MODEL VEKTOR DAN MATRIKS DARI DOKUMEN SERTA SUDUT ANTARA DUA VEKTOR DAN DUA SUBRUANG UNTUK MENDUGA DINI PLAGIARISME DOKUMEN

Prasetyaning Diah R. Lestari, R. Agustian, R. Gafriadi, A.Febriyanti, dan

A.D. Garnadi

Departemen Matematika FMIPA Institut Pertanian Bogor

ABSTRAK. Prinsip kerja mesin pencari (*search engine*) memanfaatkan konsep dasar aljabar linear yaitu ruang vektor dan dekomposisi matriks. Berdasarkan konsep dasar aljabar linear yang digunakan tersebut, dikembangkan pemodelan dokumen untuk mendeteksi dini terjadinya tindak plagiarisme. Representasi vektor kolom dimanfaatkan dalam pengonversian dokumen input. Konsep lain yang digunakan ialah besar sudut antara dua vektor. Dengan cara menghitung besarnya sudut yang dibentuk oleh dua vektor menjadi pertimbangan untuk menentukan indikasi tindak plagiarisme.

Dalam karya tulis ini diajukan sebuah model alternatif dimana dokumen direpresentasikan sebagai matriks, dengan baris merepresentasikan banyaknya kata berbeda dan kolom merepresentasikan banyaknya paragraf dalam dokumen. Plagiarisme dokumen dapat dideteksi dengan menentukan sudut antara dua subruang yang dibangkitkan oleh vektor kolom masing-masing dokumen yang akan dibandingkan. Diajukan prosedur numerik penghitungan sudut antar subruang yang ekuivalen menurut definisi sudut antara dua subruang.

Kata kunci : vektor, matriks, sudut, subruang, aplikasi aljabar linear, text mining, plagiarisme.

1. PENDAHULUAN

Era globalisasi berkembang semakin pesat. Perkembangan pesat ini tentu juga terjadi pada teknologi informasi di Indonesia. Internet merupakan hal yang biasa lagi pada saat sekarang ini. Inovasi yang paling sering digunakan saat ini adalah mesin pencari (*search engine*). Situs-situs lokal maupun luar negeri banyak menyediakan fasilitas mesin pencari (*search engine*) ini seperti Google, Yahoo, Google Indonesia, dan sebagainya. Penerapan mesin pencari (*search engine*) ini sering digunakan untuk mencari (*surfing*) situs internet tertentu, mendownload data maupun gambar. Pengguna (*user*) cukup memasukkan kata kunci (*keyword*) yang diinginkan kemudian situs penyedia *search engine* akan bekerja dan kemudian menampilkan hasil (*result*) yang diinginkan. Dengan adanya mesin pencari seperti ini memudahkan orang untuk memperoleh informasi berupa data maupun dokumen dari internet. Perlu diketahui bahwa prinsip kerja mesin pencari (*search engine*) ini menggunakan konsep dasar aljabar linear, yaitu ruang vektor dan dekomposisi matriks ortogonal (Berry & Browne. 1992).

Prinsip kerja mesin pencari (*search engine*) tersebut ternyata dapat pula dimanfaatkan sebagai penduga terjadinya tindak plagiarisme (Rosliyanti, *et al.* 2006). Fakta bahwa banyaknya pengolah kata elektronik (*word processor*) semakin melengkapi fenomena tindak plagiarisme. Orang-orang dapat dengan mudah melakukan *cut-paste* pada suatu dokumen tertentu kemudian membuat dokumen baru dengan hanya

melakukan sedikit revisi atau bahkan tidak sama sekali. Fakta inilah yang mendasari dikembangkan suatu cara yang dapat menduga terjadinya tindak plagiarisme.

Tindakan plagiarisme merupakan tindakan merugikan baik di bidang akademik maupun bidang umum dan terapan lainnya. Jika dikaji lebih lanjut, plagiarisme adalah tindak kriminal meniru hak cipta orang lain. Hal ini tentu saja menimbulkan sejumlah kekhawatiran. Untuk membantu dan memudahkan pekerjaan tim pemeriksa untuk menduga terjadinya tindak plagiarisme maka karya tulis ini mencoba menggali lebih lanjut pemanfaatan konsep dasar aljabar linear yang serupa dengan prinsip kerja mesin pencari (*search engine*) yaitu ruang vektor dan dekomposisi matriks ortogonal (Berry & Browne. 1992). Karya tulis ini juga mengembangkan hasil karya ilmiah sebelumnya yang juga mengkaji mengenai cara menduga terjadinya tindak plagiarisme dengan konsep dasar aljabar linear (Rosliyanti, *et al.* 2006). Pada karya ilmiah tersebut dokumen dimodelkan secara matematis sebagai vektor, pada karya tulis ini dokumen dimodelkan dalam bentuk matriks. Dengan kasus yang sama, karya tulis ini membatasi objek amatan pada dokumen berupa teks.

