KAINAN: Jurnal Pengabdian Teknik Informatika
Vol. 1 No. 1 Tahun 2026 , e-ISSN (3164-2276) https://doi.org/10.23960/kainan.v1i1.3

INTEGRASI NEXTCLOUD PADA TRUENAS SCALE SEBAGAI SISTEM PRIVATE CLOUD STORAGE UNTUK ARSIP DIGITAL DI BBWS MESUJI SEKAMPUNG

(*Nextcloud Integration on Truenas Scale as a Private Cloud Storage System for Digital Archives at the BBWS Mesuji Sekampung*)

Iqbal Al Himni[1*], Gigih Forda Nama[1], Rio Ariestia Pradipta[1], Farisan Haidi[2]

[1]*Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145, Indonesia*
[2]*Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung Provinsi Lampung, Jl. Gatot Subroto No.57, Garuntang, Bandar Lampung 35401, Indonesia*

Riwayat artikel:
Submitted : 10/11/2025
Published : 27/02/2026

Email Korespondensi:

2215061068@students.unila.ac.id

Abstrak: Perkembangan teknologi informasi telah mendorong berbagai lembaga pemerintahan untuk mengalihkan pengelolaan arsip dari sistem konvensional fiturju sistem digital yang lebih efisien. Namun, di Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung, pengelolaan arsip digital masih bersifat desentralisasi dengan arsip tersebar pada perangkat pribadi pegawai tanpa mekanisme backup terpusat, mengakibatkan kesulitan penelusuran dokumen dan potensi kehilangan data yang tinggi. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengintegrasikan Nextcloud pada TrueNAS SCALE sebagai sistem private cloud storage untuk mengatasi permasalahan pengelolaan arsip digital tersebut. Hasil implementasi fiturnjukkan bahwa sistem private cloud storage telah berhasil diintegrasikan dan berfungsi optimal. TrueNAS SCALE berfungsi sebagai penyedia penyimpanan terpusat, sementara Nextcloud menyediakan antarmuka web intuitif untuk pengelolaan arsip digital dan melalui Tailscale, administrator dapat mengelola sistem secara aman dari luar jaringan internal tanpa mengekspos layanan secara langsung ke internet publik.

Kata kunci: Nextcloud, TrueNAS SCALE, Private Cloud Storage, Arsip Digital, Network Attached Storage, Tailscale

Abstract: *The rapid development of information technology has encouraged government institutions to transition from conventional archival management to more efficient digital systems. However, at BBWS Mesuji Sekampung, digital archive management remains decentralized, with documents dispersed across employees' personal devices and lacking a centralized backup mechanism. This condition results in difficulties in document retrieval and a high risk of data loss. This project aims to integrate Nextcloud with TrueNAS SCALE as a private cloud storage system to address these challenges in digital archive management. The implementation results demonstrate that the private cloud storage system was successfully integrated and operates optimally. TrueNAS SCALE functions as a centralized storage provider, while Nextcloud offers an intuitive web-based interface for digital archive management. In addition, Tailscale enables administrators to securely manage the system from outside the internal network without directly exposing services to the public internet.*

Keywords: *Nextcloud, TrueNAS SCALE, Private Cloud Storage, Digital Archives, Network Attached Storage, Tailscale*

1. PENDAHULUAN

Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung merupakan instansi pemerintah yang mengelola dokumen teknis dan administratif dalam jumlah besar lintas bidang. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pengelolaan arsip digital di lingkungan instansi masih bersifat desentralisasi, di mana dokumen disimpan pada perangkat lokal maupun media penyimpanan pribadi tanpa sistem penyimpanan terpusat. Kondisi tersebut menimbulkan berbagai permasalahan seperti kesulitan dalam pencarian dokumen, keterbatasan akses data bagi pihak pegawai yang membutuhkan data tertentu, serta meningkatnya risiko kehilangan

data akibat kerusakan perangkat penyimpanan. Selain itu, belum tersedianya sistem penyimpanan terintegrasi menyebabkan ketersediaan dan keamanan data arsip belum dapat dijamin secara optimal.

Permasalahan fragmentasi data tersebut fiturntut adanya solusi penyimpanan yang terpusat namun tetap mampu menjaga keamanan dan ketersediaan informasi. Implementasi private cloud storage menjadi alternatif yang relevan bagi instansi pemerintah karena memungkinkan pengelolaan data secara mandiri dalam infrastruktur yang berada di bawah kendali organisasi. Salah satu platform yang mendukung pendekatan ini adalah Nextcloud yang menyediakan fasilitas penyimpanan terpusat, sinkronisasi lintas perangkat, serta pengaturan hak akses pengguna melalui antarmuka berbasis web [1]. Infrastruktur penyimpanan dapat dibangun menggunakan TrueNAS SCALE sebagai sistem operasi *Network Attached Storage* berbasis ZFS yang menawarkan keandalan tinggi, kemampuan snapshot, serta skalabilitas penyimpanan data untuk kebutuhan organisasi [2]. Kombinasi kedua teknologi tersebut dapat membentuk sebuah sistem penyimpanan berbasis open-source yang fleksibel dan ekonomis sebagai alternatif terhadap layanan *cloud* komersial.

Selain aspek penyimpanan, keamanan akses terhadap sistem juga menjadi faktor penting dalam implementasi *private cloud*. Pengelolaan sistem dari luar jaringan internal memerlukan mekanisme akses jarak jauh yang aman untuk mencegah penyalahgunaan akses maupun penyadapan data. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah *Virtual Private Network* atau VPN berbasis WireGuard seperti Tailscale yang menyediakan komunikasi terenkripsi serta autentikasi pengguna secara aman [3]. Penggunaan mekanisme akses aman ini memungkinkan administrator melakukan pengelolaan server dari luar jaringan lokal tanpa mengurangi tingkat keamanan sistem.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji implementasi sistem penyimpanan berbasis cloud dan Network Attached Storage. Penelitian yang dilakukan oleh Irawan dkk. menunjukkan bahwa penerapan Nextcloud sebagai sistem *cloud storage* mampu meningkatkan keteraturan penyimpanan dan kemudahan akses data dalam lingkungan organisasi pendidikan [1]. Penelitian lain oleh Aryan dan Shetty mengembangkan arsitektur penyimpanan berbasis Nextcloud dan TrueNAS yang terbukti mampu menyediakan sistem penyimpanan yang aman, skalabel, dan efisien dari sisi biaya [2]. Selain itu, penelitian Setiawan dkk. menunjukkan bahwa implementasi Network Attached Storage menggunakan TrueNAS dapat meningkatkan keandalan pertukaran data dalam jaringan lokal melalui penyimpanan terpusat [4]. Sundari dan Ahmad serta Missio juga membuktikan bahwa penggunaan Nextcloud sebagai file server terpusat mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan data dibandingkan penyimpanan konvensional [5] [6].

