Department of Digital Business
Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)
Homepage: https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS
Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 22843-22851
P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Pengembangan Aplikasi Arsip Digital Surat Berbasis Web Dengan Penerapan Algoritma Sequential Search dan Merge Sort Serta Integrasi Chatbot untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Dokumen

Abdul Fath Ramadhan P.[1*], Bambang Pramono[2], L. M. Fid Aksara[3]
[1,2]Jurusan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo
[3] Jurusan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo
[1*]abdulfathramadhan@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan arsip surat pada Satuan Polisi Pamong Praja (Satpol PP) Provinsi Sulawesi Tenggara masih dilakukan secara konvensional dan semi digital sehingga proses pencarian dokumen berjalan lambat dan berisiko menimbulkan duplikasi maupun kehilangan data. Penelitian ini mengembangkan aplikasi arsip digital surat berbasis web yang menerapkan algoritma Sequential Search untuk pencarian data, algoritma Merge Sort untuk pengurutan data, serta chatbot berbasis Gemini API sebagai media interaksi pengguna. Sistem dikembangkan menggunakan metode Rational Unified Process (RUP) dengan framework Laravel, PHP, dan MySQL, kemudian diuji melalui pengujian fungsional, pengujian kinerja, Black Box Testing, dan User Acceptance Testing (UAT). Hasil pengujian menunjukkan algoritma Sequential Search berhasil menemukan data secara valid pada seluruh skenario dengan waktu eksekusi 0,0441-0,2038 ms sesuai kompleksitas O(n), sedangkan Merge Sort menghasilkan pengurutan yang valid dan stabil pada kisaran 1,2400-1,7171 ms sesuai kompleksitas O (n log n) tanpa dipengaruhi kondisi data awal. Chatbot berbasis Gemini API berhasil merespons lima kategori kueri secara relevan, pengujian Black Box mencapai tingkat keberhasilan 100% pada 11 skenario, dan UAT memperoleh indeks kelayakan 95% (kategori sangat layak). Hasil ini membuktikan bahwa integrasi algoritma pencarian, pengurutan, dan chatbot AI efektif meningkatkan efisiensi pengelolaan arsip surat pada instansi pemerintahan daerah. Sistem juga menyediakan akses informasi yang lebih cepat, terstruktur, dan mudah digunakan untuk mendukung pelayanan administrasi serta pengambilan keputusan berbasis dokumen.

Kata Kunci: *Arsip Surat; Algoritma Sequential Search; Merge Sort; Chatbot.*

1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi informasi telah mengubah cara instansi pemerintah mengelola data dan dokumen, termasuk arsip surat yang berfungsi sebagai sumber informasi, bahan pertanggungjawaban, serta dasar pengambilan keputusan [1]. Namun demikian, pengelolaan arsip surat pada banyak instansi pemerintahan masih dilakukan secara konvensional maupun semi digital, yaitu disimpan dalam bentuk fisik atau berkas digital pada *file explorer* tanpa sistem yang terstruktur, sehingga menimbulkan masalah seperti sulitnya pencarian dokumen, duplikasi data, dan risiko kehilangan arsip [2].

Satuan Polisi Pamong Praja (Satpol PP) Provinsi Sulawesi Tenggara sebagai instansi yang bertugas menegakkan peraturan daerah dan menjaga ketertiban umum menghasilkan berbagai dokumen administratif, seperti surat masuk, surat keluar, surat tugas, dan surat perintah perjalanan dinas. Proses pencarian dokumen pada instansi ini masih dilakukan secara manual dengan menelusuri arsip berdasarkan tanggal atau membuka folder satu demi satu, sehingga membutuhkan waktu yang lama dan berpotensi menimbulkan kesalahan seiring bertambahnya volume arsip yang tersimpan.

Permasalahan pencarian data tersebut dapat diatasi dengan algoritma *Sequential Search*, yang menelusuri data satu demi satu secara berurutan hingga data yang dicari ditemukan. Algoritma ini sederhana, tidak memerlukan data yang telah terurut, dan mudah diimplementasikan pada sistem berbasis web [3]. Untuk kebutuhan penyusunan arsip secara sistematis, algoritma *Merge Sort* dipilih karena kompleksitas waktunya stabil pada *O(n log n)* baik pada kondisi terbaik, rata-rata, maupun terburuk, sehingga cocok mengolah data dalam jumlah besar dengan hasil pengurutan yang konsisten [4]. Selain kedua algoritma tersebut, integrasi *chatbot* berbasis kecerdasan buatan memungkinkan pengguna mencari informasi arsip melalui percakapan interaktif berbasis bahasa alami, sehingga mengurangi kebutuhan navigasi manual pada seluruh halaman web [5].

