

Penerapan Metode Non-Negative Matrix Factorization dan Generic Relevance of Sentence Pada Computer Based Test Essay

1st *Aslan Poetra Ramadhan

Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Muslim Indonesia
Makassar, Indonesia
aslanpoetraramadhan@gmail.com

2nd Herman

Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Muslim Indonesia
Makassar, Indonesia
herman@umi.ac.id

3rd Herdianti Darwis

Program Studi Teknik Informatika,
Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Muslim Indonesia
Makassar, Indonesia
herdianti.darwis@umi.ac.id

Abstrak—*Computer Based Test (CBT)* di era kemajuan teknologi informasi saat ini mulai menjadi pilihan baru terbarukan dalam hal uji kompetensi dalam berbagai instansi. Tidak hanya peruntukannya di dunia pendidikan. *Computer Based Test (CBT)* mulai ramai diimplementasikan diluar dunia pendidikan sebab efisiensi, efektifitas hingga kecepatan yang ditawarkan *Computer Based Test (CBT)* menjadi pertimbangan untuk diterapkan. Pada aspek lingkungan, dengan penggunaan *CBT*, peran *Paper Based Test* dalam uji kompetensi dapat menekan penggunaan kertas didalamnya. Hanya saja sistem eksaminasi *CBT* pada umumnya menggunakan sistem pilihan ganda pada proses uji kompetensi. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan Metode *Non-Negative Matrix Factorization (NMF)* pada sistem *CBT* dengan model uji kompetensi Essay dimana terdapat jawaban yang variatif dari model ujian ini. Penggunaan Metode *Non-Negative Matrix Factorization (NMF)* untuk mengolah *string* jawaban yang dikirimkan untuk dilakukan penilaian secara otomatis, dengan Metode *NMF* ini dilakukan Analisa hubungan antara sebuah frase/kalimat dengan sekumpulan *string* yang kemudian dilakukan pembobotan terhadap respon yang dikirimkan untuk diberi penilaian dengan bantuan *Generic Relevance of Sentence (GRS)*.

Kata kunci—*component, CBT, Essay, GRS, NMF*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya peradaban manusia, berkembang pula ilmu pengetahuan manusia itu sendiri. Bersama dengan ini inovasi teknologi informasi tidak dapat dibendung perkembangannya. Kebutuhan di era teknologi modern menekankan pada kecepatan dan ketepatan terhadap pengolahan data. Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi di dalam dunia pendidikan untuk menunjang aspek-aspek pendidikan saat ini memasuki babak baru. Pendidikan yang berkualitas demi meningkatkan kompetensi sumber daya manusia lebih maju dituntut dengan kualitas pendidikan yang harus maju pula salah satunya dengan meningkatkan kualitas pendidikan melalui eksaminasi berbasis komputer. *Computer Based Test (CBT)* merupakan solusi efektif untuk evaluasi eksaminasi yang massif. Meskipun berbagai pendekatan dan sistem eksaminasi digital telah

banyak dikembangkan sebelumnya namun kurangnya fleksibilitas, integritas, keamanan serta skalabilitas pada sistem-sistem yang ada sebelumnya.

Saat ini khususnya pendidikan yang ada telah memanfaatkan kemajuan teknologi dengan penerapan sistem eksaminasi dengan menggunakan komputer yang umum dikenal dengan *Computer Based Test (CBT)* hanya saja untuk saat ini sistem eksaminasi tersebut masih memiliki keterbatasan akan pengolahan data eksaminasi yang pada umumnya masih menerapkan eksaminasi dengan sistem pilihan ganda yang konvensional dengan mengubah sistem eksaminasi lama menggunakan kertas (*Paper Based Test – PBT*) menjadi eksaminasi dengan menggunakan komputer sebagai pengganti kertas pada pendidikan di Indonesia belum mengakomodir sepenuhnya untuk sistem pendidikan digital demi peningkatan kualitas sumber daya manusia melalui pendidikan.