Meskipun demikian, sebagian penelitian tersebut masih berfokus pada implementasi sistem penyimpanan terpusat tanpa membahas integrasi infrastruktur penyimpanan dengan mekanisme akses jarak jauh dalam satu arsitektur terpadu. Oleh karena itu, penelitian ini mengimplementasikan integrasi Nextcloud pada TrueNAS SCALE sebagai sistem *private cloud storage* untuk pengelolaan arsip digital di BBWS Mesuji Sekampung dengan dukungan mekanisme akses jarak jauh yang aman menggunakan Tailscale. Implementasi sistem diarahkan untuk menyediakan penyimpanan arsip digital yang terpusat, mudah dikelola, serta aman digunakan sesuai dengan kondisi infrastruktur instansi. Sistem yang dibangun diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan arsip digital sekaligus menjadi contoh penerapan teknologi *open-source* dalam mendukung transformasi digital di lingkungan instansi pemerintah.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Pengembangan sistem ini dilaksanakan melalui pendekatan implementasi sistem yang disesuaikan dengan kebutuhan pengelolaan arsip digital di lingkungan BBWS Mesuji Sekampung. Pendekatan yang dilakukan berfokus pada pembangunan sistem penyimpanan arsip digital terpusat yang dapat digunakan secara langsung oleh instansi serta mudah dikelola sesuai kebutuhan operasional.

Pengembangan sistem ini diawali dengan melakukan pengamatan terhadap proses penyimpanan dokumen yang saat itu sedang digunakan di lingkungan instansi. Berdasarkan hasil pengamatan, penyimpanan arsip yang berjalan masih dilakukan secara terpisah pada perangkat penyimpanan lokal maupun media penyimpanan pribadi para pegawai instansi sehingga menyulitkan proses pencarian dokumen serta meningkatkan risiko kehilangan data. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan tersebut diusulkanlah sistem arsip digital terpusat menggunakan platform Nextcloud yang berjalan pada server TrueNAS SCALE sebagai media penyimpanan utama. Metode pelaksanaan kegiatan dilakukan secara bertahap yang meliputi: tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, serta dokumentasi hasil implementasi. Melalui tahapan tersebut diharapkan sistem arsip digital yang dibangun dapat digunakan sebagai sarana penyimpanan dokumen yang lebih terstruktur dan mudah diakses di lingkungan BBWS Mesuji Sekampung.

2.1 Metodologi

Untuk memastikan arsitektur yang dibangun berjalan secara sistematis dan terukur, pengembangan sistem dilakukan melalui empat tahapan utama, yaitu:

1. Pengujian Sistem: Tahap evaluasi akhir untuk memvalidasi fungsionalitas dan keamanan koneksi, otorisasi folder, autentikasi, dan fitur pemulihan akun.
2. Analisis Kebutuhan : Tahap ini dilakukan melalui observasi terhadap proses pengelolaan arsip digital di lingkungan BBWS Mesuji Sekampung. Hasil observasi menunjukkan bahwa penyimpanan dokumen masih dilakukan secara terpisah pada perangkat lokal maupun media penyimpanan pribadi pegawai sehingga diperlukan sistem penyimpanan arsip digital yang terpusat.
3. Perancangan Sistem: Tahap perancangan dilakukan dengan menyusun rancangan sistem arsip digital berbasis *private cloud storage* menggunakan Nextcloud dan TrueNAS SCALE. Pada tahap ini ditentukan arsitektur sistem dan struktur penyimpanan sistem.
4. Implementasi Sistem: Tahap implementasi dilakukan dengan membangun sistem arsip digital pada server menggunakan integrasi nexctloud pada TrueNAS SCALE, meliputi konfigurasi penyimpanan, pengaturan pengguna, serta konfigurasi akses antarmuka agar sistem dapat berjalan dengan baik.
5. Dokumentasi Hasil Implementasi: Tahap dokumentasi dilakukan untuk menampilkan hasil implementasi sistem dalam bentuk tampilan antarmuka sistem sebagai bukti bahwa sistem arsip digital telah berhasil dibangun dan dapat digunakan.

2.2 Alat dan Bahan

Pengembangan sistem ini memanfaatkan kombinasi perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang dirancang khusus untuk mendukung infrastruktur penyimpanan terpusat berbasis *Network Attached Storage* (NAS) dan keamanan akses. Integrasi antar komponen ini mampu mengubah tata kelola data yang awalnya tersebar secara lokal menjadi lebih terstruktur di dalam satu lingkungan yang terkontrol.

Pemilihan TrueNAS SCALE didasari oleh arsitekturnya yang berbasis distro dari Linux yaitu Debian. Sistem ini sangat mendukung kemudahan virtualisasi aplikasi, sehingga Nextcloud bisa berjalan langsung secara native. Daftar lengkap perangkat lunak dan spesifikasi NAS yang digunakan dalam implementasi ini disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Alat dan Bahan

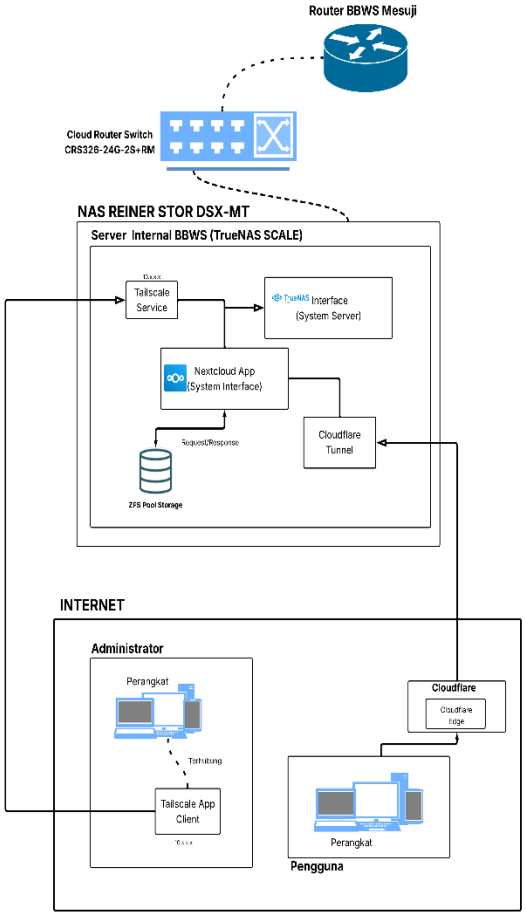
No	Nama	Versi	Keterangan
1	NAS Rainer STOR DSX-MT	-	Perangkat Penyimpanan Data (NAS)
2	TrueNAS SCALE	25.04.2.5	Sistem operasi NAS
3	Nextcloud	32.0.1	Antarmuka Sistem Arsip Digital
4	Tailscale	1.3.26	Akses Remote Sistem