Penelitian-penelitian terdahulu mengenai sistem arsip digital umumnya berfokus pada pengembangan aplikasi berbasis web dengan fitur pengelolaan data dan pencarian sederhana tanpa penerapan algoritma pencarian maupun pengurutan data secara eksplisit [6]. Penelitian lain telah menerapkan algoritma *Sequential Search* pada sistem e-arsip, namun belum dilengkapi dengan mekanisme pengurutan data maupun media interaksi berbasis *chatbot* [7]. Di sisi lain, penelitian mengenai integrasi *chatbot* berbasis AI dengan pemrosesan dokumen umumnya diterapkan pada konteks akademik atau layanan pelanggan yang terpisah dari sistem pengarsipan surat instansi pemerintahan [8]. Berdasarkan uraian tersebut, belum ditemukan penelitian yang mengintegrasikan algoritma pencarian, algoritma pengurutan, dan *chatbot* AI secara bersamaan dalam satu sistem arsip digital surat pada instansi pemerintahan daerah.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi arsip digital surat berbasis web dengan menerapkan algoritma *Sequential Search* untuk pencarian data, algoritma *Merge Sort* untuk pengurutan data, serta *chatbot* berbasis *Gemini API* sebagai media interaksi pengguna, pada studi kasus Satpol PP Provinsi Sulawesi Tenggara. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi ketiga komponen tersebut secara bersamaan dalam satu sistem, yang diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pencarian dan pengelolaan arsip surat sekaligus memberikan pengalaman interaksi yang lebih adaptif bagi pengguna dibandingkan sistem arsip konvensional maupun sistem yang hanya menerapkan salah satu komponen tersebut.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan perangkat lunak yang meliputi tahapan penelitian, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, dan metode pengujian, sebagaimana diuraikan pada sub-bagian berikut.

Tahapan Penelitian

Pengembangan sistem menggunakan metode *Rational Unified Process* (RUP) yang bersifat iteratif, terstruktur, dan berorientasi objek, terdiri atas empat tahap. Tahap *inception* mencakup identifikasi masalah pengelolaan arsip surat dan analisis kebutuhan awal sistem. Tahap *elaboration* mencakup perancangan sistem menggunakan *Unified Modeling Language* (UML), perancangan basis data, serta perencanaan penerapan algoritma *Sequential Search*, *Merge Sort*, dan integrasi *chatbot* AI. Tahap *construction* merupakan tahap implementasi aplikasi arsip digital surat berbasis web menggunakan *framework* Laravel, sekaligus penerapan algoritma pencarian, pengurutan, dan integrasi *chatbot Gemini API* ke dalam sistem. Tahap *transition* merupakan tahap pengujian fungsional sistem, evaluasi hasil penerapan algoritma, serta perbaikan kesalahan sebelum sistem dinyatakan siap digunakan. Data dan informasi kebutuhan sistem dikumpulkan melalui studi literatur, observasi langsung terhadap alur pengelolaan arsip yang berjalan, serta wawancara dengan pihak terkait di Satpol PP Provinsi Sulawesi Tenggara.

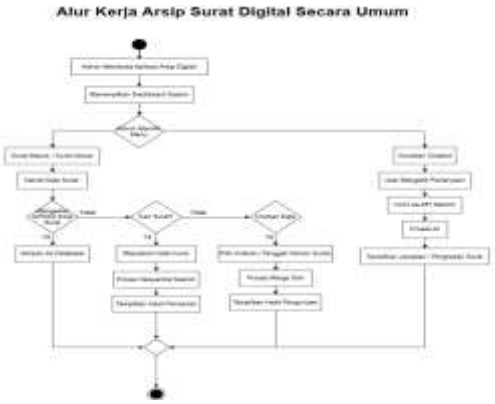
Analisis Kebutuhan Sistem

Kebutuhan fungsional sistem meliputi pengelolaan data surat masuk dan surat keluar (penambahan, pengubahan, penghapusan, dan penelusuran), pencarian data arsip menggunakan algoritma *Sequential Search* berdasarkan kata kunci, pengurutan data arsip menggunakan algoritma *Merge Sort* berdasarkan tanggal atau nomor surat, serta interaksi pengguna melalui *chatbot* berbasis *Gemini API* untuk pencarian dan peringkasan informasi surat. Kebutuhan nonfungsional mencakup perangkat lunak pendukung berupa PHP versi 8.1.10, *framework* Laravel, basis data MySQL melalui Laragon, dan Visual Studio Code sebagai lingkungan pengembangan.

Perancangan Sistem

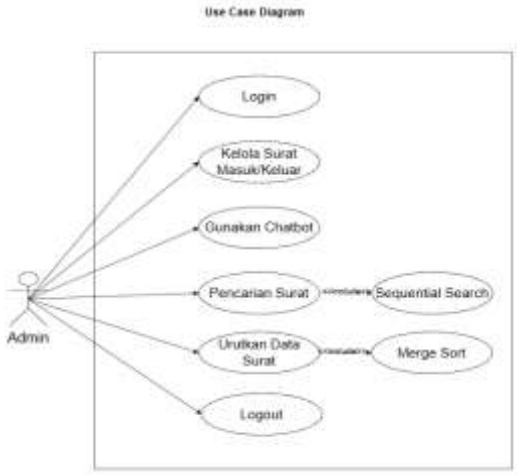
Perancangan alur sistem secara umum digambarkan pada Gambar 1. Admin melakukan pengelolaan arsip surat masuk dan surat keluar yang tersimpan ke basis data, sekaligus dapat memanfaatkan fitur pencarian berbasis *Sequential Search*, pengurutan berbasis *Merge Sort*, maupun berinteraksi dengan *chatbot* yang terintegrasi *Gemini API* untuk memperoleh informasi arsip secara otomatis.