2. TELAAH PUSTAKA

Penerapan konsep dasar aljabar linear untuk menduga terjadinya plagiarisme bukanlah hal yang baru karena karya tulis ini mengacu pada penulisan ilmiah sebelumnya. Penulisan ilmiah sebelumnya mengacu pada pendekatan teoritik yang mengadopsi konsep representasi vektor, dalam hal ini dokumen yang akan diperiksa, dikonversi terlebih dahulu oleh suatu program menjadi vektor berukuran $k \times 1$, dimana k adalah banyaknya kata yang berbeda pada seluruh dokumen yang akan diperiksa tersebut. Berikut adalah contoh representasi dokumen yang berisi kalimat judul sebagai vektor.

MODEL VEKTOR DAN MATRIKS DARI DOKUMEN SERTA SUDUT ANTARA DUA VEKTOR DAN DUA SUBRUANG UNTUK MENDUGA DINI PLAGIARISME DOKUMEN

Kata	Frekuensi
Model	1
Vektor	2
Dan	2
Matriks	1
Dari	1
Dokumen	2
Serta	1
Sudut	1
Antara	1
Dua	2
Subruang	1
Untuk	1
Menduga	1
Dini	1
Plagiarisme	1

Secara matematis :

$$j = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Banyaknya kata berbeda yaitu 15, artinya representasi kalimat judul sebagai vektor misal j dengan ukuran (15×1) merupakan subruang di R^{15} .

Untuk menduga bahwa sebuah dokumen telah meniru dokumen yang lain yaitu dengan mengukur sudut antara dua dokumen tersebut (Rosliyanti, *et al.* 2006). Dalam hal ini, ukuran kedua vektor haruslah sama. Pengukuran sudut antara dua buah dokumen diidentifikasi dengan pengukuran sudut antara dua buah vektor yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$\cos \theta = \frac{\langle x, y \rangle}{\|x\| \|y\|}$$

dimana :

- $\langle x, y \rangle = x^T y$ ialah hasil perkalian dalam vektor x dan vektor y ,

$$x^T y = x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n \text{ (Leon. 1998)}$$

- $\|x\|$ dan $\|y\|$ masing-masing adalah panjang *Euclidean (norm)* dari vektor x dan vektor y , panjang *Euclidean (norm)* suatu vektor diperoleh dari akar penjumlahan kuadrat elemen vektor tersebut (notasi : $\|x\| = \sqrt{a^2 + b^2}$; $x = (a \ b)^T$) (Leon. 1998).
- θ ialah besar sudut yang diapit oleh kedua vektor x dan y .

Kemudian dugaan menyontek atau plagiarisme dapat diamati dari besar sudut yang dibentuk oleh kedua vektor tersebut. Jika sudut yang dibentuk kecil maka diduga telah terjadi plagiarisme (tetap dibutuhkan pemeriksaan secara manual setelah pendugaan ini). Tetapi kekurangan pendekatan teoritik semacam ini yaitu terletak pada dokumen input yang dipandang sebagai satu vektor secara keseluruhan. Paragraf dalam dokumen tidak terwakili oleh representasi vektor, sehingga dua paragraf identik dari dua buah dokumen tidak dapat terdeteksi.