Permasalahan-permasalahan tersebut diatas mendasari untuk dikembangkannya sistem eksaminasi digital melalui *Computer Based Test (CBT)* yang mengakomodir sistem-sistem yang telah ada sebelumnya dan memenuhi kebutuhan khususnya pada proses eksaminasi dengan model *essay*. Eksaminasi dengan model *essay* sendiri merupakan eksaminasi yang menuntut peserta didik untuk menjawab dalam bentuk uraian, penjelasan, perbandingan, argumentasi dan bentuk lain yang sejenis dengan tuntutan pertanyaan dengan menggunakan frasa sendiri. Berbeda dengan sistem eksaminasi dengan pilihan ganda, di mana peserta didik diajukan beberapa pertanyaan di mana telah tersedia jawaban yang harus dipilih dengan tepat, eksaminasi dengan model *essay* mengandalkan tingkat pemahaman peserta didik dalam menjawab permasalahan dalam soal yang diajukan. Sehingga peserta didik diberikan kebebasan dalam berargumentasi dengan permasalahan yang diajukan dalam soal-soal tes yang diberikan, hanya saja pada saat pemrosesannya dengan pada sistem manual membutuhkan waktu untuk menilai setiap jawaban yang diberikan oleh peserta didik.

Sehingga dibutuhkan pengembangan pada sistem eksaminasi digital (*Computer Based Test – CBT*) yang tidak hanya terbatas pada model eksaminasi pilihan ganda, namun

dapat mengakomodir model eksaminasi dalam bentuk *essay*. Dimana pada model ini, sistem mengandalkan pembobotan terhadap respon yang dikirimkan oleh peserta didik dalam bentuk *string* yang diolah menggunakan metode-metode khusus, dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Non-Negative Matrix Factorization (NMF) [1] dalam pengolahan respon terhadap jawaban yang telah tersedia pada basis data sistem dengan pembobotan string dengan bantuan metode Generic Relevance of Sentence (GRS) [2].

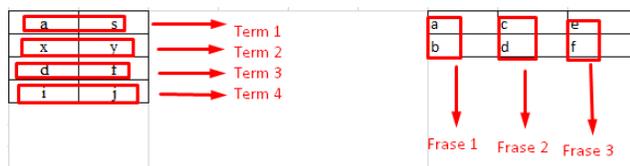
II. METODOLOGI

A. Non-Negative Matrix Factorization

Non-Negative Matrix Factorization adalah metode dekomposisi matriks *term-by-sentence* A yang berukuran $m \times n$ menjadi matriks W ($m \times r$) dan H ($r \times n$) yang hanya bernilai bilangan non-negatif dan bersifat lebih jarang [3]. Metode dekomposisi ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (1).

$$A \approx WH \quad (1)$$

Dimana matriks W merupakan representasi dari matriks term yang memiliki topik yang tersembunyi di dalamnya (*hidden topic*) dalam hal ini disebut sebagai *Non-Negative Semantic Features Matrix (NSFM)* serta ditunjukkan dalam setiap vektor barisnya. Kemudian matriks H merepresentasikan variable yang menyimpan bobot topik tersembunyi (*hidden topic*) dalam setiap kalimat, variable-variable ini merupakan *Non-Negative Semantic Variable Matrix (NSVM)* yang direpresentasikan pada Gambar 1.



Gambar. 1. Ilustrasi Matriks W (kiri) dan Matriks H (kanan)

Bentuk persamaan $A \approx WH$ dapat dijabarkan sebagai bentuk kesamaan atau similaritas antara matriks A dengan hasil perkalian dari masing-masing matriks W dan matriks H yang pada awalnya kedua matriks tersebut bernilai acak, sehingga diperlukan suatu kriteria yang kemudian nilai masing-masing matriks W dan matriks H akan diperbarui agar hasilnya semakin mendekati atau similar dengan matriks A .

B. Multiplicative Matrix Update Rule Process

Multiplicative Matrix Update Rule Process merupakan sebuah proses yang bertujuan untuk memperbarui nilai dari matriks W dan matriks H sehingga kondisi $A \approx WH$ dapat terpenuhi[4]. Oleh sebab itu proses pembaruan dilakukan dengan masing-masing persamaan untuk setiap matriks W dan matriks H dengan persamaan (2) [5].

$$H = H \frac{(W^T A)}{(W^T W H)} \quad (2)$$

Persamaan diatas digunakan untuk melakukan proses pembaruan *rule* pada matriks H , kemudian untuk proses pembaruan *rule* pada matriks W , digunakan persamaan (3).

$$W = W \frac{(A H^T)}{(W H H^T)} \quad (3)$$

Sehingga dengan pengolahan matriks W dan matriks H menggunakan persamaan-persamaan diatas, dapat diperoleh tingkat similaritas atau kesamaan antara matriks A dengan hasil perkalian matriks W dan matriks H .

