



PENERAPAN ALGORITMA HUFFMAN DALAM SISTEM PENYIMPANAN DIGITAL BERBASIS WEB

Ahmad Hambali

ahmadhambali@mhs.unhasy.ac.id

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Iftitaahul Mufarrihah

iftitaahulumufarrihah@unhasy.ac.id

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Indana Lazulfa

indanalazulfa@unhasy.ac.id

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Sri Widoyoningrum

sriwidoyoningrum@unhasy.ac.id

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Alamat: Jl. Irian Jaya No.55, Cukir, Kec. Diwek, Kabupaten Jombang, Jawa Timur

Korespondensi penulis: *ahmadhambali@mhs.unhasy.ac.id*

Abstract. *This study aims to develop a web-based digital storage system by implementing the Huffman algorithm for data compression processes. The system is designed to improve storage efficiency by reducing the size of files. The Huffman algorithm was selected due to its ability to generate optimal binary representations based on the frequency of character occurrences within the data. Testing on several document files showed that the average percentage of file size reduction reached approximately 38%, with text-based files such as .docx, .xlsx, .pptx, and .pdf demonstrating significant compression efficiency. The system also provides an intuitive user experience with a simple interface design, including features such as compressed file previews and easy file management mechanisms. With this system, it is expected that the digital archive management at Pondok Pesantren Roudlotul Qur'an Darul Falah 3 can be conducted more efficiently and with reduced storage space usage.*

Keywords: *Huffman Algorithm, Compression, Digital Storage.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah sistem penyimpanan digital berbasis web dengan menerapkan algoritma Huffman dalam proses kompresi data. Sistem ini dibangun untuk meningkatkan efisiensi penggunaan ruang penyimpanan dengan cara mengurangi ukuran file. Algoritma Huffman dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan representasi biner yang optimal berdasarkan frekuensi kemunculan karakter dalam data. Hasil pengujian terhadap beberapa file dokumen menunjukkan bahwa rata-rata persentase pengurangan ukuran file mencapai sekitar 38%, dengan file berbentuk teks seperti .docx, .xlsx, .pptx, dan .pdf menunjukkan efisiensi kompresi yang signifikan. Sistem ini juga memberikan pengalaman pengguna yang intuitif dengan desain antarmuka sederhana, termasuk fitur preview hasil kompresi serta mekanisme pengelolaan file yang mudah. Dengan adanya sistem ini, diharapkan manajemen arsip digital di Pondok Pesantren Roudlotul Qur'an Darul Falah 3 dapat dilakukan dengan lebih efektif dan hemat ruang penyimpanan.

Kata kunci: Algoritma Huffman, Kompresi, Penyimpanan Digital.

LATAR BELAKANG

Dalam era digital yang semakin berkembang, efisiensi dan keamanan dalam pengelolaan data menjadi kebutuhan penting bagi berbagai institusi, termasuk lembaga pendidikan berbasis pesantren. Pondok Pesantren Roudlotul Qur'an Darul Falah 3 masih memiliki keterbatasan dalam adopsi teknologi informasi, salah satu masalah yang terjadi adalah penggunaan metode penyimpanan data yang konvensional, seperti dokumen fisik

atau penyimpanan manual yang cenderung tidak terstruktur dan berisiko. Di era digital ini, ketergantungan pada cara konvensional tidak lagi efektif untuk menangani data dengan kompleksitas tinggi dan volume yang terus meningkat. Teknologi telah menjadi alat yang sangat berharga dalam memperluas akses terhadap informasi, meningkatkan efisiensi, dan memfasilitasi inovasi di pesantren (Anwar, 2023).

Untuk menjawab tantangan ini, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem penyimpanan digital berbasis web yang mengintegrasikan algoritma kompresi Huffman. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya dalam melakukan kompresi data secara lossless, yakni tanpa kehilangan informasi asli, sehingga cocok untuk kebutuhan penyimpanan dokumen penting secara efisien (Yonathan et al., 2021). Penelitian terdahulu yang relevan dengan topik kompresi data menggunakan algoritma Huffman menunjukkan keefektifan metode ini dalam berbagai konteks. Siagian, Sony (2022) dalam penelitian mengenai kompresi file audio Wave menggunakan metode Huffman menemukan bahwa algoritma tersebut mampu mengurangi ukuran file hingga 20-40%. Sementara itu, penelitian oleh Bukhori, Erwan (2021) mengaplikasikan algoritma Huffman untuk sistem kompresi data pada muatan roket. Hasilnya menunjukkan bahwa metode ini dapat mengompresi data hingga 41,25% dari ukuran aslinya.