Karya tulis ini mencoba memberikan ide baru bahwa dokumen bisa dipandang menurut kumpulan paragraf yang terdapat di dalamnya sehingga representasi vektor yang semula digunakan pada penulisan ilmiah terdahulu (Rosliyanti, *et al.* 2006), dapat digantikan menjadi representasi matriks. Karya tulis ini mengeksplorasi lebih jauh mengenai model ruang matriks yang merupakan perluasan bagi model ruang vektor, seperti dalam *information retrieval model* (Antonellis, *et al.* 2006). Tiap dokumen dapat direpresentasikan oleh sebuah matriks berdasarkan ekstraksi dokumen seperti kalimat, paragraf atau bab. Karya tulis ini mencoba membuat representasi dokumen berdasarkan ekstraksi paragraf dalam dokumen. Pada dasarnya suatu dokumen teks terdiri dari satu atau beberapa paragraf. Dalam *Information Retrieval Model* (IRM), suatu dokumen teks dapat “diterjemahkan” ke dalam bentuk suatu vektor. Kali ini, paragraf dalam dokumen teks direpresentasikan sebagai sebuah vektor. Dengan demikian, dokumen yang memuat paragraf tersebut akan dapat dinyatakan sebagai kumpulan vektor yang berupa ruang vektor, atau matriks jika representasi paragraf tersebut berupa vektor kolom. Sebagaimana prinsip kerja yang digunakan dalam *search engine*, data atau dokumen terkait akan diidentifikasi melalui operasi vektor sederhana (*simple vector operations*). Prosedur dalam karya tulis ini meliputi dokumen yang akan diperiksa, dikonversi

terlebih dahulu oleh suatu program menjadi vektor berukuran $k \times d_n$, dimana k adalah banyaknya kata yang berbeda pada seluruh dokumen yang akan diperiksa tersebut dan d_n adalah banyaknya paragraf pada dokumen ke- n , $n=1,2$. Secara matematis dapat ditulis :

$$D1 = \{ \underline{v}_1^{(1)}, \underline{v}_2^{(1)}, \dots, \underline{v}_{d1}^{(1)} \} := [\underline{v}_1^{(1)} \underline{v}_2^{(1)} \dots \underline{v}_{d1}^{(1)}]$$

$$D2 = \{ \underline{v}_1^{(2)}, \underline{v}_2^{(2)}, \dots, \underline{v}_{d2}^{(2)} \} := [\underline{v}_1^{(2)} \underline{v}_2^{(2)} \dots \underline{v}_{d2}^{(2)}]$$

Untuk menduga bahwa pada dua buah dokumen terdapat plagiarisme maka dapat diukur sudut antara dua dokumen tersebut (Rosliyanti, *et al.* 2006). Berikut diberikan definisi sudut antara dua buah Subruang di ruang vektor.

Definisi : (Sudut antara dua Subruang, Gunawan dan Neswan 2005, Gunawan, Neswan dan Setya-Budhi 2005)

($X, <, >$) adalah ruang hasil kali dalam berdimensi 2 atau lebih, $U = \text{span}\{u_1, u_2, \dots, u_p\}$ dan $V = \{v_1, v_2, \dots, v_q\}$ adalah 2 subruang di X dimana $1 \leq p \leq q < \infty$. Asumsikan bahwa $\{u_1, u_2, \dots, u_p\}$ dan $\{v_1, v_2, \dots, v_q\}$ adalah ortonormal, maka θ adalah sudut antara 2 subruang U dan V , yang diberikan sebagai berikut.

$$\cos^2 \theta := \det(M^T M)$$

dengan $M := [< u_i, v_k >]^T$ $M := [< u_i, v_k >]^T$ adalah matriks berukuran $q \times p$.

Arti geometris dari sudut antara dua subruang dan penurunan definisi diatas dapat dilihat pada kedua paper tersebut.

3. PENDEKATAN TEORITIK

Dalam pembuatan penduga terjadinya plagiarisme dengan menggunakan konsep dasar aljabar linear yaitu representasi matriks yang merupakan perluasan dari penelitian sebelumnya, ada beberapa pendekatan teoritik yang digunakan. Sebelum masuk pada pendekatan teoritik, ditinjau bahwa dalam mengonversi sebuah dokumen menjadi sebuah matriks maka tidaklah mungkin matriks tersebut sudah memiliki kolom-kolom ortonormal. Sehingga sudut antara dua subruang tidak dapat dihitung secara langsung sebagaimana dikehendaki oleh definisi diatas. Untuk kasus ini, pendekatan teoritik bagian kedua merupakan solusi yang diajukan sebagai pendekatan yang paling tepat. Berikut adalah pendekatan teoritik yang diajukan.