C. Generic Relevance of Sentences

Pemberian nilai pada *Computer Based Test Essay* dilakukan dengan metode *Generic Relevance of Sentences (GRS)* pada setiap kalimat respon yang dikirimkan oleh peserta didik. Perhitungan nilai *Generic Relevance of Sentences (GRS)*[6] ini melibatkan elemen-elemen pada matriks H sebagai matriks yang merepresentasikan variable yang berisi *hidden topic* dalam setiap kalimat. Proses pada metode *Generic Relevance of Sentences (GRS)* ini berfokus pada proses ekstraksi kalimat/frase dari respon yang dikirimkan oleh peserta didik dengan pengambilan n kalimat dengan skor kalimat/frase tertinggi. Perolehan skor ini didapatkan dari persamaan (4) *Generic Relevance of Sentence (GRS)* berikut [7].

$$GRS_j = \sum_{i=1}^r (H_{ij} \cdot weight(H_{i,j})) \quad (4)$$

Pada persamaan diatas menunjukkan skor untuk setiap vektor kolom ke- j pada matriks H . Sedangkan nilai *weight* atau nilai bobot pada persamaan tersebut merupakan bobot dari elemen (i,j) pada matriks H diperoleh dengan persamaan (5).

$$weight(H_{i,j}) = \frac{\sum_{p=1}^n -1 H_{ij}}{\sum_{p=1}^r \sum_{q=1}^n H_{pq}} \quad (5)$$

Dimana, dari persamaan diatas

H_{ij} = elemen matriks H pada posisi (i,j) dengan j adalah indeks kolom yang merepresentasikan kalimat dimana $1 < j < n$
 r = jumlah baris pada matriks H
 i = indeks baris, dimana $1 < i < r$
 n = jumlah kalimat
 q = indeks kolom kalimat dimana $1 < q < n$
 H_{pq} = elemen-elemen matriks H pada posisi (p,q) yang merupakan keseluruhan elemen pada matriks H .

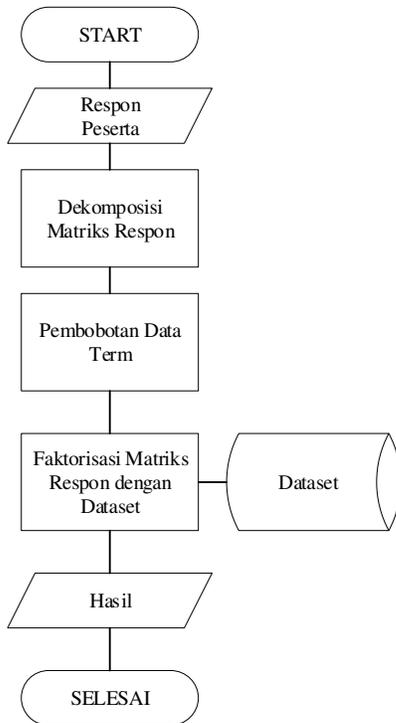
D. Term Frequency-Inverse Document Frequency

Term Frequency merupakan frekuensi dari kemunculan sebuah term [8], dalam hal ini frekuensi respon yang dikirimkan. Semakin besar jumlah kemunculan satu term dalam respon yang dikirimkan, maka semakin besar pula bobotnya. Sedangkan *Inverse Document Frequency* merupakan sebuah proses perhitungan dari bagaimana term terdistribusi secara luas pada koleksi respon yang bersangkutan. Penggunaan *Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF)*[9] bertujuan untuk membentuk sebuah matriks *term-*

by-sentences yang digunakan pada proses dekomposisi matriks. Dimana digunakan persamaan (6).

$$W_{at} = t f_{at} \cdot IDF_t \quad (6)$$

Pada proses ini dibutuhkan pembobotan setiap term yang telah diambil dalam bentuk dasarnya, pada penelitian ini bentuk dasar yang dimaksud adalah kunci jawaban yang telah dibuat yang membentuk pola jawaban yang untuk dilakukan pengolahan pada metode-metode yang digunakan pada penelitian ini dan kemudian dilakukan pembobotan dari respon yang dikirimkan terhadap pola kunci jawaban yang telah disediakan sebelumnya. Sehingga dapat digambarkan dengan skema pada Gambar 2.