Tabel 2. Spesifikasi NAS

No	Komponen	Spesifikasi
1	Prosesor	Intel(R) Celeron(R) N5105 @ 2.00GHz
2	RAM	32 GB
3	Media Penyimpanan	*Harddisk* 2 x 10 TB
4	Jaringan	*Ethernet* (LAN)

2.3 Arsitektur Sistem

Sistem dirancang dengan menempatkan Nextcloud sebagai lapisan aplikasi utama dan TrueNAS sebagai media penyimpanan *backend*. Perancangan ini memisahkan alur akses antara administrator dan pegawai instansi. Skema arsitektur sistem secara menyeluruh dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

Berdasarkan Gambar 1, arsitektur sistem terlihat bahwa sistem dibangun atas tiga lapisan utama yaitu lapisan akses, lapisan aplikasi, dan lapisan penyimpanan. Pada lapisan akses, server *Network Attached Storage* yang menggunakan TrueNAS SCALE terhubung dengan jaringan internal instansi melalui perangkat *Cloud Router Switch* yang berfungsi sebagai penghubung antara server dan jaringan internet. Perangkat jaringan ini memungkinkan layanan yang berjalan pada server dapat diakses secara terkendali dari luar jaringan tanpa mengganggu stabilitas jaringan internal. Server memiliki alamat IP lokal yang berada dalam satu segmen jaringan dengan Cloud Router Switch sehingga komunikasi data antara server dan jaringan internet dapat berlangsung secara stabil.

Akses sistem dibedakan menjadi dua jalur utama yaitu jalur akses pengguna dan jalur akses administrator. Jalur pengguna digunakan untuk mengakses layanan arsip digital melalui jaringan internet menggunakan domain layanan Nextcloud. Permintaan akses dari perangkat pengguna terlebih dahulu diteruskan fiturju layanan Cloudflare Edge, kemudian diteruskan melalui mekanisme Cloudflare Tunnel fiturju server internal BBWS Mesuji Sekampung. Cloudflare Tunnel berjalan pada server TrueNAS SCALE dan berfungsi membangun koneksi aman dari jaringan internal fiturju layanan Cloudflare sehingga layanan Nextcloud dapat diakses melalui internet tanpa perlu membuka port layanan secara langsung pada jaringan lokal.

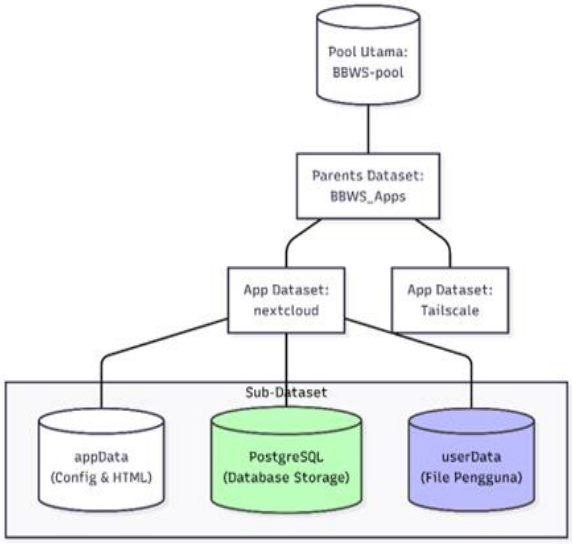
Seluruh permintaan akses yang masuk kemudian diteruskan ke aplikasi Nextcloud yang berjalan pada server TrueNAS SCALE sebagai layanan utama pengelolaan arsip digital. Melalui aplikasi ini pengguna dapat melakukan aktivitas pengelolaan arsip seperti penyimpanan file, pengambilan file, serta pengaturan struktur direktori arsip digital. Sementara itu, jalur administrator dirancang menggunakan mekanisme jaringan privat melalui layanan Virtual Private Network yaitu Tailscale. Administrator melakukan koneksi dari perangkat masing-masing menggunakan aplikasi Tailscale sehingga perangkat dapat bergabung ke dalam jaringan privat server. Setelah proses autentikasi berhasil, koneksi akan terbentuk melalui tunnel VPN terenkripsi fiturju layanan Tailscale yang berjalan pada server TrueNAS SCALE. Melalui jalur ini administrator dapat mengakses antarmuka TrueNAS SCALE maupun layanan Nextcloud secara langsung melalui jaringan privat tanpa harus mengekspos layanan internal ke jaringan publik.

Pada lapisan aplikasi, Nextcloud berperan sebagai layanan utama yang menyediakan antarmuka berbasis web untuk pengelolaan arsip digital. Seluruh permintaan akses baik dari jalur pengguna maupun jalur administrator akan diproses oleh layanan ini sehingga seluruh pengguna menggunakan sistem yang sama dalam mengelola arsip digital. Pada lapisan penyimpanan, TrueNAS SCALE berperan dalam menyediakan media penyimpanan terpusat berupa *ZFS Pool* yang digunakan sebagai lokasi penyimpanan utama data arsip digital. Seluruh file yang diunggah melalui Nextcloud akan disimpan pada media penyimpanan tersebut sehingga data arsip berada dalam satu sistem penyimpanan yang terkelola secara terpusat.

2.4 Arsitektur Penyimpanan Sistem

Tahap berikutnya dalam perancangan sistem adalah penyusunan struktur penyimpanan dan dataset pada TrueNAS SCALE yang berfungsi sebagai fondasi utama sistem *private cloud storage*. Perancangan struktur ini bertujuan untuk memastikan data yang digunakan oleh aplikasi Nextcloud serta layanan pendukung seperti Tailscale tersimpan secara terorganisasi, memiliki pemisahan fungsi yang jelas, dan mudah dikelola dalam kegiatan operasional maupun pemeliharaan sistem. Skema arsitektur penyimpanan sistem secara menyeluruh dapat dilihat pada Gambar 2.

