



Implementasi Algoritma Multi Group Huffman Dalam Kompresi File Teks Dokumen

Rosanny N Sihombing

Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Budidarma, Medan, Indonesia

Email: rosannysihombing@gmail.com

Email Penulis rosannysihombing@gmail.com

Abstrak– Kemajuan teknologi untuk kompresi data dan informasi telah berkembang pesat pada era digital dan sudah menjadi sebuah kebutuhan yang sangat penting untuk menjalin pertukaran informasi yang cepat. Banyak kemudahan yang diberikan, salah satunya kemudahan dalam penulisan penyimpanan data dokumen dalam bentuk digital. Dengan kemudahan yang ada, tidak berbanding lurus dengan media penyimpanan dokumen digital tersebut karena pesatnya pertumbuhan terhadap data dokumen yang semakin hari semakin besar. Sedangkan dalam penyimpanan yang ada saat ini masih sangat terbatas. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah algoritma multi group huffman. Metode ini bekerja dengan cara melakukan pengkodean dalam bentuk bit untuk mewakili data yang diteliti. Secara umum kompresi data dibedakan menjadi dua jenis yaitu Lossless Data Compression yaitu kompresi data yang tidak mengubah data aslinya dan Lossy Data Compression yaitu kompresi data yang hasil kompresinya tidak sama dengan data aslinya. Metode Multi group huffman termasuk dalam kategori Lossless Data Compression. Huffman adalah salah satu algoritma kompresi. Teknik kompresi Huffman dapat memberikan penghematan dalam penyimpanan. Huffman bekerja berdasarkan frekuensi karakter. Semakin banyak karakter yang sama, semakin tinggi tingkat kompresi yang diperoleh.

Kata Kunci: Implementasi; Algoritma Multi Group Huffman; Kompresi

Abstract– Technological advances for Data and information compression have developed rapidly in the digital era and has become a very important necessity to establish a fast exchange of information. Many conveniences given, one of which is the ease in writing document data storage in digital form. With the existing convenience, it is not directly proportional to digital document storage media due to the rapid growth on document data which is getting bigger and bigger day by day. Meanwhile in existing storage is still very limited. In the research, the method used is a multi group algorithm huffman. This method works by coding in a form bits to represent the data under study. In general data compression is distinguished in two types, namely data compression does not change the original data and lossy data compression is data compression the result of the compression are not the same as the original data. Multi Group Method Huffman falls into the Lossless Data Compression category. Huffman is one of the compression algorithms. Huffman compression technique can provide savings in storage. Huffman works based on the frequency of the characters are the same, the more high level of compression obtained.

Keywords: : Implementation; Huffman Multi Group Algorithm; Compression

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi untuk kompresi data dan informasi telah berkembang pesat pada era digital dan sudah menjadi sebuah kebutuhan yang sangat penting. Banyak kemudahan yang diberikan, salah satunya kemudahan dalam penulisan penyimpanan data dokumen dalam bentuk digital. Dengan kemudahan yang ada, tidak berbanding lurus dengan media penyimpanan dokumen digital tersebut karena pesatnya pertumbuhan terhadap data dokumen yang semakin hari semakin besar. Sedangkan dalam penyimpanan yang ada saat ini masih sangat terbatas.

Saat ini pengiriman informasi secara real-time terkadang masih mengalami kendala. Diantaranya adalah besarnya jumlah data yang harus dikirim melampaui kecepatan transmisi yang dimiliki oleh perangkat keras yang ada, sehingga masih terdapat delay time yang relatif cukup besar, untuk mentransfer file teks dengan ukuran besar akan memerlukan waktu yang relatif lama.

Kompresi data adalah sebuah cara untuk memadatkan data sehingga hanya memerlukan ruang penyimpanan lebih kecil sehingga lebih efisien dalam penyimpanan atau dapat mempersingkat waktu pertukaran data tersebut.