Secara keseluruhan, penelitian ini mengajukan konsep sistem penyimpanan digital berbasis web dengan algoritma kompresi Huffman sebagai solusi inovatif bagi Pondok Pesantren Roudlotul Qur'an Darul Falah 3. Dengan kemampuan kompresi yang optimal dan keamanan yang lebih baik, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem informasi yang mendukung efisiensi pengelolaan data di lingkungan pesantren. Kesimpulannya, melalui pengembangan sistem ini, Pondok Pesantren Roudlotul Qur'an Darul Falah 3 dapat bertransformasi menuju era digital yang lebih aman, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan pengelolaan data modern yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini menggunakan Algoritma Huffman. Algoritma Huffman adalah teknik kompresi yang tidak mengubah informasi data dari aslinya. Algoritma Huffman diperkenalkan oleh David A. Huffman seorang mahasiswa MIT dalam papernya yang berjudul "A Method for the Construction of Minimum- Redundancy Codes" dan diterbitkan pada tahun 1952. Prinsip kode Huffman adalah karakter yang paling sering muncul di dalam data dikodekan dengan kode yang jumlah bitnya lebih sedikit, sedangkan karakter yang jarang muncul dikodekan dengan kode yang jumlah bitnya lebih panjang (Sodikin et al., 2022). Pada metode Huffman karakter-karakter yang menggunakan bentuk ASCII (American standard for information interchange) akan diubah ke dalam bentuk bit-bit yakni 0 dan 1 (Pujiyanto et al., 2020). Berikut adalah alur dari Algoritma Huffman.



Gambar 1 Alur Proses Kompresi Huffman

Sebagai contoh sebuah file yang akan di kompresi berisi karakter “AAABBC”. Tahapan proses kompresi algoritma Huffman adalah sebagai berikut :

1. Hitung banyaknya jenis karakter dan frekuensi dari masing masing karakter yang terdapat dalam sebuah file.

$$A = 3$$

$$B = 2$$

$$C = 1$$

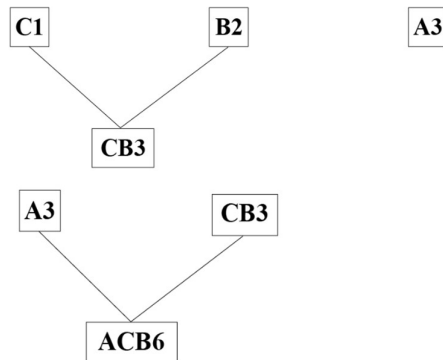
2. Susun setiap jenis karakter dengan urutan yang dimulai dari frekuensi terendah hingga frekuensi tertinggi.

C1

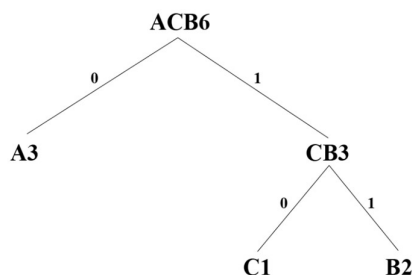
B2

A3

3. Pasangkan karakter-karakter yang memiliki frekuensi tertinggi hingga tersisa satu simpul akhir yang menggabungkan semua karakter. Simpul ini kemudian menjadi puncak pohon biner, dengan setiap cabang mewakili jalur pengkodean karakter.



4. Buat pohon biner berdasarkan simpul akhir yang telah terbentuk, di mana setiap simpul internal dan daun merepresentasikan kombinasi frekuensi dan karakter-karakter yang dikodekan. Pastikan setiap cabang kiri diberi kode 0 dan setiap cabang kanan diberi kode 1.



5. Urutkan karakter dengan kode bit berdasarkan pohon biner.

A	A	A	B	B	C
0	0	0	11	11	10

Dalam kode ASCII karakter “AAABBC” masing-masing dikodekan seperti berikut:

A	A	A	B	B	C
01000001	01000001	01000001	01000010	01000010	01000011
Total = 48 bit					

Setelah diproses menggunakan kode Huffman diperoleh :

A	A	A	B	B	C
0	0	0	11	11	10
Total = 9 bit					

Total bit dalam karakter tersebut pada awalnya berjumlah 48 bit. Namun ketika selesai melewati proses kompresi dengan algoritma Huffman, bit yang terdapat pada karakter tersebut hanya berjumlah 9 bit. Dengan algoritma Huffman berarti file yang berisi karakter “AAABBC” dapat dihemat $(48 - 9) = 39$ bit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan algoritma Huffman dalam sistem penyimpanan digital berbasis web terbukti mampu memberikan hasil yang signifikan dalam efisiensi ukuran file. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa setiap file yang dikompresi mengalami penurunan ukuran secara konsisten, yang berimplikasi langsung pada penghematan ruang penyimpanan dan