.



Gambar 2. Arsitektur Penyimpanan Sistem

Berdasarkan Gambar 2, struktur penyimpanan sistem dibangun menggunakan satu *storage pool* utama bernama BBWS-pool yang berfungsi sebagai media penyimpanan terpusat pada server TrueNAS SCALE. *Storage pool* ini menjadi lokasi utama penyimpanan seluruh dataset yang digunakan oleh sistem arsip digital. Penggunaan satu *pool* penyimpanan bertujuan untuk memudahkan pengelolaan kapasitas serta menjaga keteraturan data dalam sistem penyimpanan terpusat.

Di dalam *storage pool* tersebut dibuat sebuah parent dataset bernama BBWS_Apps yang digunakan sebagai lokasi penyimpanan layanan dan aplikasi yang berjalan pada server TrueNAS SCALE. Pemisahan dataset aplikasi dari dataset lainnya dilakukan untuk menjaga keteraturan struktur penyimpanan serta memudahkan proses pengelolaan dan pemeliharaan sistem.

Pada *parent* dataset BBWS_Apps terdapat beberapa dataset aplikasi, yaitu dataset Nextcloud dan dataset Tailscale. Dataset Nextcloud digunakan sebagai media penyimpanan utama sistem arsip digital, sedangkan dataset Tailscale digunakan sebagai lokasi penyimpanan aplikasi yang mendukung mekanisme akses jarak jauh ke server. Pemisahan dataset ini memungkinkan setiap layanan berjalan secara terpisah sehingga pengelolaan data menjadi lebih terstruktur. Dataset Nextcloud selanjutnya dibagi ke dalam beberapa sub-dataset sesuai dengan fungsi penyimpanannya, yaitu appData, PostgreSQL, dan userData. Sub-dataset appData digunakan untuk menyimpan berkas konfigurasi dan data internal aplikasi Nextcloud. Sub-dataset PostgreSQL digunakan sebagai lokasi penyimpanan basis data yang berisi metadata sistem, informasi pengguna, serta struktur direktori. Sementara itu, sub-dataset userData digunakan sebagai media penyimpanan utama arsip digital yang diunggah dan dikelola oleh pengguna melalui aplikasi Nextcloud.

2.5 Nextcloud

Nextcloud merupakan platform berbasis open-source yang menyediakan layanan penyimpanan berkas, manajemen kontak, kalender, hingga komunikasi audio-visual secara terpadu [1]. Dalam pengembangan proyek ini, Nextcloud berperan sebagai aplikasi berbasis web yang menyediakan antarmuka bagi pengguna untuk menyimpan, mengakses, dan mengelola arsip digital secara terpusat melalui jaringan lokal maupun jaringan internet. Penggunaan Nextcloud memungkinkan pegawai dari berbagai bidang kerja dapat mengakses dokumen sesuai kebutuhan tanpa harus bergantung pada media penyimpanan lokal

Nextcloud dijalankan di atas sistem operasi TrueNAS SCALE sebagai layanan aplikasi yang terintegrasi dengan media penyimpanan server. Melalui integrasi ini, seluruh aktivitas pengguna seperti unggah berkas, pengunduhan berkas, serta pengelolaan direktori arsip digital akan langsung tersimpan pada media penyimpanan terpusat yang dikelola oleh TrueNAS. Pendekatan ini memungkinkan organisasi memiliki kendali penuh terhadap lokasi penyimpanan data serta kebijakan akses pengguna sehingga keamanan dan

ketersediaan arsip digital dapat terjaga dengan lebih baik [7].

2.6 TrueNAS SCALE

TrueNAS SCALE merupakan sistem operasi *Network Attached Storage (*NAS) berbasis *open-source* yang digunakan sebagai sistem operasi yang menjalankan sistem penyimpanan NAS [2]. Dalam pengembangan sistem ini, TrueNAS SCALE berperan sebagai pengelola media penyimpanan terpusat sekaligus sebagai lingkungan tempat layanan arsip digital dijalankan. Penggunaan sistem operasi NAS menjadikan seluruh data arsip digital disimpan pada satu server terpusat sehingga pengelolaan data menjadi lebih terstruktur dan mudah dikendalikan.

TrueNAS SCALE dibangun menggunakan kernel Linux berbasis Debian sehingga mendukung berbagai layanan aplikasi berbasis container yang dibutuhkan dalam pembangunan sistem arsip digital [8]. Pada implementasi sistem ini, TrueNAS SCALE digunakan sebagai host aplikasi Nextcloud yang berfungsi sebagai antarmuka pengelolaan arsip digital. Dengan pendekatan tersebut, layanan penyimpanan dan layanan aplikasi dapat berjalan pada satu server yang sama sehingga kebutuhan perangkat tambahan dapat diminimalkan.

2.7 Tailscale

Tailscale merupakan teknologi jaringan modern yang digunakan untuk membuat jaringan privat yang aman melalui internet, tanpa perlu pengaturan jaringan yang rumit seperti konfigurasi jaringan tradisional. Teknologi inti Tailscale bertumpu pada protokol WireGuard, sebuah standar VPN generasi baru yang menawarkan kinerja enkripsi tinggi dengan beban CPU yang rendah [3].

Pada implementasi proyek ini, Tailscale dimanfaatkan sebagai jalur akses khusus bagi administrator untuk mengelola server TrueNAS SCALE dan layanan Nextcloud tanpa harus membuka port layanan ke jaringan publik. Mekanisme kerja Tailscale dilakukan dengan menjalankan aplikasi Tailscale pada setiap perangkat administrator yang telah terdaftar sehingga perangkat tersebut dapat menjadi bagian dari jaringan privat yang sama dengan server. Setelah proses autentikasi berhasil dilakukan, administrator dapat mengakses server secara langsung melalui koneksi yang terenkripsi meskipun berada di luar jaringan internal instansi [9].

2.8 *Network Attached Storage (NAS)*

NAS merupakan sistem penyimpanan data berbasis jaringan yang menyediakan akses file secara terpusat bagi berbagai pengguna dalam satu jaringan [4]. Sistem NAS menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak yang dioptimalkan untuk kebutuhan penyimpanan dan berbagi data sehingga memungkinkan banyak pengguna mengakses file yang sama secara bersamaan melalui jaringan [10]. Berbeda dengan media penyimpanan lokal yang terhubung langsung ke satu komputer, NAS dapat diakses secara independen oleh beberapa perangkat sehingga lebih sesuai digunakan sebagai media penyimpanan terpusat dalam lingkungan instansi.