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.12191
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Gambar 1. Alur Kerja Sistem Secara Umum

Pada proses pencarian, sistem menginisialisasi indeks awal i=0, kemudian membandingkan kata kunci dengan data arsip pada posisi ke-i secara berurutan; apabila data sesuai maka hasil ditampilkan, sedangkan jika seluruh data telah diperiksa tanpa kecocokan maka sistem menampilkan pesan data tidak ditemukan. Pada proses pengurutan, sistem membagi data secara rekursif hingga tiap bagian tersisa satu elemen (divide), kemudian menggabungkan kembali bagian-bagian tersebut secara terurut (conquer dan combine) hingga terbentuk satu rangkaian data yang tersusun sesuai kriteria yang dipilih. Rancangan sistem dituangkan ke dalam Unified Modeling Language (UML), meliputi use case diagram (Gambar 2), activity diagram, dan class diagram, yang menggambarkan interaksi antara admin dan sistem dalam mengelola arsip, melakukan pencarian dan pengurutan data, serta berinteraksi dengan chatbot.



Gambar 2. Use Case Diagram Sistem

Metode Pengujian

Pengujian sistem dilakukan melalui empat pendekatan. Pertama, pengujian fungsional untuk memvalidasi kebenaran *output* algoritma *Sequential Search* dan *Merge Sort* pada berbagai skenario posisi data dan kriteria pengurutan. Kedua, pengujian kinerja untuk mengukur waktu eksekusi dan jumlah operasi perbandingan pada berbagai skala data (100 hingga 500 data). Ketiga, pengujian kueri *chatbot* AI untuk mengevaluasi relevansi respons terhadap lima kategori *intent* pengguna. Keempat, *Black Box Testing* untuk memvalidasi fungsionalitas sistem secara menyeluruh, serta *User Acceptance Testing* (UAT) menggunakan kuesioner Skala Likert (bobot 1-5) terhadap 5 responden untuk mengukur tingkat penerimaan pengguna pada aspek kesesuaian fungsional, efisiensi kinerja, dan kemudahan penggunaan. Indeks kelayakan UAT dihitung dengan membandingkan skor total aktual terhadap skor maksimum ideal, dikalikan 100%.

3. Hasil dan Diskusi

Implementasi Sistem

Aplikasi arsip digital surat berhasil dibangun menggunakan *framework* Laravel, PHP, MySQL, HTML, CSS, dan JavaScript, dengan modul utama berupa halaman *login, dashboard*, kelola surat masuk, kelola surat keluar, serta *chatbot* AI. Modul *chatbot* AI mengintegrasikan *Gemini API* sehingga admin dapat mengetikkan kueri berbahasa alami untuk melacak dokumen berdasarkan nomor, pengirim, atau perihal, menghitung statistik jumlah arsip secara

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.12191
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

otomatis, maupun memperoleh ringkasan konten surat tanpa melakukan pencarian manual, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Antarmuka Kelola Surat Masuk



Gambar 4. Antarmuka Chatbot AI

Hasil Pengujian Algoritma Sequential Search

Pengujian fungsional pada lima skenario pencarian (nomor surat, pengirim, dan perihal, baik pada modul surat masuk maupun surat keluar) dinyatakan valid, termasuk pada data yang berada di posisi awal, tengah, akhir, maupun kata kunci yang tidak terdaftar dalam sistem. Pengujian kinerja pada skala 100 hingga 500 data (Tabel 1) menunjukkan waktu eksekusi berkisar 0,0441 ms hingga 0,2038 ms, dengan jumlah operasi perbandingan yang meningkat linear seiring bertambahnya posisi maupun jumlah data, sesuai karakteristik kompleksitas *O(n)*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kinerja Algoritma Sequential Search

Jumlah Data	Posisi Data	Jumlah Perbandingan	Waktu (ms)
100	Awal	100	0,0510
100	Tengah	100	0,0441
500	Akhir	500	0,2000
500	Tengah	500	0,2038
500	Tidak ada (kata kunci tidak terdaftar)	500	0,1900

Hasil Pengujian Algoritma Merge Sort

Pengujian fungsional pada lima skenario pengurutan data surat masuk dan surat keluar, baik berdasarkan tanggal maupun nomor surat secara *ascending* dan *descending*, seluruhnya dinyatakan valid. Pengujian kinerja pada 500 data dengan berbagai kondisi awal (Tabel 2) menunjukkan waktu eksekusi stabil pada kisaran 1,2400 ms hingga 1,7171 ms, tanpa dipengaruhi secara signifikan oleh susunan data awal (acak, terurut, maupun terbalik), sesuai karakteristik kompleksitas *O(n log n)*.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kinerja Algoritma Merge Sort

Kondisi Data Awal	Kriteria Urut	Waktu (ms)
Acak (tanggal)	Descending	1,5969
Terurut (tanggal)	Descending	1,7171
Terbalik (tanggal)	Ascending	1,2400
Acak (nomor surat)	Descending	1,6820
Terurut (nomor surat)	Ascending	1,2412

Hasil Pengujian Chatbot AI

Pengujian terhadap lima kategori kueri (Tabel 3) yang mencakup sapaan (*greeting*), pencarian data spesifik (*exact match*), peringkasan isi surat (*summarization*), perhitungan statistik jumlah arsip (*statistical query*), dan

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.12191
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

penanganan pertanyaan di luar konteks kearsipan (*out-of-scope handling*) seluruhnya memperoleh status kelayakan relevan. *Chatbot* berbasis *Gemini API* terbukti mampu menampilkan metadata surat secara presisi, menyajikan ringkasan isi surat tugas, menghitung total arsip secara dinamis, serta menolak pertanyaan di luar topik kearsipan secara sopan tanpa menyimpang dari konteks layanan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Chatbot

Kategori Intent	Status Kelayakan
Greeting & Capability	Relevan
Data Retrieval (Exact Match)	Relevan
Text Summarization	Relevan
Statistical Query	Relevan
Out-of-Scope Handling	Relevan

Hasil Pengujian Black Box Testing dan User Acceptance Testing (UAT)

Pengujian *Black Box* terhadap 11 skenario fungsionalitas sistem, mencakup autentikasi *login*, manajemen arsip, fitur pencarian dan pengurutan, serta interaksi *chatbot*, menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dengan seluruh hasil sesuai harapan.