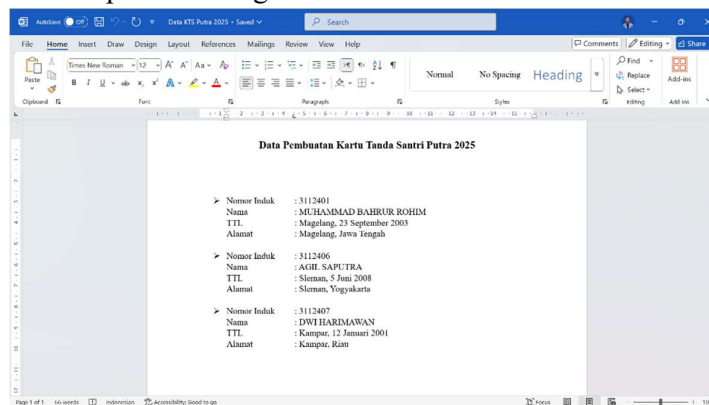
peningkatan kinerja sistem dalam pengelolaan dokumen digital. Efektivitas ini menjadi indikator bahwa algoritma Huffman dapat diandalkan dalam menangani kebutuhan kompresi data di lingkungan pesantren. Berikut tabel perbandingan ukuran file sebelum dan setelah di kompresi menggunakan Huffman.

Tabel 1 Perbandingan ukuran file

No	Nama File	Sebelum Kompresi	Setelah Kompresi	Persentase Pengurangan
1	Data Kartu Tanda Santri Putra 2025.docx	2808 bit	1746 bit	37,82%
2	Data Santri Putri.xlsx	69216 bit	43082 bit	37,76%
3	LPJ Pengurus Putra.docx	30480 bit	18780 bit	38,39%
4	Keluarga Kyai.pptx	29576 bit	18670 bit	36,87%
5	Surat Rapat Wali Santri.pdf	10136 bit	5985 bit	40,95%

Hasil pengujian terhadap lima file dengan format yang berbeda menunjukkan bahwa algoritma Huffman mampu mengurangi ukuran file secara signifikan. Data yang dikumpulkan menunjukkan persentase pengurangan ukuran file antara 36,87% dan 40,95%, dengan rata-rata 38,36%. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan algoritma Huffman dalam sistem penyimpanan digital berbasis web mampu meningkatkan efisiensi ruang penyimpanan secara efektif.

Berikut adalah isi dari file dengan nama Data Kartu Tanda Santri (KTS) Putra 2025 yang akan dikompresi oleh algoritma huffman.



Gambar 2 Data pembuatan KTS putra

Implementasi algoritma huffman pada file Data Kartu Tanda Santri (KTS) Putra 2025 dimulai dengan menghitung frekuensi setiap karakter dan mengurutkan dari frekuensi terendah hingga terbesar.

Tabel 2 Frekuensi karakter dari file KTS putra

No	Karakter	Frekuensi	Biner
1	B	1	01000010
2	O	1	01001111

**PENERAPAN ALGORITMA HUFFMAN DALAM SISTEM
PENYIMPANAN DIGITAL BERBASIS WEB**

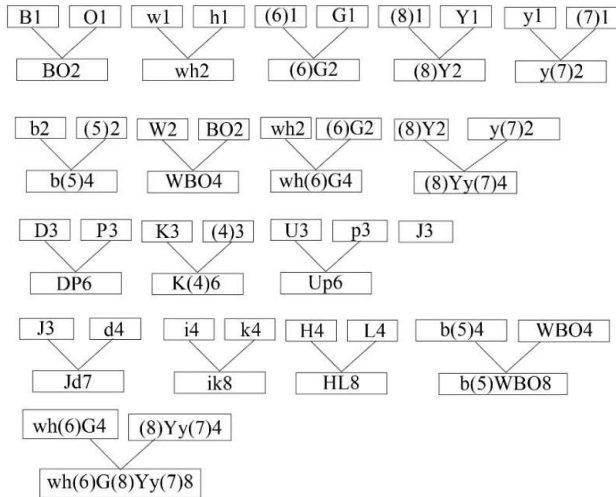
3	w	1	01110111
4	h	1	01101000
5	6	1	00110110
6	G	1	01000111
7	8	1	00111000
8	Y	1	01011001
9	y	1	01111001
10	7	1	00110111
11	b	2	01100010
12	5	2	00110101
13	W	2	01010111
14	D	3	01000100
15	P	3	01010000
16	K	3	01001011
17	4	3	00110100
18	U	3	01010101
19	p	3	01110000
20	J	3	01001010
21	d	4	01100100
22	i	4	01101001
23	k	4	01101011
24	H	4	01001000
25	L	4	01001100
26	S	5	01010011
27	3	5	00110011
28	R	6	01010010
29	g	6	01100111
30	,	6	00101100
31	N	7	01001110
32	o	7	01101111
33	I	7	01001001
34	M	7	01001101
35	l	7	01101100
36	e	9	01100101
37	u	9	01110101
38	T	9	01010100
39	1	9	00110001
40	t	10	01110100
41	2	10	00110010
42	0	10	00110000
43	r	11	01110010
44	(tab)	12	00001001
45	:	12	00111010
46	A	12	01000001
47	n	13	01101110
48	m	15	01101101
49	a	40	01100001
50	(spasi)	50	00100000