Dalam implementasi sistem arsip digital di BBWS Mesuji Sekampung, NAS digunakan sebagai media penyimpanan utama yang dijalankan menggunakan sistem operasi TrueNAS SCALE. Penggunaan NAS memungkinkan seluruh arsip digital tersimpan dalam satu lokasi penyimpanan yang terpusat sehingga memudahkan proses pengelolaan dan pencarian dokumen. fiturju Cloudflare Edge.

NAS memiliki beberapa keunggulan dalam mendukung pengelolaan arsip digital, di antaranya kemudahan pengelolaan penyimpanan, efisiensi biaya implementasi, serta kemampuan pengembangan kapasitas penyimpanan sesuai kebutuhan [10]. Selain itu, sistem NAS dapat diakses dari berbagai sistem operasi seperti Windows, Linux, dan macOS sehingga mendukung penggunaan lintas perangkat di lingkungan kerja [10].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan sistem arsip digital di BBWS Mesuji Sekampung menghasilkan sistem arsip digital yang mengintegrasikan TrueNAS SCALE sebagai sistem operasi penyimpanan dengan Nextcloud sebagai layanan pengelolaan dokumen berbasis web. Sistem ini dibangun untuk menyediakan media penyimpanan terpusat yang dapat digunakan oleh pengguna dalam mengelola arsip digital secara lebih terorganisasi dibandingkan metode penyimpanan sebelumnya.

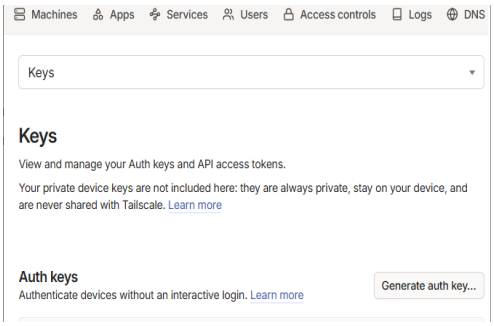
Implementasi dilakukan dengan menyesuaikan kondisi infrastruktur yang tersedia di instansi, mulai dari implementasi akses jarak jauh untuk pengembangan hingga manajemen sistem, pengaturan media penyimpanan terpusat, hingga penerapan layanan Nextcloud yang dapat diakses melalui jaringan internet. Dengan adanya sistem ini, proses penyimpanan dan pencarian dokumen menjadi lebih terstruktur karena seluruh arsip tersimpan pada satu media penyimpanan yang terkelola. Hasil implementasi sistem ditunjukkan melalui serangkaian tampilan dari sistem arsip digital seperti halaman login, beranda, pengaturan profiil sampai pengaturan sistem nextcloud

3.1 Implementasi Remote Access Menggunakan Tailscale

Implementasi akses jarak jauh dilakukan dengan memanfaatkan layanan Tailscale sebagai jaringan privat yang menghubungkan perangkat administrator dengan server TrueNAS SCALE.

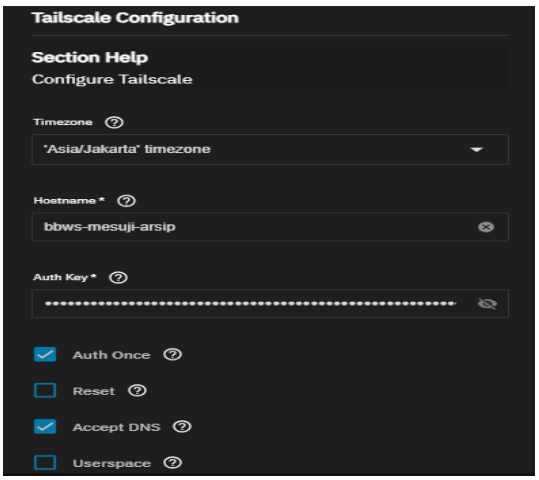
Penerapan akses jarak jauh ini bertujuan agar proses pengelolaan dan pemeliharaan sistem dapat dilakukan dari luar jaringan internal instansi secara aman tanpa perlu membuka port layanan ke jaringan publik.

Tahap awal konfigurasi dilakukan dengan membuat *authentication key* melalui laman https://login.tailscale.com/admin/ menggunakan akun Google yang kemudian digunakan untuk menghubungkan server ke dalam jaringan privat. *Authentication key* berfungsi sebagai identitas autentikasi agar server dapat bergabung ke dalam jaringan Tailscale yang telah ditentukan.



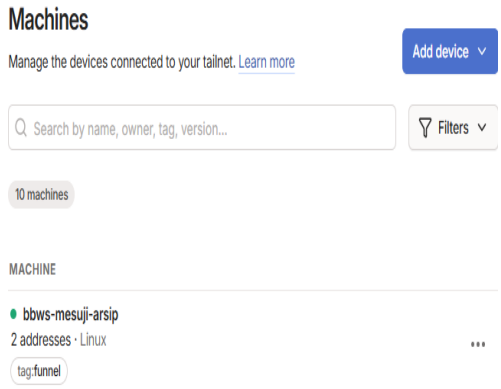
Gambar 3. Pembuatan Authentication Key

Setelah *authentication key* dibuat, langkah berikutnya adalah melakukan konfigurasi aplikasi Tailscale pada server TrueNAS SCALE dengan memasukkan authentication key tersebut ke dalam parameter konfigurasi layanan. Proses ini bertujuan agar server dapat melakukan autentikasi secara otomatis dan bergabung ke dalam jaringan Tailscale.



Gambar 4. Konfigurasi Tailscale Server Pada TrueNAS SCALE

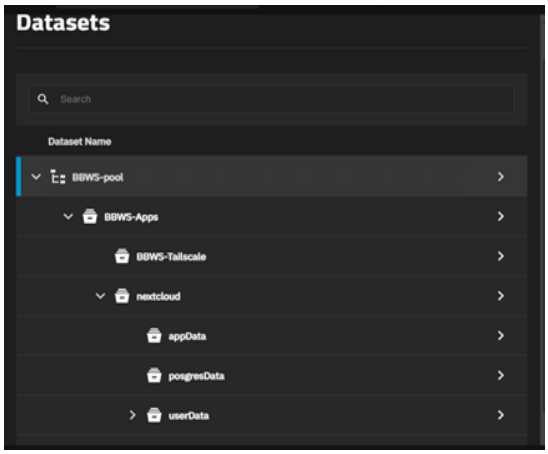
Setelah layanan dijalankan, server akan memperoleh alamat IP privat dari jaringan Tailscale yang dapat digunakan sebagai jalur akses administrator fiturju server. Administrator yang telah terhubung ke jaringan Tailscale melalui perangkat masing-masing kemudian dapat mengakses antarmuka TrueNAS SCALE maupun layanan Nextcloud secara langsung melalui alamat IP privat tersebut tanpa harus menggunakan akses publik.