Distribusi file sudah menjadi sebuah kebutuhan, komputer dan smartphone juga digunakan untuk menyimpan atau mendistribusikan file teks. Menyimpan file teks dalam kapasitas sedikit tentu tidak menjadi beban, yang menjadi tantangan dari penggunaan file teks adalah ketika menyimpan atau mendistribusikan dalam kapasitas yang besar, hal ini tentu akan sangat membebani komputer dalam pengalokasian memori, bahkan saat pendistribusian akan menjadi sangat lambat dan tidak efektif.

Masalah ini akan diatasi dengan teknik kompresi. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah algoritma Multi-group Huffman. Metode ini bekerja dengan cara melakukan pengkodean dalam bentuk bit untuk mewakili data yang diteliti. Secara umum kompresi data dibedakan menjadi dua jenis yaitu Lossless Data Compression yaitu kompresi data yang tidak mengubah data aslinya dan Lossy Data Compression yaitu kompresi data yang hasil kompresinya tidak sama dengan data aslinya. Metode Multi-group Huffman termasuk dalam kategori Lossless Data Compression[1].

Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Monica Borda[2] terhadap kompresi dengan metode Multi-group Huffman, menyebutkan bahwa dengan metode ini, maka keaslian objek yang dikompresi sangat terjamin. Dalam penelitiannya juga menyebutkan bahwa metode ini baik diterapkan dalam database.



2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Defenisi Kompresi

Kompresi memiliki arti memperkecil ukuran atau memampatkan. Kompresi merupakan suatu proses pengkodean informasi menggunakan bit atau unit pembawa informasi yang lebih rendah dari pada representasi data yang tidak terkodekan dengan sistem encoding tertentu, sehingga data yang dikompresi lebih kecil sehingga dapat mempersingkat waktu dalam transmisi data tersebut. Umumnya proses kompresi ini dilakukan atau diterapkan pada sebuah komputer.[1]

Terdapat banyak metode untuk kompresi data. Lossy dan Lossless Compression adalah pengelompokan metode kompresi berdasarkan keutuhan data. Lossy Compression menghilangkan beberapa data untuk memperoleh kompresi yang lebih baik, seperti Linear Predictive Coding, A-Law Algorithm, Mu-Law Algorithm, Fractal Compression dan lain-lain. Ketika proses kompresi sudah dilakukan maka output yang dihasilkan tidak sama dengan data aslinya. Metode kompresi ini lebih efektif untuk mengkompresi data gambar, video atau audio, sedangkan Lossless Compression tidak menghilangkan data sama sekali, sehingga cocok untuk mengkompresi data berupa teks.[2]

2.2. Algoritma

Secara sederhana algoritma adalah urutan langkah yang logis untuk menyelesaikan masalah tertentu. Yang ditekankan adalah urutan langkah logis, yang berarti algoritma harus mengikuti suatu urutan tertentu, tidak boleh melompat-lompat. Secara definisi, algoritma adalah alur pemikiran logis yang dapat dituangkan kedalam bentuk tulisan, yang ditekankan pertama adalah alur pikiran, sehingga algoritma seorang dapat berbeda dengan algoritma lain. Sedangkan penekanan kedua adalah tertulis, dapat berisi kalimat, gambar, atau tabel tertentu. Gambar atau simbol-simbol dalam algoritma sering disebut flowchart.

2.3. Algoritma Huffman

Algoritma Huffman adalah algoritma yang dikembangkan David A Huffman. Algoritma Huffman menggunakan prinsip pengkodean yang mirip dengan kode morse yaitu tiap karakter (symbol) dikodekan hanya dengan rangkaian beberapa bit, dimana karakter yang sering muncul dikodekan dengan rangkaian bit yang lebih panjang, karena prosesnya yang menggunakan kode ini, membuat algoritma Huffman sebagai algoritma keluarga dengan variabel codeword length. Algoritma Huffman termasuk kedalam kelas algoritma yang menggunakan metode static, yaitu metode yang selalu menggunakan peta kode yang sama. Metode ini membutuhkan dua fase, dimana fase pertama untuk menghitung probabilitas kemunculan tiap simbol dan menentukan peta kodenya, dan fase kedua untuk mengubah pesan menjadi kumpulan kode yang akan ditransmisikan. Dalam mengkompresi dilakukan dengan menggunakan pemilihan algoritma Huffman. Karena metode Huffman merupakan salah satu teknik kompresi dengan cara melakukan pengkodean dalam bentuk bit untuk mewakili data dan karakter.