Total Frekuensi Karakter
Total Bit

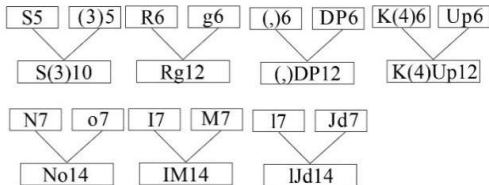
351
2808

Langkah berikutnya menggabungkan karakter-karakter dari frekuensi paling kecil secara berurutan hingga terbentuk satu simpul akhir yang mencakup semua karakter. Simpul inilah yang nantinya menjadi akar dari pohon biner, di mana setiap percabangannya menentukan kode biner untuk masing-masing karakter. Dalam proses ini dilakukan beberapa tahap yaitu sebagai berikut.

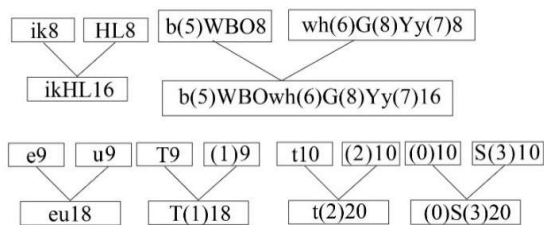
1. Menggabungkan karakter yang memiliki frekuensi 1 sampai 4



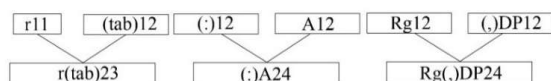
2. Menggabungkan karakter yang memiliki frekuensi 5 sampai 7

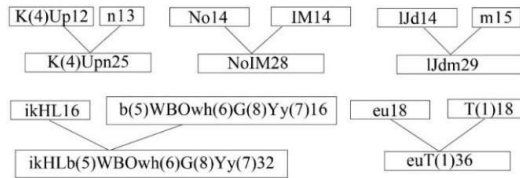


3. Menggabungkan karakter yang memiliki frekuensi 8 sampai 10

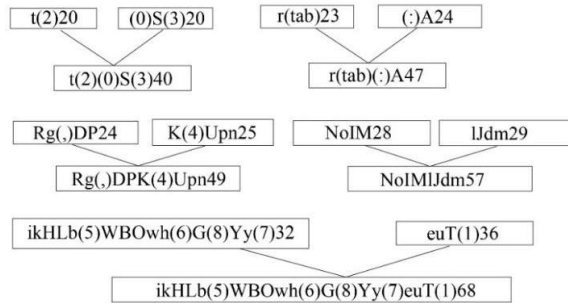


4. Menggabungkan karakter yang memiliki frekuensi 11 sampai 18

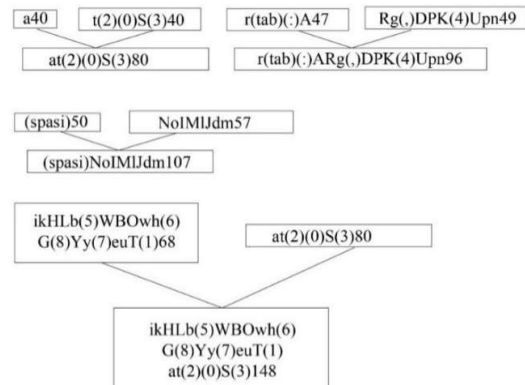




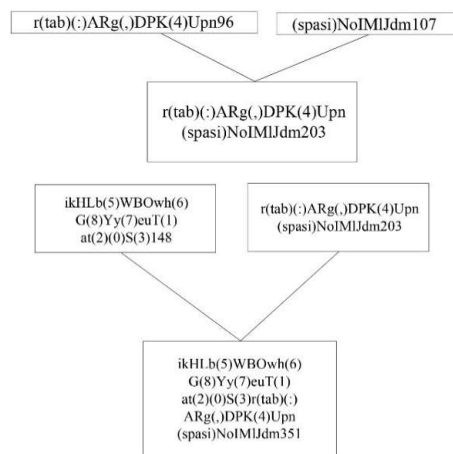
5. Menggabungkan karakter yang memiliki frekuensi 20 sampai 36