Gambar. 2. Skema Metode NFM dan GRS

E. Metode Pengujian

Metode pengujian dilakukan dengan sekupulan *data test* yang merupakan kumpulan jawaban yang diperoleh dari respon peserta eksaminasi kemudian diproses dengan *data training* yang selanjutnya dikenal sebagai *hidden topic* yang merupakan kunci jawaban dari eksaminasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metode-metode yang dijabarkan diatas, dilakukan pengujian terhadap terhadap beberapa respon dengan kunci jawaban pada proses eksaminasi dengan model essay. Berikut ini adalah sebuah respon pertanyaan eksaminasi model essay beserta kunci jawaban yang telah dibuat sebelumnya yang kemudian akan diperoleh tingkat similaritasnya.

TABEL I. DATA EKSAMINASI PADA DATA SET

| Pertanyaan |
|--|
| Pada paradigma Object Oriented Programming, terdapat beberapa konsep agar sebuah pemrograman dikatakan berorientasi objek, sebut dan jelaskan secara singkat konsep tersebut ! |
| Jawaban |
| Pada paradigma Object Oriented Programming, terdapat 3 konsep utama yaitu enkapsulasi yang merupakan pembungkusan data, inheritance yang merupakan pewarisan atau penurunan dan polimorfisme yang merupakan konsep banyaknya bentuk dari sebuah data |

TABEL II. DATA RESPON PESERTA

| Responden | Jawaban |
|-----------|--|
| 1 | Abstrac Class, Enkapsulasi (pembungkusan : private, public, protected), inheritance (pewarisan), polymorphisme (banyak bentuk) |
| 2 | Enkapsulasi pengkapsulan dan hak akses dari fungsi dan variable, inheritance penurunan sifat dari satu class ke class lain, polimorfisme pembuatan fungsi dengan nama yang sama dengan parentnya. |
| 3 | Terdapat 3 konsep, Enkapsulasi : penggunaan akses modifier sebagai hak akses suatu atribut dan fungsi, Inheritance : Konsep pewarisan atribut dan method dari induk class ke anak class, Polymorphisme : Konsep dimana digunakan konsep overloading dan overriding pada fungsi |
| 4 | Enkapsulasi, polimorfisme, inheritance |

Pada Tabel I diatas merupakan *data training* pada *data set*, kemudian pada Tabel II diatas merupakan respon dari peserta yang kemudian akan diolah untuk memperoleh tingkat hubungan antar kalimat yang kemudian akan menghasilkan tingkat similaritas dengan kunci jawaban.

A. Penerapan Metode

Metode *Non-Negative Matrix Factorization (NMF)* melakukan analisa hubungan antar kaliait dengan beberapa langkah sebagai berikut :

- *Data testing* yang merupakan respon yang dikirimkan oleh peserta diolah dengan melakukan proses *case folding* dimana respon peserta diubah kedalam bentuk *lower case*
- Respon peserta kemudian dilakukan proses *tokenizing* untuk memotong string respon yang menyusunnya dan penghapusan tanda baca.
- Penyusunan matriks *A* dan *q* sesuai dengan masing-masing kata yang ditemukan dalam semua kailmat dengan melakukan pemisahan masing-masing kata berdasarkan karakter dan spasi, lalu pengurutan data menurut alfabet kemudian dilakukan penghitungan pada masing-masing kata yang ditemukan.

Kemudian dilakukan proses dekomposisi matriks dengan menggunakan metode *Non-Negative Matrix Factorization*.

- Dilakukan perhitungan bobot *H_i* dan penghitungan *Generic Relevance of Sentences* setelah itu dilakukan pengurutan skor *GRS* tertinggi, Tabel III.