Cara kerja algoritma metode ini adalah sebagai berikut[3]:

- Menghitung banyaknya jenis karakter dan jumlah dan jumlah dari masing-masing karakter yang terdapat dalam sebuah file.
- Menyusun setiap jenis karakter dengan urutan jenis karakter yang jumlahnya paling sedikit ke yang jumlahnya paling banyak.
- Membuat pohon biner berdasarkan urutan karakter dari yang jumlahnya terkecil ke yang terbesar, dan memberi kode untuk tiap karakter.
- Mengganti data yang ada dengan kode bit berdasarkan pohon biner.
- Menyimpan jumlah bit untuk kode bit yang terbesar, jenis karakter yang diurutkan dari frekuensi keluarnya terbesar ke terkecil beserta data yang sudah berubah menjadi kode bit sebagai data hasil kompresi

2.4 Multi Group Huffman

Jenis pengkodean ini digunakan untuk sumber yang menghasilkan aliran karakter yang termasuk dalam yang termasuk dalam kelas terpisah, misalnya sumber menghasilkan huruf burst diikuti dengan angka dan kemudian dengan spasi kosong. Saat merancang encoder semacam itu, sebuah pohon disiapkan untuk kelas simbol. Simbol kegagalan kemudian ditambahkan kesetiap pohon. Setiap karakter diberi kode dengan mempertimbangkan pohon Huffman saat ini. Dalam kasus ini ketika karakter dapat ditemukan dipohon tertentu, kode yang sesuai akan dikirim, jika tidak kode yang sesuai dengan karakter kegagalan dikirim dengan menunjuk ke pohon lain. Aplikasi tingkat lanjut jenis ini dapat ditemukan di driver sistem database[3].

Teknik ini membantu dalam kasus dimana ada lebih dari satu sumber yang menghasilkan pola untuk dikodekan. Ini dapat menghasilkan serangkaian huruf, diikuti oleh serangkaian angka dan ini pada gilirannya dapat diikuti oleh serangkaian spasi. Dengan demikian, data dari berbagai jenis. Masing-masing jenis dikodekan sebagai pohon biner yang terpisah. Kode yang akan diterjemahkan di pohon biner.

Kompresi multigroup lebih unggul daripada pengkodean Huffman, memberikan peningkatan rata-rata 25% dalam rasio kompresi dibandingkan metode Huffman. Memperluas pendakatan desain bagian 2 ke teknik multi group menyediakan alat cepat dengan efisien kompresi tinggi yang ideal untuk transmisi data dan penyimpanan data basis data besar. Pertama-tama kita akan menjelaskan ide dasar teknik multigroup, ~, misalnya. Pertimbangan set 7

karakter yang disederhanakan: X, Y, Z, 1, 2, 3, b (dimana b menunjukkan karakter kosong). Tabel 1 memberikan probabilitas kemunculan karakter-karakter ini dan skema huffman untuk pengkodeannya[5]. Serangkaian yang disederhanakan dan kode Huffman-nya

Tabel 1. kode huffman

Character	Probability	Huffman's code
x	0.1	00
y	0.1	0011
z	0.1	0010
1	0.3	01
2	0.1	101
3	0.1	100
B	0.2	11