Hasil UAT terhadap 5 responden pada delapan pernyataan memperoleh skor aktual 190 dari skor maksimum 200, sehingga diperoleh persentase kelayakan sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = (190 / 200) \times 100\% = 95\% \quad (1)$$

Hasil indeks kelayakan sistem mencapai 95% (kategori sangat layak). Subtotal skor yang diperoleh pada aspek kesesuaian fungsional (73 dari 75), diikuti aspek efisiensi kinerja (44 dari 50), dan aspek kemudahan penggunaan (73 dari 75).

Tabel 4. Hasil Pengujian Black Box Testing dan User Acceptance Testing (UAT)

Aspek Pengujian	Hasil
Black Box (11 skenario fungsionalitas)	100% sesuai harapan
UAT - Kesesuaian fungsional	Subtotal 73
UAT - Efisiensi kinerja	Subtotal 44
UAT - Kemudahan penggunaan	Subtotal 73
Indeks kelayakan keseluruhan	95% (Sangat Layak)

Pembahasan

Hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa algoritma *Sequential Search* konsisten dengan kompleksitas waktu *O(n)*, sejalan dengan temuan yang menyatakan algoritma ini unggul dalam kemudahan implementasi meskipun waktu pencariannya meningkat linear terhadap jumlah data. Demikian pula, stabilitas waktu eksekusi *Merge Sort* pada kisaran 1,24-1,72 ms tanpa dipengaruhi kondisi data awal memperkuat temuan bahwa *Merge Sort* unggul dalam konsistensi dan stabilitas dibandingkan algoritma *divide and conquer* lain seperti *Quick Sort*, sehingga lebih sesuai untuk sistem yang membutuhkan keakuratan dan keteraturan data seperti arsip surat pemerintahan.

Dibandingkan penelitian terdahulu yang menerapkan *Sequential Search* maupun *Merge Sort* secara terpisah tanpa disertai media interaksi berbasis bahasa alami, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi *chatbot* berbasis *Gemini API* mampu memperluas kapabilitas sistem arsip digital, tidak hanya sebatas pencarian berbasis kata kunci melalui formulir, tetapi juga mendukung permintaan ringkasan dan statistik secara percakapan interaktif, sebagaimana juga ditemukan pada penelitian *chatbot* NLP untuk layanan informasi lain. Perbedaan konteks penelitian ini terletak pada penyatuan tiga komponen algoritmik sekaligus, yaitu algoritma pencarian, algoritma pengurutan, dan *chatbot* AI, dalam satu sistem arsip surat pemerintahan daerah, yang pada penelitian-penelitian sebelumnya umumnya hanya diterapkan salah satu aspek saja.

Indeks kelayakan UAT sebesar 95% serta tingkat keberhasilan *Black Box Testing* sebesar 100% mengindikasikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga diterima secara baik oleh calon pengguna, sejalan dengan hasil positif yang dilaporkan pada penelitian sistem arsip berbasis web lain terhadap peningkatan efisiensi pencarian dan pengurangan risiko kehilangan dokumen. Implikasi teoritis dari penelitian ini menegaskan bahwa kombinasi algoritma pencarian linear dan algoritma pengurutan *divide and conquer* tetap relevan diterapkan pada skala data ratusan hingga seribu entri arsip instansi daerah, sementara implikasi praktisnya adalah tersedianya solusi pengarsipan yang lebih efisien, terstruktur, dan interaktif bagi Satpol PP Provinsi Sulawesi Tenggara dibandingkan pengelolaan arsip konvensional maupun semi digital sebelumnya.

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.12191
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Analisis Efektivitas Digitalisasi Arsip

Penerapan aplikasi arsip digital pada Satpol PP Provinsi Sulawesi Tenggara memberikan perubahan mendasar terhadap alur pengelolaan dokumen. Pada mekanisme sebelumnya, pencarian surat dilakukan dengan menelusuri folder atau berkas satu per satu sehingga keberhasilan pencarian sangat bergantung pada konsistensi penamaan berkas dan ingatan petugas. Sistem yang dikembangkan mengubah proses tersebut menjadi pengelolaan berbasis basis data, sehingga surat masuk dan surat keluar dapat disimpan bersama metadata yang lebih terstruktur. Kondisi ini penting karena arsip pemerintahan tidak hanya berfungsi sebagai dokumen administratif, tetapi juga sebagai sumber informasi, bukti pelaksanaan kegiatan, dan bahan pertanggungjawaban organisasi [9]. Hasil penelitian ini memperkuat temuan pengembangan sistem arsip berbasis web sebelumnya yang menunjukkan bahwa digitalisasi dapat meningkatkan keteraturan penyimpanan, mempercepat akses informasi, dan mengurangi risiko dokumen tercecer [1], [2], [6].