1. Dokumen input dinyatakan sebagai suatu matriks.

Dasar prinsip kerja suatu mesin pencari (*search engine*) yaitu sebuah vektor mendefinisikan sebuah dokumen untuk setiap termin/kata pada dokumen tersebut (Berry & Browne. 1992). Pada karya tulis ini, input berupa dokumen teks akan dikonversi menjadi suatu matriks dan bukan lagi berupa sebuah vektor $k \times 1$ (Rosliyanti, *et al.* 2006), melainkan sebagai Subruang di $\mathbb{R}^k$. Dokumen yang digunakan sebagai input dipandang sebagai sebuah matriks. Misalkan dua buah dokumen direpresentasikan sebagai matriks $D1$ dan $D2$, maka :

$$D1 = \{ \underline{v}_1^{(1)}, \underline{v}_2^{(1)}, \dots, \underline{v}_{d1}^{(1)} \} := [\underline{v}_1^{(1)} \underline{v}_2^{(1)} \dots \underline{v}_{d1}^{(1)}]$$

$$D2 = \{ \underline{v}_1^{(2)}, \underline{v}_2^{(2)}, \dots, \underline{v}_{d2}^{(2)} \} := [\underline{v}_1^{(2)} \underline{v}_2^{(2)} \dots \underline{v}_{d2}^{(2)}]$$

dimana:

$\underline{v}_i^{(n)}$ = representasi paragraf ke-i pada dokumen ke-n, $i=1,2,3,\dots,d_n$, $n=1,2$.

$\underline{v}_i^{(n)}$ = vektor berukuran $k \times 1$ dimana k merupakan banyaknya kata yang berbeda pada keseluruhan dokumen n yang dijadikan input.

Dalam hal ini nilai k pada dua dokumen input harus sama. Elemen dalam vektor $\underline{v}_i^{(n)}$ berupa frekuensi dari setiap kata k yang berbeda yang terdapat pada tiap paragraf ke- i , $i = 1,2,3,\dots, d_n$ pada dokumen ke- n , $n = 1,2$.

2. “Kemiripan” dua buah dokumen dapat diukur dengan “sudut”.

Untuk mendapatkan himpunan ortonormal maka dilakukan faktorisasi QR. Teorema yang menguatkan yaitu sebagai berikut.

Teorema : (Faktorisasi QR, Leon 1998)

Jika A adalah sebuah matriks $m \times n$ dengan rank n , maka A dapat difaktorkan ke dalam sebuah hasil kali QR, dimana Q adalah sebuah matriks $m \times n$ dengan kolom-kolom ortonormal dan R adalah sebuah matriks $m \times n$ yang merupakan matriks segitiga atas dan invertible.

Untuk itu, sebelum menentukan besar sudut antara 2 dokumen, dilakukan faktorisasi QR terhadap matriks $D1$ dan $D2$ untuk memperoleh himpunan ortonormal. Melalui faktorisasi QR dengan serangkaian transformasi *Householder* akan diperoleh suatu matriks ortogonal yang akan digunakan untuk menentukan besar sudut antara 2 subruang. Langkah-langkahnya sebagai berikut.

- Dilakukan faktorisasi QR terhadap matriks $D1$ untuk memperoleh himpunan ortonormal.
 - Menurut teorema diatas maka $D1$ dapat dinyatakan sebagai :
 $D1 = Qa Ra$,
dimana $Qa^T = H_{d1}H_{d1-1} \dots H_1$
 - Dapat diketahui rank penuh dari Ra , yaitu dengan melihat dari banyaknya elemen diagonal utama yang tidak nol. Misal banyaknya elemen diagonal utama yang tidak nol = $s1$, $1 \leq s1 \leq d1$.
 - Maka didefinisikan matriks ortogonal $Qa1$:
 $Qa1$ adalah matriks berukuran $k \times s1$ yang diambil dari matriks Qa dengan k baris dan $s1$ kolom pertama. Vektor-vektor kolom dari $Qa1$ merupakan basis ortonormal bagi ruang vektor dokumen $D1$.
- Dilakukan faktorisasi QR terhadap matriks $D2$ untuk memperoleh himpunan ortonormal.
 - Serupa dengan matriks $D1$ maka $D2$ dapat dinyatakan sebagai :
 $D2 = Qb Rb$,
dimana $Qb^T = H_{d2}H_{d2-1} \dots H_1$
 - Dapat diketahui rank penuh dari Rb , yaitu dengan melihat dari banyaknya elemen diagonal utama yang tidak nol. Misal banyaknya elemen diagonal utama yang tidak nol = $s2$, $1 \leq s2 \leq d2$.
 - Maka didefinisikan matriks ortogonal $Qb2$:
 $Qb2$ adalah matriks berukuran $k \times s2$ yang diambil dari matriks Qb dengan k baris dan $s2$ kolom pertama. Vektor-vektor kolom dari $Qb2$ merupakan basis ortonormal bagi ruang vektor dokumen $D2$.
- Secara matematis :
 $Qa1 = \{ \underline{p}_1^{(1)}, \underline{p}_2^{(1)}, \dots, \underline{p}_{s1}^{(1)} \} := [\underline{p}_1^{(1)} \quad \underline{p}_2^{(1)} \quad \dots \quad \underline{p}_{s1}^{(1)}]$
 $Qb2 = \{ \underline{p}_1^{(2)}, \underline{p}_2^{(2)}, \dots, \underline{p}_{s2}^{(2)} \} := [\underline{p}_1^{(2)} \quad \underline{p}_2^{(2)} \quad \dots \quad \underline{p}_{s2}^{(2)}]$