Menurut Tabel 1, string S1 (dari 20 karakter) yang diberikan dibawah ini S1 = XYZXYZbbbbllll123123123 dapat dikodekan dalam 54 bit. Jika sekarang kita menggunakan kompresi multigroup untuk memanfaatkan lokalitas kemunculan karakter, kita dapat membagi set ini menjadi tiga grup (lokal): grup lokal digit, grup lokal alfabet, dan grup lokal kosong seperti yang ditunjukkan pada Tabel.2. Di masing-masing grup ada karakter imajiner tambahan (dilambangkan dengan simbol "&") yang digunakan sebagai indikator sakelar (yaitu, untuk menunjukkan bahwa karakter selanjutnya bukan milik grup ini). Setiap grup lokal diperlakukan sebagai set terpisah dan kode lokalnya sesuai dengan pohon Huffman dari grup itu (node indikator sakela diberi bobot sesuai dengan frekuensi Switching diantara ketiga grup). Selain itu, seperangkat kode lain (disebut kode sakelar) digunakan untuk menunjukkan grup tempat karakter berikutnya. Tabel 3 menunjukkan kode sakelar untuk contoh Tabel 1. Dalam kasus lebih dari tiga kelompok, kode sakelar juga dibangun sebagai pohon Huffman[5].

Kode lokal dari set yang disederhanakan

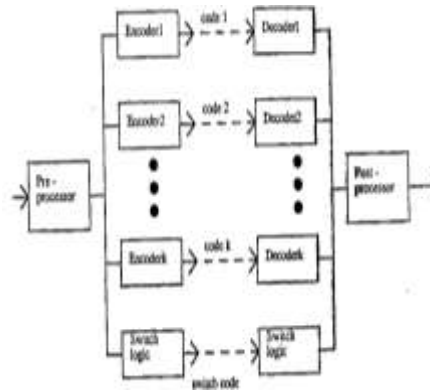
Tabel 2. kode lokal dari set yang disederhanakan

Group	Character	Local code
ALPHA	X	01
	Y	11
	Z	10
	&	00
DIGIT	1	0
	2	101
	3	100
	&	11
	b	1
BLANK	&	0

Beralih kode dari himpunan yang disederhanakan

Tabel 3. kode himpunan yang disederhanakan

Current group	Switchcode	Newgroup
ALPHA	1	DIGIT
ALPHA	0	BLANK
DIGIT	1	ALPHA
DIGIT	0	BLANK
BLANK	1	DIGIT
BLANK	0	ALPHA

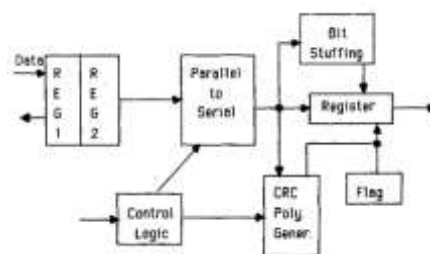


Gambar 1. perangkat keras untuk kompresi multigroup

Jadi string "XYZbb!" akan dikodekan dalam 14 bit sebagai berikut (asumsi kontrol dimulai pada grup alfabet)[5]

1 Kode lokal x
11 Kode lokal y
10 Kode lokal z
0 Kode indikator alfa beralih
0 Beralih dari alfa ke blank
1 Kode lokal kosong
1 Kode lokal kosong
0 kode indikator sakelar kosong
1 Beralih dari kosong ke digit 0 kode lokal 1