TABEL III. MATRIKS A PADA PROSES CASE FOLDING – TOKENIZING

| Matriks A | Responden 1 | Responden 2 | Responden 3 | Responden 4 |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| paradigma | 0 | 0 | 0 | 0 |
| konsep | 0 | 0 | 0 | 0 |
| object | 0 | 0 | 0 | 0 |
| oriented | 0 | 0 | 0 | 0 |
| program | 0 | 0 | 0 | 0 |
| enkapsulasi | 1 | 1 | 1 | 1 |
| fungsi | 0 | 1 | 1 | 0 |
| data | 0 | 0 | 0 | 0 |
| bungkus | 1 | 0 | 0 | 0 |
| inheritance | 1 | 1 | 1 | 1 |
| waris | 1 | 0 | 1 | 0 |
| turun | 0 | 1 | 0 | 0 |
| polimorfisme | 1 | 1 | 1 | 1 |
| banyak | 1 | 0 | 0 | 0 |
| bentuk | 1 | 0 | 0 | 0 |
| overload | 0 | 0 | 1 | 0 |
| override | 0 | 0 | 1 | 0 |

Kemudian dilakukan pengurutan data berdasarkan abjad guna kemudahan pembacaan data, Tabel IV.

TABEL IV. MATRIKS A PADA PROSES PENGURUTAN

| Matriks A | Responden 1 | Responden 2 | Responden 3 | Responden 4 |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| banyak | 1 | 0 | 0 | 0 |
| bentuk | 1 | 0 | 0 | 0 |
| bungkus | 1 | 0 | 0 | 0 |
| data | 0 | 0 | 0 | 0 |
| enkapsulasi | 1 | 1 | 1 | 1 |
| fungsi | 0 | 1 | 1 | 0 |
| inheritance | 1 | 1 | 1 | 1 |
| konsep | 0 | 0 | 0 | 0 |
| object | 0 | 0 | 0 | 0 |
| oriented | 0 | 0 | 0 | 0 |
| overload | 0 | 0 | 1 | 0 |
| override | 0 | 0 | 1 | 0 |
| paradigma | 0 | 0 | 0 | 0 |
| polimorfisme | 1 | 1 | 1 | 1 |
| program | 0 | 0 | 0 | 0 |
| turun | 0 | 1 | 0 | 0 |
| waris | 1 | 0 | 1 | 0 |

Kemudian dilakukan proses dekomposisi pada matriks a dengan penerapan metode *Non-Negative Matrix factorization* sehingga diperoleh matriks W dan matriks H, Tabel V dan VI.

TABEL V. MATRIKS W

| | | | | | | |
|-------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 0 | 5.6E-05 | 2.07 | 1.98 | 4.31 | 0 | 0.18 |
| 0 | 1.8E-05 | 4.22 | 1.04 | 0.58 | 0 | 1.56 |
| 0 | 0.00039 | 0.29 | 1.49 | 3.03 | 0 | 1.00 |
| 64.40 | 112.23 | 19.47 | 12.22 | 79.82 | 13.70 | 82.49 |
| 56.20 | 0.003 | 4.54 | 0.02 | 0.49 | 177.94 | 0.007 |
| 12.25 | 73.12 | 42.96 | 54.12 | 31.90 | 3.84 | 10.78 |
| 6.66 | 0.13 | 8E-06 | 1.033 | 0 | 0 | 1.67 |
| 16.11 | 0.02 | 1E-06 | 3.37 | 0 | 0 | 0.23 |
| 7.56 | 99.51 | 39.42 | 51.31 | 19.46 | 33.21 | 90.20 |
| 0 | 0 | 0.02 | 0 | 0.36 | 42.60 | 0 |

| | | | | | | |
|------|-------|------|-------|------|---|-------|
| 5.36 | 0.002 | 3.91 | 94.40 | 0.19 | 0 | 21.87 |
|------|-------|------|-------|------|---|-------|

TABEL VI. MATRIKS H

| | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| 1.3E-5 | 0.0006 | 0.003 | 1.6E-05 |
| 0.001 | 0.0007 | 0.002 | 0.004 |
| 0.001 | 0.001 | 0.0004 | 5.8E-05 |
| 0.002 | 3E-06 | 0.002 | 2E-05 |
| 0.002 | 0.001 | 0.0001 | 0.0006 |
| 0 | 0.008 | 0.0005 | 0 |
| 0.002 | 2.4E-06 | 0.002 | 0.0007 |
| 0.008 | 1E-06 | 1E-05 | 7E-06 |
| 7.9E-05 | 0.007 | 6.4E-05 | 5.7E-05 |
| 5.6E-05 | 0.002 | 0.001 | 0.004 |
| 5E-06 | 5.1E-05 | 0.009 | 0 |

Matriks W dan matriks H diatas merupakan matriks yang telah melalui proses *Multiplicative Update Rule Process* sehingga diperoleh matriks diatas. Untuk memperoleh bobot setiap *term* maka dilakukan penghitungan bobot pada matriks H dimasing-masing elemen pada baris matriks, Tabel VII.