Efisiensi yang diperoleh tidak hanya berasal dari pemindahan dokumen fisik ke media digital, melainkan dari integrasi antara pengelolaan data, pencarian, pengurutan, dan interaksi berbasis bahasa alami. Dengan pendekatan tersebut, pengguna tidak harus mengingat lokasi penyimpanan dokumen secara rinci karena sistem menyediakan beberapa jalur akses terhadap arsip. Admin dapat mencari berdasarkan nomor surat, pengirim, atau perihal, mengurutkan data berdasarkan tanggal maupun nomor surat, serta meminta chatbot menampilkan ringkasan atau statistik arsip. Kombinasi fitur tersebut membuat proses administrasi lebih adaptif terhadap variasi kebutuhan pengguna. Dalam konteks instansi pemerintah daerah, kemampuan memperoleh dokumen dengan cepat dapat membantu penyusunan laporan, pemeriksaan administrasi, tindak lanjut disposisi, dan penyediaan bukti kegiatan secara lebih tepat waktu.

Interpretasi Kinerja Algoritma Sequential Search

Hasil pengujian Sequential Search memperlihatkan bahwa seluruh skenario pencarian menghasilkan keluaran yang valid, termasuk ketika data berada pada posisi awal, tengah, akhir, maupun ketika kata kunci tidak ditemukan. Validitas pada berbagai posisi data menunjukkan bahwa logika penelusuran telah diterapkan sesuai prinsip pencarian berurutan. Waktu eksekusi sebesar 0,0441-0,2038 ms pada 100 sampai 500 data juga menunjukkan bahwa algoritma masih responsif untuk skala arsip yang diuji. Peningkatan jumlah perbandingan seiring bertambahnya jumlah data sesuai dengan kompleksitas O(n), karena pada kondisi tertentu seluruh elemen harus diperiksa sebelum sistem dapat memberikan hasil. Karakteristik ini sejalan dengan penelitian penerapan Sequential Search pada aplikasi e-dokumen dan aplikasi pencarian lain yang menekankan keunggulannya pada kesederhanaan implementasi serta kemampuannya bekerja pada data yang belum diurutkan [3], [7], [10].

Meskipun demikian, hasil waktu eksekusi yang sangat kecil perlu ditafsirkan sesuai ruang lingkup pengujian. Data uji masih berada pada skala ratusan entri dan dijalankan pada lingkungan aplikasi yang terkontrol, sehingga kinerja pada penggunaan nyata dapat dipengaruhi oleh jumlah arsip, ukuran basis data, jumlah pengguna bersamaan, kualitas jaringan, serta proses lain yang berjalan pada server. Sequential Search tetap tepat digunakan pada tahap awal implementasi karena mudah dipahami, mudah diuji, dan tidak memerlukan struktur indeks khusus. Namun, ketika volume arsip berkembang menjadi puluhan atau ratusan ribu entri, pencarian berbasis indeks basis data, full-text search, Binary Search pada data terurut, atau metode pencarian lain dapat dipertimbangkan. Perbandingan dengan algoritma pencarian yang lebih efisien juga diperlukan untuk mengetahui titik ketika keuntungan kesederhanaan Sequential Search tidak lagi sebanding dengan waktu pemrosesan [11].

Interpretasi Kinerja Algoritma Merge Sort

Pengujian Merge Sort menghasilkan waktu eksekusi 1,2400-1,7171 ms pada 500 data dengan kondisi awal acak, terurut, dan terbalik. Rentang waktu yang relatif berdekatan menunjukkan bahwa performa algoritma tidak berubah secara ekstrem akibat susunan awal data. Temuan tersebut sesuai dengan sifat Merge Sort yang memiliki kompleksitas O(n log n) pada kondisi terbaik, rata-rata, maupun terburuk. Stabilitas ini relevan bagi pengelolaan arsip karena data surat dapat masuk dengan pola yang tidak selalu teratur. Pada suatu waktu data mungkin telah tersusun berdasarkan tanggal, sedangkan pada waktu lain data dapat bercampur akibat proses impor, koreksi metadata, atau penambahan dokumen lama. Merge Sort tetap memberikan pola kinerja yang dapat diperkirakan pada berbagai kondisi tersebut [12], [13].

Kemampuan pengurutan ascending dan descending berdasarkan tanggal maupun nomor surat memberi manfaat langsung terhadap aktivitas administrasi. Pengguna dapat menampilkan surat terbaru, menelusuri arsip lama, atau menyusun daftar dokumen sesuai urutan nomor tanpa melakukan penyortiran manual. Hasil pengujian yang valid

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.12191
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

menunjukkan bahwa pengurutan tidak hanya cepat, tetapi juga menghasilkan urutan yang sesuai dengan kriteria pengguna. Hal ini mendukung konsistensi penyajian informasi pada dashboard dan laporan. Walaupun penelitian lain telah membahas efisiensi algoritma sorting pada aplikasi berbasis web dan pemrosesan data skala besar [4], [14], kontribusi penelitian ini terletak pada penerapan Merge Sort dalam alur kerja kearsipan pemerintahan yang terintegrasi dengan pencarian dan chatbot. Dengan demikian, pengurutan berfungsi sebagai bagian dari proses pengelolaan informasi, bukan sekadar pengujian algoritma secara terpisah.