6. Menggabungkan karakter yang memiliki frekuensi 40 sampai 80

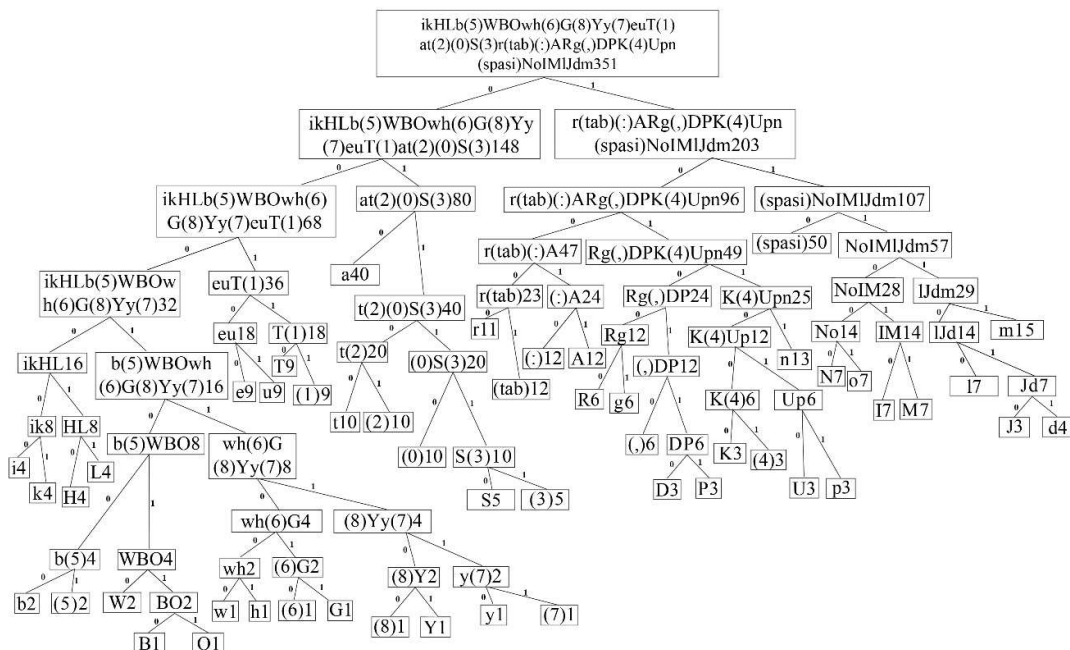


7. Menggabungkan karakter yang memiliki frekuensi 96 sampai 203



Langkah berikutnya adalah membangun pohon biner dengan menggabungkan simpul-simpul berdasarkan frekuensi terendah. Dalam pembentukan pohon ini, cabang

kiri harus diberi kode biner 0 dan cabang kanan diberi kode biner 1, sehingga setiap jalur dari akar ke daun menghasilkan kode unik untuk setiap karakter.



Langkah selanjutnya adalah menentukan kode biner untuk setiap karakter. Kode biner ini diperoleh dengan menelusuri jalur dari akar pohon ke setiap daun, di mana setiap langkah ke kiri diberi nilai 0 dan ke kanan diberi nilai 1. Hasil akhir dari proses ini adalah representasi setiap karakter dalam bentuk kode biner yang lebih efisien. Tabel berikut menyajikan daftar karakter beserta kode biner hasil dari pohon Huffman yang telah dibentuk.

Tabel 3 Hasil kode biner dari file kts putra

<i>Symbol</i>	<i>Frequency</i>	<i>Binary</i>	<i>Total Binary</i>
B	1	00010110	8
O	1	00010111	8
w	1	00011000	8
h	1	00011001	8
6	1	00011010	8
G	1	00011011	8
8	1	00011100	8
Y	1	00011101	8
y	1	00011110	8
7	1	00011111	8
b	2	0001000	14
5	2	0001001	14
W	2	0001010	14
D	3	1010110	21
P	3	1010111	21
K	3	1011000	21
4	3	1011001	21
U	3	1011010	21