Gambar 5. Tampilan NAS pada *Machine* Tailscale Admin

Gambar 5 fiturnjukkan tampilan machine server yang telah terdaftar pada jaringan Tailscale beserta aplikasi Tailscale yang berjalan pada server TrueNAS SCALE. Tampilan ini fiturnjukkan bahwa proses konfigurasi telah berhasil dilakukan dan server telah terhubung ke jaringan privat, sehingga akses jarak jauh dapat dilakukan secara aman dan stabil.

3.2 Implementasi Struktur Penyimpanan Pada TrueNAS SCALE

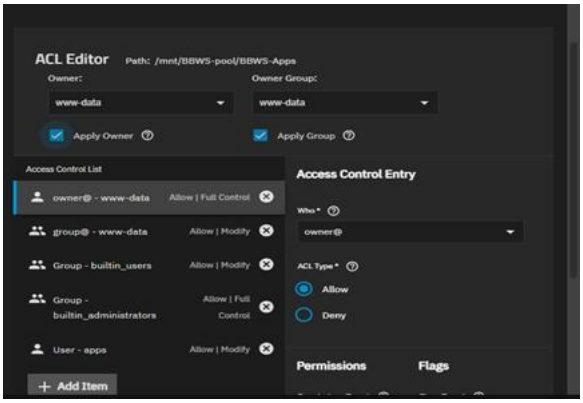


Gambar 6. Struktur Penyimpanan *Private Cloud Storage*

Implementasi struktur penyimpanan dilakukan pada sistem operasi TrueNAS SCALE untuk menyediakan media penyimpanan arsip digital secara terpusat. Penyimpanan dibangun menggunakan satu *storage pool* utama bernama BBWS-pool yang berfungsi sebagai lokasi penyimpanan seluruh data sistem private cloud storage. Di dalam storage pool tersebut dibuat sebuah *parent* dataset bernama BBWS-Apps yang

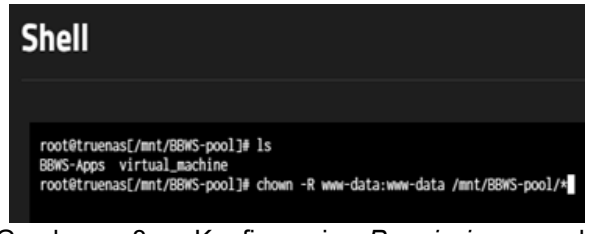
digunakan sebagai lokasi penyimpanan layanan aplikasi yang berjalan pada server.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6, parent dataset BBWS-Apps terdiri dari beberapa dataset aplikasi yaitu dataset BBWS-Tailscale dan dataset Nextcloud. Dataset BBWS-Tailscale digunakan sebagai lokasi penyimpanan layanan Tailscale yang mendukung akses jarak jauh ke server, sedangkan dataset Nextcloud digunakan sebagai media penyimpanan utama sistem arsip digital. Dataset Nextcloud selanjutnya dibagi menjadi beberapa sub-dataset yaitu appData, postgresData, dan userData yang masing-masing digunakan untuk menyimpan data aplikasi, basis data sistem, serta arsip digital pengguna. Struktur penyimpanan ini dirancang untuk memisahkan data aplikasi dan data pengguna sehingga pengelolaan penyimpanan menjadi lebih teratur.



Gambar 7. Konfigurasi Hak Akses pada Penyimpanan

Setelah struktur dataset dibuat, tahap berikutnya adalah melakukan konfigurasi hak akses penyimpanan agar layanan Nextcloud dapat menggunakan dataset yang telah disediakan. Konfigurasi hak akses dilakukan melalui fitur ACL Editor pada TrueNAS SCALE dengan menetapkan pemilik dataset menggunakan pengguna www-data yang merupakan pengguna layanan web Nextcloud. Proses konfigurasi hak akses tersebut ditunjukkan pada Gambar 7. Pengaturan ini dilakukan agar layanan Nextcloud memiliki izin untuk membaca dan fiturlis data pada dataset penyimpanan.



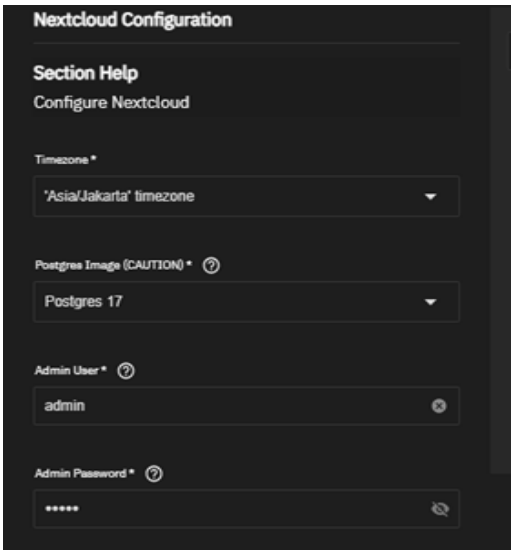
Gambar 8. Konfigurasi *Permission* pada Penyimpanan

Selain melalui antarmuka grafis, pengaturan permission penyimpanan juga dilakukan melalui terminal sistem untuk memastikan seluruh direktori dataset memiliki kepemilikan yang sesuai. Konfigurasi dilakukan menggunakan perintah chown untuk menetapkan kepemilikan direktori dataset kepada pengguna *www-data* secara rekursif. Proses konfigurasi *permission* tersebut ditunjukkan pada Gambar 8. Dengan konfigurasi ini, layanan Nextcloud dapat mengakses media penyimpanan secara penuh sehingga proses penyimpanan dan pengambilan arsip digital dapat berjalan dengan baik.

3.3 Implementasi Nextcloud Sebagai Antarmuka Sistem

Implementasi Nextcloud pada sistem *private cloud storage* dilakukan dengan memanfaatkan fitur bernama *Apps* pada TrueNAS SCALE. Melalui fitur ini, aplikasi Nextcloud dapat dipasang dan dijalankan dalam lingkungan berbasis container tanpa memerlukan instalasi manual pada sistem operasi. Pendekatan ini dipilih karena lebih mudah dikelola serta mendukung stabilitas layanan dalam operasional sistem.