TABEL VII. BOBOT TERM MATRIKS H

| Baris i Pada Matriks H | Bobot i |
|------------------------|----------|
| 1 | 0.049514 |
| 2 | 0.119125 |
| 3 | 0.039843 |
| 4 | 0.073758 |
| 5 | 0.056826 |
| 6 | 0.119799 |
| 7 | 0.077204 |
| 8 | 0.119084 |
| 9 | 0.098252 |
| 10 | 0.112491 |
| 11 | 0.134104 |

Kemudian dari pembobotan setiap baris *term* pada matriks H diatas dilakukan pemrosesan dengan penerapan metode *Generic Relevance of Sentences* respon dengan kunci jawaban yang disediakan sehingga, diperoleh bobot pada setiap respon terhadap kunci jawaban pada Tabel VIII.

TABEL VIII. BOBOT GRS RESPON TERHADAP KUNCI JAWABAN

| Respon | Bobot |
|--------|----------|
| 1 | 0.001783 |
| 2 | 0.002277 |
| 3 | 0.002350 |
| 4 | 0.001196 |

Kemudian bobot respon terhadap kunci jawaban tersebut diurutkan berdasarkan nilai bobot tertinggi, Tabel IX.

TABEL IX. URUTAN BOBOT GRS RESPON TERBESAR

| Respon | Bobot |
|--------|----------|
| 3 | 0.002350 |
| 2 | 0.002277 |
| 1 | 0.001783 |
| 4 | 0.001196 |

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode *Non-Negative Matrix Factorization* dan *Generic Relevance of Sentence* dapat digunakan untuk pada eksaminasi berbasis komputer dengan model essay atau *Computer Based Test Essay*, metode ini melakukan pembobotan terhadap sebuah respon yang memiliki hubungan terhadap kunci jawaban yang tersedia pada *dataset*. Dimana, berdasarkan hasil penelitian ini, pada respon 3 memiliki bobot tertinggi yang memiliki tingkat relevansi respon terhadap kunci jawaban lebih tinggi dibanding dengan respon lainnya sehingga dapat dilakukan penilaian pada sistem eksaminasi dengan model *essay* menggunakan metode ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. K. Batcha, "Mining Frequent Patterns using Non-negative Matrix Factorization," no. 1, pp. 1–4, 1999.
- [2] A. Ridok, "PERINGKASAN DOKUMEN BAHASA INDONESIA BERBASIS NON-NEGATIVE MATRIX FACTORIZATION (NMF)," vol. 1, no. 1, pp. 39–44, 2014.
- [3] P. O. Hoyer, "Non-negative matrix factorization with sparseness constraints," vol. 5, pp. 1457–1469, 2004.
- [4] "ORTHOgonALITY-REGULARIZED MASKED NMF FOR LEARNING ON WEAKLY LABELED AUDIO DATA Iwona Sobieraj , Lucas Rencker , Mark D . Plumley University of Surrey Centre for Vision Speech and Signal Processing Guildford , Surrey GU2 7XH , United Kingdom," pp. 2436–2440, 2018.
- [5] D. Metode and F. Matriks, "Implementasi peringkasan otomatis pada dokumen terstruktur dengan metode faktorisasi matriks nonnegatif," no. November, 2017.
- [6] Y. Gong and X. Liu, "Generic text summarization using relevance measure and latent semantic analysis," *Proc. 24th Annu. Int. ACM SIGIR Conf. Res. Dev. Inf. Retr. - SIGIR '01*, pp. 19–25, 2001.
- [7] H. Maharani and M. Sanjaya, "Peringkasan Dokumen dengan Metode Non-Negative Matrix Factorization," vol. 8, no. 2, 1858.
- [8] G. Al-Talib and H. Hassan, "A Study on Analysis of SMS Classification Using TF-IDF Weighting," *Int. J. Comput. Networks Commun. Secur.*, vol. 1, no. 5, pp. 189–194, 2013.
- [9] A. Mishra and S. Vishwakarma, "Analysis of TF-IDF Model and its Variant for Document Retrieval," pp. 772–776, 2015.