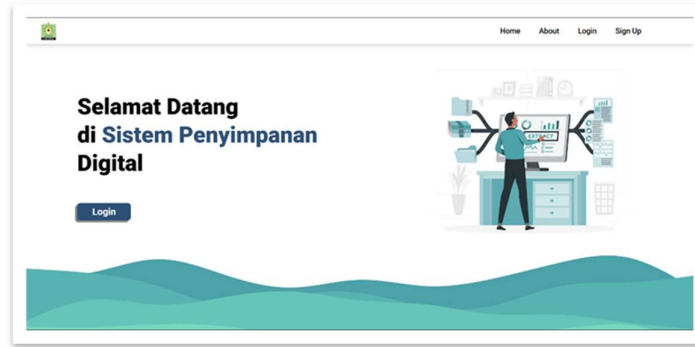
p	3	1011011	21
J	3	1111010	21
d	4	1111011	28
i	4	000000	24
k	4	000001	24
H	4	000010	24
L	4	000011	24
S	5	011110	30
3	5	011111	30
R	6	101000	36
g	6	101001	36
,	6	101010	36
N	7	111000	42
o	7	111001	42
I	7	111010	42
M	7	111011	42
l	7	111100	42
e	9	00100	45
u	9	00101	45
T	9	00110	45
1	9	00111	45
t	10	01100	50
2	10	01101	50
0	10	01110	50
r	11	10000	55
(tab)	12	10001	60
:	12	10010	60
A	12	10011	60
n	13	10111	65
m	15	11111	75
a	40	010	120
(spasi)	50	110	150
Total			1746 bit

karakter pada file tersebut berhasil di kompresi dari semula 2808 bit menjadi 1746 bit. Hasil kompresi yang menunjukkan pengurangan ukuran hingga 1062 bit atau sekitar 37,82% kapasitas file.

Berikut merupakan tampilan implementasi sistem penyimpanan digital berbasis web dengan algoritma huffman.

1. Halaman Home

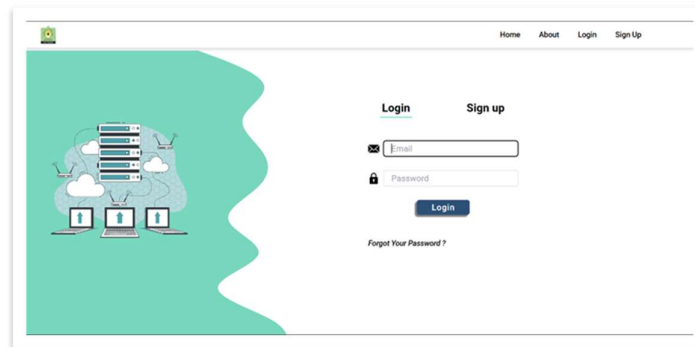
Pada halaman ini, pengguna disambut dengan pesan "Selamat Datang di Sistem Penyimpanan Digital" yang menunjukkan bahwa aplikasi siap digunakan untuk proses unggah, penyimpanan, dan pengelolaan file secara digital. Tujuan dari halaman ini adalah memberikan kesan pertama yang jelas dan informatif mengenai fungsi sistem.



Gambar 3 Tampilan Home

2. Halaman Login

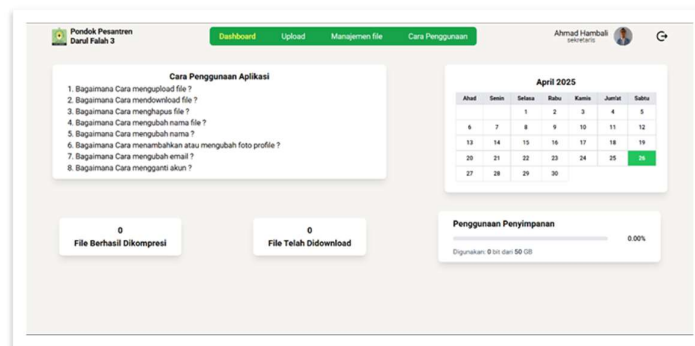
Pada halaman ini, pengguna diminta untuk mengisi alamat email dan kata sandi pada form yang telah disediakan untuk dapat mengakses layanan sistem. Dalam sistem ini, terdapat dua jenis hak akses, yaitu hak akses Ketua dan hak akses Sekretaris, di mana masing-masing memiliki wewenang dan fitur yang berbeda sesuai perannya dalam pengelolaan data.