Menggunakan skema Tabel 2 dan 3, string S1 yang diberikan sebelumnya sekarang dapat dikodekan dalam 39 bit (dibandingkan dengan 54 bit menggunakan skema Huffman dari Tabel 1). Salah satu pendekatan yang mungkin untuk implementasi perangkat keras kompresi multi-kelompok ditunjukkan pada Gambar. 1. Dalam pendekatan ini, unit encoder (decoder) yang berbeda yang beroperasi secara paralel digunakan; setiap encoder mewakili satu kelompok lokalitas dan didasarkan pada logika modul pohon yang disajikan pada bagian 2. Segera setelah sirkuit preprosesor mendeteksi perubahan lokalitas selama proses kompresi, ia mengirimkan sinyal kontrol ke logika switch yang mengirimkan kode sakelar khusus dan lalu aktifkan enkoder yang sesuai untuk grup lokalitas baru. Salah satu pembuat enkode aktif pada waktu tertentu. Pada akhir decoding (dekompresi), kode sakelar khusus dideteksi oleh postprocessor yang mengenali langkah decoding dummy dan mengaktifkan decoder yang sesuai untuk grup lokalitas berikutnya. Laju kompresi perangkat keras ini sangat mirip dengan logika yang disajikan pada bagian 2. Dimungkinkan untuk mengganti encoders dari Gambar. 2 oleh encoder tunggal yang modul pohonnya adalah gabungan dari masing-masing pohon lokalitas. Dalam hal ini, setiap node dalam modul tree memegang beberapa bit kontrol yang dapat diatur sebelum proses pengkodean. Bit-bit ini akan menentukan kode apa dari beberapa kode grup yang seharusnya dihasilkan oleh pembuat kode[5].



Gambar 2. Logika transmisi dalam pengontrol komunikasi

2.5 File Teks

Teks adalah kumpulan karakter – karakter atau string yang menjadi satu kesatuan. File teks merupakan file yang berisi informasi-informasi dalam bentuk teks. Data yang berasal dari dokumen pengolahan kata, angka yang digunakan dalam perhitungan, nama dan alamat dalam basis data merupakan contoh masukan data teks yang terdiri dari karakter, angka dan tanda baca. Format teks yang digunakan dalam penelitian adalah format data dokumen (*.txt.).[2]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan tahapan perancangan maka akan dilakukan tahapan analisa. Tahapan analisa merupakan tahap yang sangat menentukan terhadap tahap selanjutnya. Analisa penguraian dari suatu sistem yang utuh kedalam bagian-bagian komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan sehingga permasalahan dapat dipahami dengan benar, tahap ini sangat penting untuk mengetahui proses yang terjadi didalam aplikasi yang akan di rancang, dalam hal ini peneliti menggunakan algoritma Multi-Group Huffman untuk mengkompresi file teks. Teknik Multi-Group Huffman merupakan file dengan cara membagi beberapa bagian file menjadi group-group yang mana setiap group akan dikompres dengan algoritma Huffman. Penggunaan teknik Multi-Group Huffman akan dilakukan berdasarkan karakter yang sering muncul dan akan memiliki jumlah bit terkecil berdasarkan kode Multi-group Huffman, Sedangkan karakter paling sedikit muncul akan memiliki jumlah bit terpanjang, lalu dimasukkan kedalam tabel kode Multi-Group Huffman diurutkan berdasarkan jumlah karakter yang paling banyak. Dalam penelitian ini akan yang akan dibahas adalah bagaimana cara kerja algoritma Multi-Group Huffman dalam mengkompres file teks dengan menggunakan analisis kompresi. File teks yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah file txt.

File teks dokumen mempunyai ukuran yang cukup besar, semakin banyak karakter yang terdapat dalam file, maka semakin besar pula tempat penyimpanannya dan proses transmisi yang dibutuhkan juga semakin besar.

1. Contoh Kasus

Dalam penelitian ini, penulis akan membahas file teks dokumen dengan menghitung banyak karakter dan frekuensi kemunculan setiap karakter pada data, dan jumlah kemunculan teks dokumen. Dokumen yang dianalisa berisi teks “Saya mahasiswa budidarma dan jurusan saya Teknik Informatika saya kuliah pagi dan saya anak semester delapan. Saya suka mengikuti organisasi yang ada dikampus Keluarga Mahasiswa Kristen.” Dengan demikian isi teks dibagi 3 grup, yaitu

Teks g1 “Saya mahasiswa budidarma dan jurusan saya Teknik Informatika”.

Teks g2 “saya kuliah pagi dan saya anak semester delapan.”