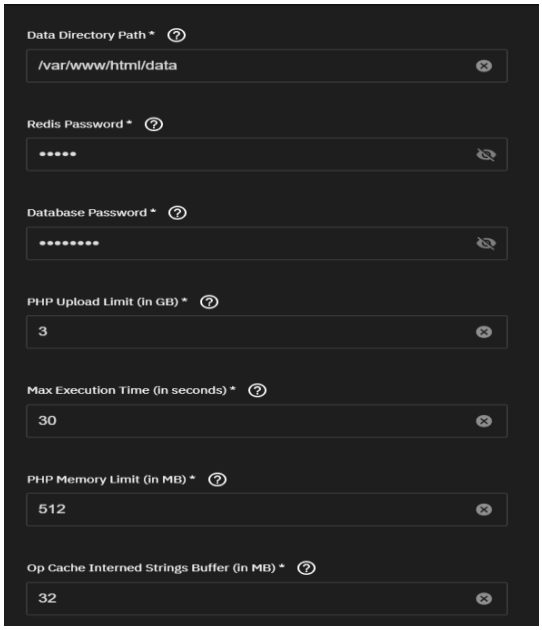
Proses instalasi dilakukan dengan memilih aplikasi Nextcloud melalui katalog aplikasi pada fitur *Apps* TrueNAS SCALE. Setelah aplikasi dipilih, sistem akan menampilkan beberapa tahapan konfigurasi yang perlu disesuaikan sebelum layanan dijalankan. Tahap awal konfigurasi dilakukan pada bagian *Nextcloud Configuration*, yaitu pengaturan parameter dasar yang menentukan identitas dan pengoperasian layanan Nextcloud.



Gambar 9. Konfigurasi Nextcloud (1)

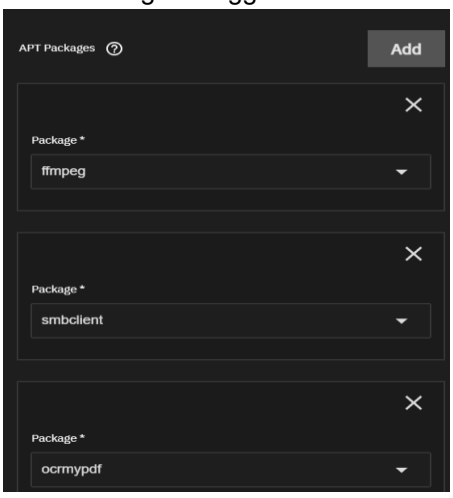
Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 9, konfigurasi zona waktu diatur menggunakan Asia/Jakarta agar waktu sistem sesuai dengan lokasi operasional instansi. Selanjutnya dipilih PostgreSQL versi 17 sebagai sistem basis data

yang digunakan untuk menyimpan informasi pengguna, metadata berkas, serta struktur direktori pada Nextcloud. Pada tahap ini juga ditentukan akun administrator serta pengaturan password administrator yang akan digunakan sebagai pengelola utama sistem Nextcloud.



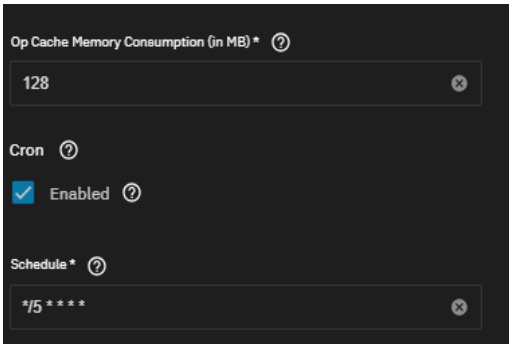
Gambar 10. Konfigurasi Nextcloud (2)

Berikutnya pada gambar 10 dilakukan pengaturan direktori data dengan menentukan data *directory path* sebagai lokasi penyimpanan berkas yang akan digunakan oleh Nextcloud. Selain itu ditentukan pula kata sandi untuk layanan Redis dan basis data yang berfungsi mendukung proses penyimpanan dan pengolahan data aplikasi secara aman. Parameter lain yang diatur meliputi batas ukuran unggah berkas *(PHP Upload Limit*) serta waktu eksekusi maksimum (*Max Execution Time*) yang digunakan untuk mengatur batas proses aplikasi saat menangani unggahan berkas.



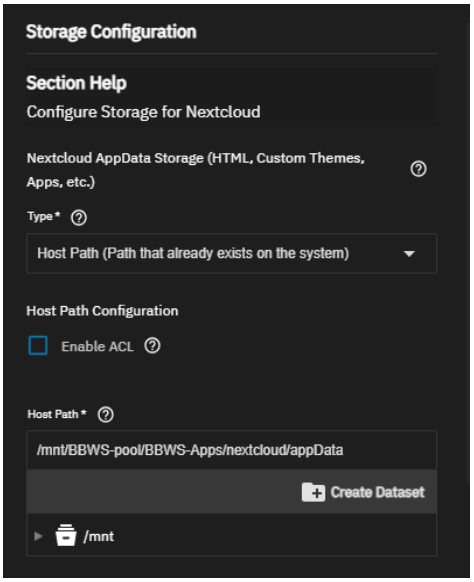
Gambar 11. Konfigurasi Nextcloud (3)

Selain konfigurasi dasar, dilakukan pula penambahan beberapa paket tambahan melalui fitur APT Packages seperti ffmpeg, smbclient, dan ocrmypdf seperti yang ada pada gambar 11. Paket tambahan tersebut digunakan untuk mendukung fungsi tambahan pada Nextcloud seperti pengolahan berkas multimedia, integrasi layanan berbagi berkas melalui protokol SMB, serta pemrosesan dokumen berbasis OCR.