Kontribusi Chatbot Berbasis Gemini API

Integrasi chatbot berbasis Gemini API memperluas cara pengguna berinteraksi dengan sistem. Pengguna tidak hanya mengandalkan tombol, menu, dan formulir pencarian, tetapi dapat menyampaikan permintaan menggunakan bahasa alami. Hasil pengujian terhadap lima kategori intent menunjukkan bahwa chatbot mampu menangani sapaan, pencarian data spesifik, peringkasan isi surat, permintaan statistik, dan pertanyaan di luar konteks secara relevan. Kemampuan tersebut penting karena pengguna dengan tingkat literasi digital yang berbeda dapat memperoleh informasi tanpa harus memahami struktur basis data atau lokasi menu secara rinci. Penggunaan chatbot pada layanan publik dan sistem informasi lain juga dilaporkan mampu mempermudah akses informasi serta mempercepat respons terhadap pertanyaan pengguna [5], [15], [16].

Fungsi exact match memperlihatkan bahwa chatbot dapat membantu menemukan metadata surat secara spesifik, sedangkan fungsi summarization membantu pengguna memahami pokok isi dokumen tanpa membaca keseluruhan surat terlebih dahulu. Statistical query memberi nilai tambah karena sistem dapat menyajikan jumlah arsip secara dinamis untuk mendukung pemantauan administrasi. Sementara itu, keberhasilan out-of-scope handling menunjukkan adanya upaya menjaga chatbot agar tetap berada dalam domain layanan kearsipan. Pembatasan konteks tersebut diperlukan untuk mengurangi respons yang tidak relevan dan menjaga kejelasan fungsi sistem. Integrasi chatbot dengan pemrosesan dokumen juga sejalan dengan arah pengembangan manajemen dokumen berbantuan AI yang menggabungkan pencarian informasi, pemahaman isi, dan komunikasi percakapan dalam satu antarmuka [8].

Walaupun respons chatbot dinilai relevan pada seluruh kategori pengujian, evaluasi yang dilakukan masih bersifat terbatas. Lima kategori intent belum sepenuhnya menggambarkan variasi bahasa pengguna, kesalahan pengetikan, pertanyaan berantai, ambiguitas nomor surat, atau permintaan yang membutuhkan kombinasi beberapa kriteria. Pengujian lanjutan perlu menggunakan lebih banyak contoh kueri serta melibatkan pengguna dengan latar belakang berbeda. Selain relevansi, aspek ketepatan fakta, konsistensi jawaban, waktu respons, dan kemampuan chatbot menolak permintaan yang tidak memiliki dasar data perlu diukur secara terpisah. Penerapan mekanisme validasi terhadap keluaran Gemini API juga penting agar jawaban yang ditampilkan selalu merujuk pada data arsip yang tersedia, bukan menghasilkan informasi baru yang tidak tercatat dalam sistem.

Evaluasi Fungsional dan Penerimaan Pengguna

Keberhasilan 100% pada 11 skenario Black Box Testing menunjukkan bahwa fungsi utama aplikasi berjalan sesuai keluaran yang diharapkan. Pengujian mencakup autentikasi, manajemen arsip, pencarian, pengurutan, dan chatbot, sehingga memberikan gambaran bahwa hubungan antarfitur telah bekerja secara terpadu. Hasil ini penting karena aplikasi kearsipan tidak cukup hanya memiliki algoritma yang benar; keseluruhan alur penggunaan harus dapat dijalankan tanpa kesalahan yang menghambat pekerjaan admin. Namun, hasil 100% perlu dipahami sebagai keberhasilan pada skenario yang telah dirancang. Pengujian tambahan tetap diperlukan untuk kondisi batas, seperti data kosong, dokumen ganda, format input yang tidak sesuai, koneksi API terputus, unggahan berukuran besar, serta percobaan akses oleh pengguna yang tidak berwenang.

Nilai UAT sebesar 95% menempatkan sistem pada kategori sangat layak dan memperlihatkan penerimaan yang baik dari responden. Skor kesesuaian fungsional dan kemudahan penggunaan masing-masing mencapai 73 dari 75, sedangkan efisiensi kinerja memperoleh 44 dari 50. Pola ini menunjukkan bahwa pengguna menilai fitur dan antarmuka telah sesuai dengan kebutuhan, meskipun masih terdapat ruang perbaikan pada persepsi kecepatan atau efisiensi proses. Perbedaan skor antaraspek dapat digunakan sebagai dasar prioritas pengembangan berikutnya, misalnya optimalisasi waktu muat halaman, penyederhanaan langkah kerja, peningkatan kualitas respons chatbot, dan perbaikan notifikasi sistem. Hasil penerimaan tersebut konsisten dengan manfaat sistem arsip berbasis web yang dilaporkan pada penelitian sebelumnya, khususnya dalam mempermudah pencarian dan mengurangi ketergantungan pada pengelolaan dokumen manual [1], [2], [6].

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.12191
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Jumlah responden UAT sebanyak lima orang masih membatasi kemampuan generalisasi hasil. Nilai yang tinggi dapat menggambarkan kesesuaian sistem bagi kelompok pengguna awal, tetapi belum tentu mewakili seluruh pegawai yang memiliki tugas, pengalaman, dan pola penggunaan berbeda. Evaluasi berikutnya sebaiknya melibatkan admin surat, staf bidang, pejabat pemberi disposisi, pengelola teknologi informasi, dan pimpinan yang membutuhkan laporan. Pengujian dapat dilaksanakan setelah sistem digunakan dalam periode tertentu sehingga responden menilai berdasarkan pengalaman kerja nyata, bukan hanya demonstrasi singkat. Selain kuesioner, data log seperti durasi pencarian, jumlah langkah yang dilakukan, frekuensi kesalahan, dan tingkat keberhasilan menemukan dokumen dapat digunakan untuk mengukur peningkatan efisiensi secara lebih objektif.