Teks g3 “Saya suka mengikuti organisasi yang ada dikampus Keluarga Mahasiswa Kristen.”

Proses untuk Teks g1

“Saya mahasiswa budidarma dan jurusan saya Teknik Informatika”.

Dari teks diatas dapat digunakan untuk mendapatkan frekuensi kemunculan setiap karakter dan frekuensi yang tertinggi, karakter **a** sebanyak 13 kali kemunculan.

Tabel 4. Frekuensi nilai secara descending

karakter	frekuensi
A	13
space	7
s	5
i	5
n	4
u	3
d	3
r	3
m	3
k	3
y	2
t	2
h	1
w	1
b	1
j	1
e	1
f	1
o	1
/n	1

Penandaan kode biner di atas berguna untuk Huffman coding yang berurutan sesuai dengan tree.

Cara pembuatan pohon Huffman :

1. Tampilkan semua nilai dan frekuensi



2. Pilih pasangan yang terkecil I(1) dan B(1)



3. Gabungkan I(1) dan B(1) menjadi 2



Tabel 5. Penandaan kode biner group pertama

karakter	frekuensi	Assignment
a	13	01
space	7	100
s	5	1110
i	5	1101
n	4	1011
u	3	0000
d	3	0001
r	3	0010
m	3	11111
k	3	11110
y	2	10100
t	2	10101
h	1	001100
w	1	001101
b	1	001111
j	1	110011
e	1	110000
f	1	110001
o	1	001110
/n	1	110010

Setelah pohon huffman dibentuk diberikan tanda bit 0 dan 1 pada setiap cabang Huffman. Berdasarkan uraian diatas dihasilkan data biner sebagai berikut:

Biner awal data yang digunakan:

Diberi awal data yang digunakan

11001110	10000110	10011110	10000110	00000100	10110110	10000110	00001010	10000110	11001110	10010110	11001	
11011101	1110	10000110	00000100	000110	10101110	000100110	10010110	000100110	10000110	00011101	10110110	10
000110	00000100	00110	10000110	011101	1000000100	01010110	10101110	01001110	10101110	11001110	1000011	
0011101	1000000100	11001110	10000110	10011110	10000110	000000100	000101110	10100110	11010110	01110110	1001	
01101101	10110	00000100	10010110	01110110	01100110	11110110	01001110	10110110	10000110	000101110	10010110	
1010110	10000110	01010000										

Pengubahan data group pertama hexadesimal

111001101000110011111010011000011110111011100011010110000111100000001101000101001011111011000
 00101101110011001100000010000011100110111001110011010001100101011100001110101111011111010011
 01101111000100111000101111101101011101111001110010

Ratio hasil kompresi

Untuk mengetahui selisih hasil kompresi dapat dilakukan dengan rumus rasio berikut:

$$\text{Rasio} = [\text{hasil kompresi} / \text{data asli}] * 100\%$$

Sebelumnya, diketahui hasil kompresi di atas dari setiap grup ditambah penghubung sebanyak 2 kali 8bit (10000001) adalah 2 Byte. Jumlah semua hasil kompresi tanpa penghubung adalah 91 Byte. Dengan demikian perubahan terjadi



sebesar 91 Byte + 2 Byte menjadi 93 Byte hasil kompresi dari teks yang sebelumnya diketahui 187 Byte. Maka ratio kompresi adalah hasil kompresi dibagi jumlah teks asli dikali 100% , yaitu 0.497 adalah nilai rasio kompresi tersebut

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan perancangan aplikasi kompresi file teks dokumen dengan menerapkan algoritma multi group huffman adalah :

1. Prosedur untuk mengkompres file teks dimulai dari memilih file teks yang akan di kompresi, lalu file tersebut akan dikompres dengan algoritma multi group huffman sehingga menghasilkan sebuah file yang terkompres yang memiliki ukuran yang lebih kecil.
2. Penerapan algoritma multi group huffman untuk kompresi file teks dilakukan dengan membaca nilai heksa desimal dari suatu file teks lalu merubah heksa tersebut menjadi nilai bit baru berupa bilangan biner.
3. Perancangan aplikasi kompresi file teks dilakukan dengan menggunakan microsoft visual basic 2008 ..