Maka $Qa1$ adalah himpunan s_1 vektor dan $Qb2$ adalah himpunan s_2 vektor.

Pandang :

$$U = \text{Span} \{ p_1^{(1)}, p_2^{(1)}, p_3^{(1)}, \dots, p_{s1}^{(1)} \} \subset \mathbb{R}^k \text{ berdimensi } s_1$$

$$V = \text{Span} \{ p_1^{(2)}, p_2^{(2)}, p_3^{(2)}, \dots, p_{s2}^{(2)} \} \subset \mathbb{R}^k \text{ berdimensi } s_2$$

($\subset$ = Subruang)

Karena $Qa1$ dan $Qb2$ adalah matriks ortogonal yang diperoleh dari faktorisasi QR dengan serangkaian transformasi Householder, maka himpunan $U = \{ p_1^{(1)}, p_2^{(1)}, p_3^{(1)}, \dots, p_{s1}^{(1)} \}$ dan $V = \{ p_1^{(2)}, p_2^{(2)}, p_3^{(2)}, \dots, p_{s2}^{(2)} \}$ merupakan basis ortonormal, maka dapat dihitung besar sudut θ antara dua subruang U dan V dengan rumus (Gunawan & Neswan. 2005) :

$$\cos^2 \theta := \det(M^T M) \quad (1)$$

dimana $M := [\langle p_i^{(1)}, p_j^{(2)} \rangle]^T$ adalah matriks berukuran $s_2 \times s_1$, M^T adalah transpose dari matriks M dan $\langle, \rangle$ melambangkan perkalian dalam (*inner product*) di $\mathbb{R}^k$ (Leon. 1998) yaitu :

$$\langle p_i^{(1)}, p_j^{(2)} \rangle = (p_i^{(1)})^T p_j^{(2)}$$

(bukti bisa dilihat di Gunawan & Neswan. 2005).

Jadi dua dokumen direpresentasikan menjadi dua buah matriks yang berbeda, masing-masing berukuran $k \times d_1$ dan $k \times d_2$, dimana d_1 menyatakan banyaknya paragraf pada dokumen 1 dan d_2 menyatakan banyaknya paragraf pada dokumen 2. Kemudian dilakukan faktorisasi QR terhadap $D1$ dan $D2$ untuk memperoleh himpunan ortonormal dan selanjutnya perhitungan dengan formula (1) untuk memperoleh sudut θ yang dibentuk oleh kedua dokumen, dalam hal ini $0 \leq \theta \leq \pi/2$ (Gunawan & Neswan. 2005).

3. Dugaan terjadinya plagiarisme diamati dari besar sudut yang dibentuk oleh dua dokumen yang dijadikan input.

Jika sudut yang dibentuk antara Subruang U dan V memiliki nilai yang kecil, maka dapat diduga telah terjadi plagiarisme. Jika $\theta = 0$, maka dua dokumen dikatakan serupa/identik, jika $\theta = \pi/2$, maka dua dokumen dikatakan sama sekali berbeda, dan jika $\theta \leq \pi/6$, maka diduga bahwa terjadi plagiarisme antara dua dokumen tersebut. Hasil berupa besar sudut yang diperoleh masih berstatus dugaan, untuk memastikan telah terjadi atau tidaknya plagiarisme perlu dilakukan lagi uji empiris berupa pemeriksaan manual. Kriteria sudut digunakan sebagai indikator untuk mempermudah pemeriksaan (Rosliyanti, *et al.* 2006).