Implikasi Operasional dan Tata Kelola Arsip

Secara operasional, sistem berpotensi mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh dokumen dan menyusun informasi pendukung kegiatan. Pengelolaan metadata yang konsisten memungkinkan surat ditelusuri melalui beberapa atribut, sementara pengurutan membantu pengguna memahami kronologi dokumen. Chatbot menambahkan jalur akses yang lebih fleksibel ketika pengguna hanya mengetahui sebagian informasi. Apabila diterapkan secara berkelanjutan, sistem dapat membantu membentuk kebiasaan kerja yang lebih terdokumentasi dan mengurangi penyimpanan arsip pada perangkat pribadi atau folder yang tidak terstandar. Manfaat tersebut akan lebih kuat apabila instansi menetapkan prosedur penamaan berkas, klasifikasi surat, kewajiban pengisian metadata, dan jadwal pencadangan data secara konsisten.

Aspek tata kelola dan keamanan perlu menjadi perhatian karena arsip pemerintahan dapat memuat informasi internal dan data yang tidak boleh diakses oleh seluruh pengguna. Sistem perlu menerapkan pembagian hak akses berdasarkan peran, pencatatan aktivitas pengguna, pengamanan kredensial, validasi unggahan, serta pencadangan berkala. Integrasi dengan layanan AI eksternal juga perlu dikendalikan agar isi dokumen sensitif tidak dikirimkan tanpa kebijakan yang jelas. Pada tahap implementasi, instansi dapat membatasi jenis data yang diproses chatbot, melakukan penyamaran informasi tertentu, dan menyimpan riwayat permintaan untuk kebutuhan audit. Dengan langkah tersebut, peningkatan kemudahan akses tetap diimbangi oleh perlindungan kerahasiaan, integritas, dan ketersediaan arsip.

Keterbatasan dan Arah Pengembangan

Penelitian ini telah menunjukkan kelayakan teknis sistem pada skala pengujian yang ditetapkan, tetapi belum mengevaluasi penggunaan jangka panjang dalam lingkungan operasional penuh. Belum tersedia analisis perbandingan waktu kerja sebelum dan sesudah implementasi, pengukuran beban server pada banyak pengguna, pengujian keamanan, maupun evaluasi pemulihan data ketika terjadi gangguan. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi pada penelitian ini terutama didukung oleh kinerja algoritma, keberhasilan fungsional, dan persepsi pengguna. Penelitian lanjutan dapat menggunakan desain evaluasi sebelum-sesudah untuk mengukur pengurangan waktu pencarian, penurunan kesalahan pencatatan, dan perubahan produktivitas pegawai secara kuantitatif.

Pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada pencarian berbasis indexing atau full-text search, klasifikasi otomatis jenis surat, ekstraksi metadata menggunakan optical character recognition, notifikasi disposisi, riwayat versi dokumen, tanda tangan elektronik, serta dashboard analitik. Chatbot dapat ditingkatkan menjadi percakapan multi-turn yang memahami konteks pertanyaan sebelumnya dan memberikan jawaban dengan sumber dokumen yang jelas. Dari sisi pengujian, diperlukan data yang lebih besar, responden yang lebih beragam, dan skenario keamanan yang lebih komprehensif. Pengembangan tersebut akan memperkuat sistem dari aplikasi pengarsipan menjadi platform manajemen dokumen yang mendukung proses administrasi, pencarian pengetahuan, dan pengambilan keputusan pada instansi pemerintah daerah.

4. Kesimpulan

Aplikasi arsip digital surat berbasis web berhasil dirancang dan dibangun menggunakan *framework* Laravel, PHP, MySQL, HTML, CSS, dan JavaScript, serta mampu mengelola arsip surat masuk dan surat keluar secara terstruktur pada studi kasus Satpol PP Provinsi Sulawesi Tenggara. Algoritma *Sequential Search* berhasil diterapkan untuk pencarian data arsip dengan hasil pengujian fungsional valid pada seluruh skenario dan waktu eksekusi 0,0441-0,2038 ms sesuai kompleksitas *O(n)*, sehingga terbukti responsif dan mempercepat proses pencarian dibandingkan pencarian manual. Algoritma *Merge Sort* berhasil diterapkan untuk pengurutan data arsip dengan hasil pengujian fungsional valid pada seluruh skenario dan waktu eksekusi stabil 1,2400-1,7171 ms sesuai kompleksitas *O(n log n)*, tanpa dipengaruhi secara signifikan oleh kondisi awal data. Chatbot berbasis *Gemini API* berhasil diintegrasikan sebagai fitur interaktif yang mampu merespons lima kategori kueri secara relevan, termasuk penanganan pertanyaan di luar konteks kearsipan secara tepat. Pengujian *Black Box* terhadap 11 skenario

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.12191
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

fungsionalitas mencapai tingkat keberhasilan 100%, sedangkan *User Acceptance Testing* terhadap 5 responden memperoleh indeks kelayakan 95% (kategori sangat layak), yang membuktikan sistem dapat diandalkan untuk mengoptimalkan efisiensi kerja administrasi kearsipan. Penelitian ini masih terbatas pada algoritma pencarian linear yang berpotensi kurang efisien pada skala data yang jauh lebih besar, serta pengujian penerimaan pengguna dengan jumlah responden yang relatif kecil, sehingga penelitian selanjutnya disarankan menerapkan algoritma pencarian berbasis *indexing* atau *Binary Search*, menambahkan kemampuan *multi-turn conversation* pada *chatbot*, serta melibatkan responden UAT yang lebih banyak dan beragam.