Gambar 4 Tampilan Login

3. Halaman Dashboard Sekretaris

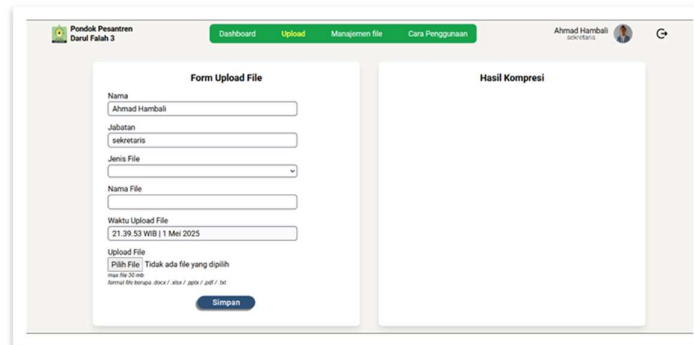
Halaman Dashboard Sekretaris dalam sistem penyimpanan file digital Pondok Pesantren Darul Falah 3 dirancang untuk memberikan gambaran umum aktivitas pengguna. Pada bagian atas halaman, terdapat navigation Dashboard, Upload, Manajemen File, dan Cara Penggunaan.



Gambar 5 Tampilan Dashboard Sekretaris

4. Halaman Upload File

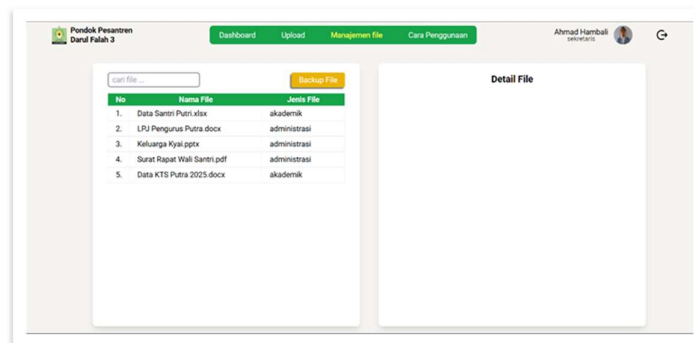
Pada halaman ini, pengguna diminta mengisi beberapa informasi yang berkaitan dengan file yang akan diunggah. Setelah semua kolom terisi dan file dipilih, pengguna dapat mengklik tombol Simpan untuk mengunggah file tersebut ke dalam server.



Gambar 6 Tampilan Upload File

5. Halaman Manajemen File

Pada halaman ini, pengguna dapat melihat daftar seluruh file yang telah diunggah ke dalam sistem, lengkap dengan kolom yang menampilkan nomor urut, nama file, dan jenis file. Selain itu, tersedia tombol "Backup File" berwarna kuning yang memungkinkan pengguna mengunduh seluruh file yang tersimpan dalam bentuk arsip ZIP.



No	Nama File	Jenis File
1.	Data Santri Putri.xlsx	akademik
2.	LPU Pengurus Putra.docx	administrasi
3.	Keluarga Kyai.pptx	administrasi
4.	Surat Rapat Wali Santri.pdf	administrasi
5.	Data KTD Putra 2025.docx	akademik

Gambar 7 Tampilan Manajemen File

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik simpulan sebagai berikut.

1. Penerapan algoritma Huffman dalam sistem penyimpanan digital berbasis web dilakukan melalui beberapa tahapan utama. Proses dimulai dengan pengambilan data dari file yang diunggah oleh pengguna. Selanjutnya, sistem menghitung frekuensi kemunculan setiap karakter dalam data tersebut, kemudian mengurutkannya dari frekuensi terendah ke tertinggi. Karakter-karakter tersebut kemudian digabungkan menjadi simpul berdasarkan frekuensinya hingga membentuk satu simpul akhir. Dari simpul tersebut dibangun pohon Huffman dengan menetapkan kode biner 0 ke kiri dan 1 ke kanan. Setelah pohon terbentuk, sistem menetapkan kode biner untuk setiap karakter berdasarkan jalur pada pohon Huffman. Terakhir, data dikodekan menggunakan representasi biner tersebut dan disimpan sebagai data terkompresi

dalam sistem. Proses ini memungkinkan pengurangan ukuran file tanpa kehilangan informasi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi ruang penyimpanan dan pengelolaan data.

2. Berdasarkan hasil pengujian terhadap lima file digital dengan format berbeda (.docx, .xlsx, .pptx, dan .pdf), penerapan algoritma Huffman terbukti efektif dalam mengurangi ukuran file secara signifikan. Pengujian yang dilakukan untuk membandingkan ukuran file sebelum dan sesudah dikompresi, menunjukkan bahwa persentase pengurangan ukuran file berada dalam kisaran 36,87% hingga 40,95%, dengan rata-rata pengurangan sebesar 38,36%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa algoritma Huffman mampu memberikan efektivitas ruang penyimpanan yang tinggi dalam sistem penyimpanan digital berbasis web. Dengan demikian, penggunaan algoritma Huffman menjadi solusi yang tepat dan efektif untuk pengelolaan file digital di Pondok Pesantren Roudlotul Qur'an Darul Falah 3.

