut dijadikan sebagai nilai ujian esai siswa.

Pengujian sistem penilaian tidak hanya melihat nilai kemiripan yang dihasilkan namun juga memperhatikan perbandingan nilai sistem terhadap nilai manual yang ditunjukkan oleh tabel 2. Perbandingan nilai dilakukan untuk melihat kemampuan algoritma winnowing dalam memberikan penilaian esai. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa kemampuan algoritma winnowing dalam menilai jawaban esai dipengaruhi nilai n -gram dan $window$ yang digunakan. Penggunaan nilai n -gram kecil yaitu n -gram=2 menghasilkan nilai kemiripan yang besar namun selisih nilai sistem dengan nilai manual sangat tinggi. Hal ini menunjukkan nilai n -gram yang kecil menyebabkan kemampuan algoritma winnowing dalam penilaian jawaban sangatlah kecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai n -gram maka semakin tidak peka kemampuan algoritma winnowing dalam mengukur kesamaan arti dua teks jawaban. Akurasi penilaian yang dihasilkan oleh sistem penilaian esai ini mencapai 75-80% dengan rata – rata hasil kemiripan sebesar 76-88%.

SIMPULAN DAN SARAN

Sistem penilaian esai dengan menerapkan algoritma winnowing telah dapat memberikan nilai jawaban esai secara otomatis. Hasil penelitian sistem penilaian menunjukkan bahwa penggunaan nilai n -gram dan $window$ pada metode winnowing berpengaruh pada kesamaan *fingerprint* yang ditemukan. Semakin banyak kesamaan *fingerprint* yang ditemukan maka semakin tinggi nilai yang dihasilkan sistem. Dan semakin kecil nilai n -gram yang digunakan maka semakin tidak peka kemampuan algoritma winnowing dalam menilai kesamaan arti dua teks jawaban esai. Penilaian menghasilkan akurasi yang lebih baik pada teks jawaban yang memiliki struktur kalimat jawaban

yang sama dengan kunci jawaban yaitu sebesar 75–80%.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan pembuatan sistem memperhatikan penyediaan alternative kunci jawaban dinamis yang dapat dijadikan solusi untuk meningkatkan kinerja sistem dalam memberikan penilaian. Selain itu, sistem penilaian disarankan memperhatikan kata–kata yang memiliki kesamaan arti dan kata–kata yang berlawanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aji, R. B., Baizal, A., dan Firdaus, Y. *Automatic Essay Grading System Menggunakan Metode Latent Semantic Analysis*. SNATI. Hal: 78-86.2011
- [2] Ratna, A. A. P., Budiardjo, B., dan Hartanto, D. SIMPLE: Sistem Penilai Esei Otomatis Untuk Menilai Ujian Dalam Bahasa Indonesia. *MAKARA*. 11: 5-11. 2007
- [3] Firdausiah, A. B., Siahaan, D. O., Yuhana, U. L., dan Kita, T. Sistem Penilaian Otomatis Jawaban Essay Menggunakan Ontologi Pada Moodle. *TELKOMNIKA*. 6: 167-172. 2008
- [4] Winarso, D., Siahaan, D. O., dan Yuhana, U. Sistem Penilaian Otomatis Kemiripan Kalimat Menggunakan Syntactic-Semantic Similarity Pada Sistem E-Learning. *KURSOR*. 5: 75-82. 2009
- [5] Purwitasari, D., Kusmawan, P. Y., dan Yuhana, U. L. Deteksi Keberadaan Kalimat Sama Sebagai Indikasi Penjiplakan Dengan Algoritma Hashing Berbasis N-Gram. *KURSOR*. 6: 37-44. 2011
- [6] Suteja, B. R., Guritno, S., Wardoyo, R., dan Ashari, A. Personalization Sistem E-Learning Berbasis Ontology. *MAKARA*. 14: 192-200. 2010
- [7] Harisma, N. Z. Implementasi Sistem Penilaian Esai Otomatis Metode LSA Dengan Tiga Bobot Kata Kunci. Skripsi Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2008