4. HASIL

Karya tulis ini menggali lebih lanjut penerapan konsep dasar aljabar linear untuk menduga terjadinya plagiarisme. Jika pada awalnya digunakan representasi vektor

sebagai acuan (Rosliyanti, *et al.* 2006) maka kali ini representasi matriks dan perhitungan sudut antara Subruang di R^n digunakan sebagai ide yang dipandang lebih baik. Pada karya tulis ini diajukan sebuah model yang lebih baik tanpa membuang konsep yang digunakan pada model representasi vektor, atau dengan kata lain model terdahulu masih tetap digunakan.

5. PEMBAHASAN

Konsep dasar aljabar linear berupa ruang vektor, matriks, dan sudut merupakan alat yang cukup efektif digunakan sebagai model untuk penduga awal terjadinya plagiarisme. Konsep awal yang menggunakan representasi vektor sebagai alat utama penduga sekarang diganti dengan representasi matriks, hal ini ditinjau dari hasil dengan penggunaan representasi vektor mengakibatkan tidak terwakilinya paragraf yang terdapat pada sebuah dokumen, kekurangan konsep awal semacam ini yaitu terletak pada dokumen input yang dipandang sebagai satu vektor secara keseluruhan, oleh karena itu diperlukan konsep baru sehingga suatu dokumen dipandang sebagai kumpulan dari beberapa paragraf. Kemiripan dua buah dokumen dapat dilihat dari sudut yang dibentuk antara dua buah Subruang di R^k , pasangan dokumen yang sudutnya kurang dari sudut batas yang ditentukan diduga memiliki kecenderungan terjadi plagiarisme. Jika $\theta = 0$, maka dua dokumen dikatakan serupa/identik, jika $\theta = \pi/2$, maka dua dokumen dikatakan sama sekali berbeda, dan jika $\theta \leq \pi/6$, maka diduga bahwa terjadi plagiarisme antara dua dokumen tersebut. Hasil berupa besar sudut yang diperoleh masih berstatus dugaan, untuk memastikan telah terjadi atau tidaknya plagiarisme perlu dilakukan lagi uji empiris berupa pemeriksaan manual.

6. KESIMPULAN

Penerapan konsep dasar aljabar linear yang digunakan pada prinsip kerja mesin pencari (*search engine*) dapat juga digunakan sebagai penduga terjadinya plagiarisme. Model yang diajukan dimana dokumen direpresentasikan sebagai matriks dengan kolomnya mewakili paragraf pada dokumen tersebut lebih mendekati keadaan sebenarnya jika dibandingkan dengan model dimana dokumen direpresentasikan sebagai vektor. Pada model terakhir ini sudah terbukti secara empiris bahwa penyaringan (*screening*) awal untuk pendugaan terjadinya tindak plagiarisme cukup efektif. Diharapkan bahwa model yang telah diajukan ini dapat menghasilkan kinerja lebih baik menilik model ini jauh lebih detail dari model sebelumnya.

7. DAFTAR PUSTAKA

- a) Antonellis, I., Gallopoulos, E., *Exploring Term-Document Matrices from Matrix Models in Text Mining*. Greece: University of Patras, 2006
- b) Berry, M.W., Browne, M., *Understanding Search Engines: Mathematical Modelling and Text Retrieval*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1992
- c) Gunawan, H., Neswan, O., *On Angles Between Subspaces Of Inner Product Spaces. Vol. 11, No. 2*. Indonesia: Math. Society (MIHMI), 2005
- d) Gunawan, H., Neswan, O., Setya-Budhi W. "A Formula for Angles Between Two Subspaces of Inner Product Spaces", *Beiträge Algebra Geom. Vol. 46(2)*, 311-320, 2005

- e) Leon, S.J., *Aljabar Linear dan Aplikasinya*. Edisi ke-5. A. Bondan, Penerjemah; Erlangga. Terjemahan dari *Linear Algebra with Applications*, 1998
- f) Rosliyanti, P.P., Alban, M., Agustian, R., *Penerapan Konsep Dasar Aljabar Linear Untuk Menduga Terjadinya Plagiarisme. Makalah PKMI*. Dir. Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Depdiknas. Bogor: IPB, 2006