Dari kesimpulan yang sudah dijelaskan, maka ada beberapa saran yang penulis sampaikan yaitu:

1. Pengembangan lebih lanjut terhadap sistem penyimpanan digital agar ditambahkan dengan metode kompresi lain supaya menjadi lebih cepat, efisien, dan mampu menangani berbagai jenis file baik dokumen maupun foto dan video dengan ukuran yang lebih besar secara stabil.
2. Aspek keamanan file hasil kompresi juga perlu diperhatikan, misalnya dengan menambahkan metode enkripsi setelah proses kompresi, sehingga selain menghemat ruang, file juga terlindungi dari potensi penyalahgunaan data.
3. Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem ini dapat diintegrasikan ke dalam website resmi Pondok Pesantren, sehingga tidak hanya berfungsi sebagai penyimpanan digital saja, tetapi juga menjadi bagian dari layanan informasi pondok secara keseluruhan.

DAFTAR REFERENSI

- Anwar, H. S. (2023). Digitalisasi Pendidikan Pesantren melalui Sistem Pembayaran Cashless Menggunakan Ngabar Smart Payment di Pondok Pesantren Wali Songo Ngabar. 4, 43–53.
- Azzahra, A. A. (2020). Implementasi Algoritma Single Moving Average Pada Sistem Informasi Penjualan Untuk Menentukan Stock Barang Di Minimus Skateshop Bandung. <https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/2794/>
- Bukhori Muhammad, P. E. (2021). Sistem Kompresi Data Pada Muatan Roket Menggunakan Kode Huffman. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 7(2), 270–280. <https://doi.org/10.56521/teknika.v7i2.330>
- Ginting, A. N. C. (2022). Penerapan Algoritma Sequitur Pada Kompresi File Teks. *Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer*, 6(1), 333–339. <https://doi.org/10.30865/komik.v6i1.5723>
- Imani, L. M., Muhima, R. R., & Agustini, S. (2021). Penerapan Metode Huffman dalam Kompresi Data. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 9, 457.
- Nurjani, Y. (2020). Website Kantor Kelurahan Lingkar Selatan. *Fortech (Journal of*

- Information Technology*), 53–59.
- Praniffa, A. C., Syahri, A., Sandes, F., Fariha, U., Giansyah, Q. A., & Hamzah, M. L. (2023). Pengujian Black Box Dan White Box Sistem Informasi Parkir Berbasis Web Black Box and White Box Testing of Web-Based Parking Information System. *Jurnal Testing Dan Implementasi Sistem Informasi*, 1(1), 1–16.
- Program Studi Manajemen Universitas Medan Area. (2021, September). Cara menghitung persentase beserta penjelasan dan contohnya. Universitas Medan Area. <http://surl.li/krebxkf>
- Pujianto, Mujito, Prasetyo, B. H., & Prabowo, D. (2020). Perbandingan Metode Huffman dan Run Length Encoding Pada Kompresi Document. *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 5(1), 216–223.
- Pusat Pengembangan Data dan Teknologi. (2024, Maret 16). Memahami jenis-jenis algoritma: Fondasi digital untuk solusi komputasi. Universitas Medan Area. <http://surl.li/kxyngc>
- Saragih, S. R., & Utomo, D. P. (2020). Pendarapan Algoritma Prefix Code Dalam Kompresi Data Teks. KOMIK (Konferensi Nasional ...), 4(1), 249–252. <https://doi.org/10.30865/komik.v4i1.2691>
- Siagian, E. R. (2022). Wave File Compression Analysis and Implementation using The Huffman Method. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 1(1), 38–43. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v1i1.77>
- Sodikin, L., Putri, T. F., & Hidayat, T. (2022). Analisa Kompresi File Teks Menggunakan Algoritma Huffman. *Journal ICTEE*, 3(1), 10. <https://doi.org/10.33365/jictee.v3i1.1271>
- Yanur Tanjung, R. (2021). Perancangan Aplikasi Kompresi File Dokumen Menggunakan Algoritma Additive Code. *Jurnal Riset Komputer*, 8(4), 2407–389. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v8i4.3593>
- Yonathan, F. D., Nasution, H., & Priyanto, H. (2021). Aplikasi Pengaman Dokumen Digital Menggunakan Algoritma Kriptografi Hybrid dan Algoritma Kompresi Huffman. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 7(2), 181. <https://doi.org/10.26418/jp.v7i2.47077>