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

REFERENCES

- [1] M. Luh Made Yulyantari, S.Kom., M.Pd. , IGKG Puritan Wijaya ADH, S.Kom., Manajemen Model Pada Sistem Pendukung Keputusan. Yogyakarta: ANDI (Anggota IKAPI), 2019.
- [2] Kusriani M.kom, Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET, 2007.
- [3] M. K. Yasir Hasan, "Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process Dalam Menentukan Kelayakan Guru Penerima Umrah," vol. 3, 2018.
- [4] Domiri, "ANALISIS TENTANG SISTEM PERADILAN AGAMA DI INDONESIA," vol. 46, 2016.
- [5] K. D. Maisari, D. Andreswari, and R. Efendi, "IMPLEMENTASI METODE TOPSIS DENGAN PEMBOBOTAN ENTROPY UNTUK PENENTUAN CALON PENERIMA BANTUAN SISWA MISKIN (BSM) APBD KOTA BENGKULU (Studi Kasus: SMAN 8 Kota Bengkulu)," J. Rekursif, vol. 5 No.2 Jul, no. 2303–0755, p. 16, 2017.
- [6] S. Yohanna Silalahi, Mesran, Taronisokhi Zebua, "PENERAPAN THE EXTENDED PROMETHEE II (EXPROM II) UNTUK PENETUAN PRODUK DISKON," vol. 1, 2017.
- [7] Munawar, Pemodelan Visual dengan UML. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2005.
- [8] R. T.Djaelangkara, "Perancangan Sistem Informasi Akademik Sekolah Berbasis Web Studi Kasus Sekolah Menengah Atas Kristen 1 Tomohon," e-jurnal Tek. Elektro dan Komput., no. 2301–8402, 2015.
- [9] A. S. Rosa and M.Shalahuddin, Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek. Bandung: Penerbit Informatika Bandung, 2014.
- [10] A. Kadir, Dasar Perancangan dan Implementasi. Yogyakarta: Andi, 2008.
- [11] S. Adi, Ice Breaker Permainan Atraktif-Edukatif. Yogyakarta: Andi offset, 2010.
- [12] M. Bobbi, K. Nasution, A. Karim, and S. Esabella, "Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Ketua Program Studi Menerapkan Metode WASPAS dengan Pembobotan ROC," vol. 4, no. 1, pp. 130–136, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i1.1619.
- [13] A. Karim, S. Esabella, T. Andriani, and M. Hidayatullah, "Penerapan Metode Multi-Objective Optimization on the Basis of Simple Ratio Analysis (MOOSRA) dalam Penentuan Lulusan Mahasiswa Terbaik," vol. 4, no. 1, pp. 162–168, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i1.1630.
- [14] N. Oktari, D. P. Utomo, S. Aripin, and A. Karim, "Penerapan Metode Operational Competitiveness Rating Analysis (OCRA) Dalam Penerimaan Karyawan Perjanjian Kerja Waktu Tertentu (PKWT)," vol. 3, no. 3, pp. 218–226, 2022, doi: 10.47065/josh.v3i3.1471.
- [15] A. Karim, S. Esabella, M. Hidayatullah, and T. Andriani, "Sistem Pendukung Keputusan Aplikasi Bantu Pembelajaran Matematika Menggunakan Metode EDAS," vol. 4, no. 3, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i3.2494.
- [16] M. Bobbi, K. Nasution, S. Suryadi, and A. Karim, "Sistem Pendukung Keputusan Dalam Rekomendasi Kelayakan nasabah Penerima Kredit Menerapkan Metode MOORA dan MOOSRA," vol. 4, no. 3, pp. 1284–1292, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i3.2610.