Referensi

[1] A. N. N. Rizki, M. A. Marsaoly, and S. Rahmah, "Sistem Pengarsipan Surat Masuk dan Surat Keluar (SIPATRA) Biro Umum Setda Prov. Sultra," *JUTEKOM J. Teknol. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 3, pp. 89–100, 2025.

[2] M. Supriadi and S. Sa'uda, "Pengembangan Dan Implementasi Sistem Informasi Pengarsipan Surat Berbasis Web Pada Bagian Kesra Kantor Walikota Palembang," *J. Pengabdi. Masy. BANGSA*, vol. 3, no. 5, pp. 2205–2217, 2025.

[3] Diana and Y. D. Putra, "Implementasi Algoritma Sequential Search Pada Aplikasi Pencarian E-Dokumen Berbasis Web Sequential," *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.)*, vol. 7, no. 1, pp. 106–115, 2022.

[4] D. A. Saputra, M. S. Ramadhani, M. A. Failandri, A. Turmudi, and I. P. Pujiono, "Analisis Perbandingan Algoritma Sorting Dalam Javascript Untuk Meningkatkan Efisiensi Pengurutan Produk Pada Aplikasi E-Commerce," *SAINSTECH J. Penelit. dan Pengkaj. Sains dan Teknol.*, vol. 35, no. 2, pp. 1–10, 2025.

[5] F. A. Rojak, A. I. Purnamasari, A. Bahtiar, and E. Wahyudin, "Pengembangan Chatbot Layanan Publik Berbasis Natural Language Processing di Mal Pelayanan Publik Garut," *J. Inf. Interaktif*, vol. 10, no. 1, pp. 28–34, 2025.

[6] N. H. Sari and R. R. Setiawan, "Sistem Informasi Arsip Surat Berbasis Web Pada Dinas Pertanian Dan Pangan Kabupaten Kudus," *J. Pengabdi. Kpd. Masy. Nusant.*, vol. 6, no. 3, pp. 3517–3524, 2025.

[7] S. W. P and S. Alam, "Implementasi Algoritma Sequential Searching Pada Pembuatan Aplikasi E-Arsip Berbasis Web di UPK Artha Raharja Kecamatan Pacet," *J. Inform. – Comput.*, vol. 08, no. 01, pp. 22–27, 2021.

[8] A. Kale *et al.*, "Integrating AI-Powered Chatbots and PDF Processing for Enhanced Document Management: A Review," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 13, no. 3, pp. 2174–2176, 2025.

[9] T. J. Husnita and M. E.-K. Kesuma, "Pengelolaan Arsip Sebagai Sumber Informasi Bagi Suatu Organisasi Melalui Arsip Manual Dan Arsip Digital," *El Pustaka J. Ilmu Perpust. dan Inf. Islam*, vol. 01, no. 02, pp. 27–41, 2020.

[10] Y. Rahmanto, J. Alfian, Damayanti, and R. I. Borman, "Penerapan Algoritma Sequential Search pada Aplikasi Kamus Bahasa Ilmiah Tumbuhan," *J. Buana Inform.*, vol. 12, no. 1, pp. 21–30, 2021.

[11] N. N. Yasmin, L. Sofia, A. R. P. Sabrina, A. A. Putri, and I. P. Pujiono, "Interpolation Searching Algorithm vs Algoritma Pencarian Tradisional: Analisis Efisiensi Memori dan Waktu Komputasi," *J. Sist. Inf. dan Sist. Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 212–223, 2025.

[12] J. Lobo and S. Kuwelkar, "Performance analysis of merge sort algorithms," *Int. Conf. Electron. Sustain. Commun. Syst.*, vol. 1, no. 4, pp. 110–115, 2020.

[13] O. E. Taiwo, A. O. Christianah, A. N. Oluwatobi, K. A. Aderonke, and A. J. Kehinde, "Comparative Study of Two Divide and Conquer Sorting Algorithms: Quicksort and Mergesort," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 171, no. 1, pp. 2532–2540, 2020. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.274

[14] E. Panggabean, Y. Perwira, D. C. P. Sinaga, A. T. Utami, V. S. Meiya, and P. Sembiring, "Performance Analysis of Parallel Merge Sort Using MPI (Message Passing Interface) on Big Data Dataset," *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 594–600, 2025. https://doi.org/10.30865/json.v7i2.9307

[15] F. Purwani, R. T. U. Putri, I. Tanjung, and S. A. Yuska, "Implementasi Aplikasi Chatbot Sebagai Media Informasi Pada Pengembangan Sistem Akademik Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Fatah Palembang Menggunakan Artificial Intelligence Markup Language (AIML)," *J. Ris. Tek. Komput.*, vol. 1, no. 4, pp. 1–7, 2024.

[16] R. Y. Pratama and Supatman, "Pengembangan Sistem Chatbot Cerdas Berbasis Natural Language Processing (NLP) untuk Peningkatan Layanan Informasi Hotel," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 14, no. 1, pp. 1350–1362, 2026.

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.12191
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)