Gambar 12. Konfigurasi Nextcloud (4)

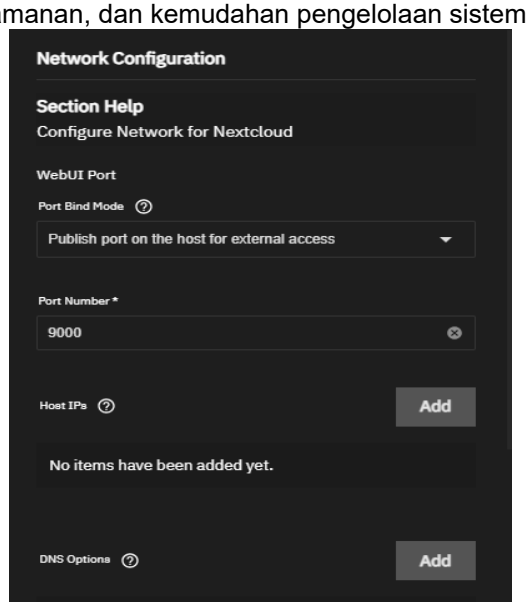
Konfigurasi terakhir pada tahap ini adalah pengaturan sumber daya aplikasi, seperti alokasi memori PHP dan penggunaan cache untuk meningkatkan kinerja sistem. Selain itu diaktifkan pula mekanisme cron job yang berfungsi menjalankan proses latar belakang Nextcloud secara berkala sehingga sistem dapat melakukan pemeliharaan data secara otomatis.



Gambar 13. Konfigurasi Pengaturan Penyimpanan Sistem

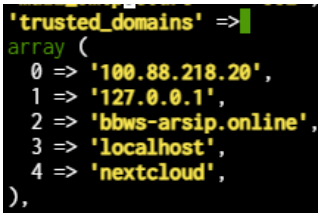
Tahapan berikutnya dalam proses konfigurasi ini adalah tahap konfigurasi penyimpanan yang berfungsi menentukan lokasi fisik penyimpanan data aplikasi, basis data, serta arsip digital pengguna pada sistem TrueNAS SCALE. Pada tahap ini, setiap jenis data dipisahkan ke dalam

dataset yang berbeda untuk menjaga keteraturan, keamanan, dan kemudahan pengelolaan sistem.

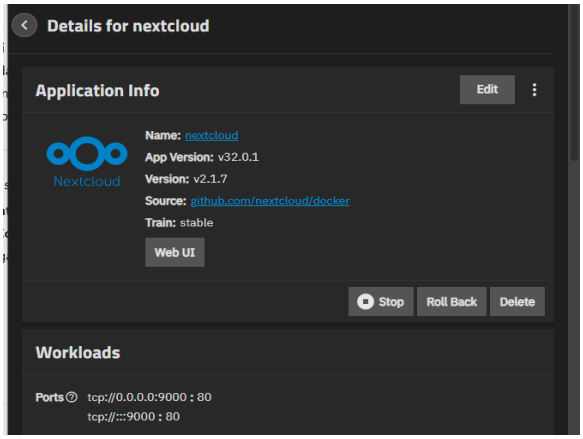


Gambar 14. Konfigurasi Akses Web Interface Sistem

Tahap berikutnya adalah melakukan konfigurasi jaringan yang berfungsi untuk menentukan bagaimana aplikasi Nextcloud dapat diakses melalui jaringan. Pada konfigurasi ini, *Port Bind Mode* diatur ke opsi *Publish port on the host for external access*, yang berarti layanan Nextcloud dipublikasikan melalui sistem TrueNAS SCALE sehingga dapat diakses dari perangkat lain dalam jaringan. Nomor port yang diatur pada konfigurasi ini adalah port 9000, yang berfungsi sebagai jalur komunikasi antara pengguna dan layanan Nextcloud melalui web browser.



Gambar 15. Trusted Domains

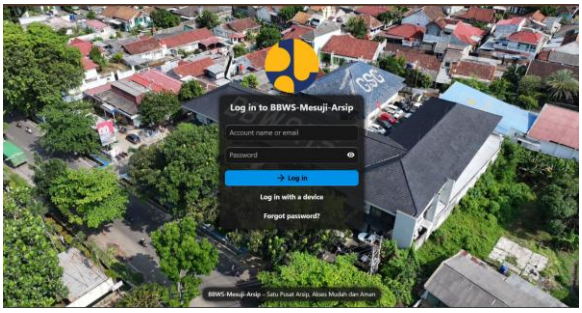


Gambar 16. Tampilan Nextcloud

Tahap berikutnya adalah pengaturan lanjutan terkait akses domain Nextcloud. Pada Gambar 15 pengaturan dilakukan melalui berkas konfigurasi Nextcloud yang berada pada direktori */mnt/BBWS-pool/BBWS Apps/nextcloud/appData/config.* Pada berkas ini, administrator menyesuaikan parameter trusted domains untuk menentukan domain yang diizinkan mengakses antarmuka Nextcloud. Pengaturan trusted domains diperlukan untuk mencegah akses tidak sah serta memastikan bahwa Nextcloud hanya dapat diakses melalui alamat yang telah ditentukan.

Berdasarkan tampilan pada Gambar 16, aplikasi Nextcloud telah berhasil dijalankan pada lingkungan TrueNAS SCALE. Informasi aplikasi fiturnjukkan bahwa Nextcloud berada dalam kondisi aktif, dengan detail versi aplikasi, sumber image, serta pemetaan port jaringan yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Melalui tampilan ini, maka dapat dipastikan bahwa layanan Nextcloud telah siap digunakan dan dapat diakses melalui antarmuka web yang disediakan.

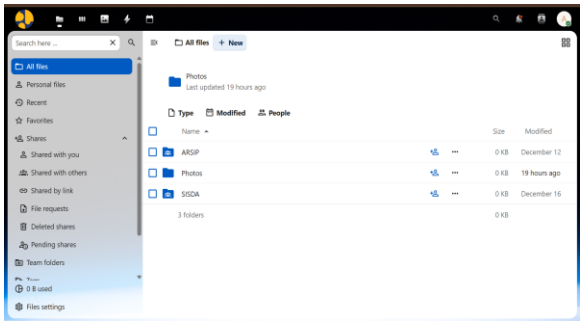
3.4 Tampilan Halaman *Login*



Gambar 17. Halaman Login

Halaman *login* merupakan halaman antarmuka awal yang digunakan pengguna untuk mengakses sistem antarmuka Nextcloud. Pada halaman ini, pengguna diminta untuk memasukkan nama akun atau email serta kata sandi yang telah terdaftar pada sistem. Proses autentikasi ini berfungsi sebagai mekanisme keamanan awal untuk memastikan bahwa hanya pengguna yang memiliki akun penyimpanan yang dapat mengakses arsip digital di lingkungan BBWS Mesuji Sekampung. Selain kolom autentikasi utama, halaman login juga menyediakan beberapa fitur pendukung seperti, Fitur *Log in with a device* yang berfungsi agar pengguna dapat melakukan autentikasi menggunakan perangkat yang telah terdaftar sebelumnya, sehingga dapat mempermudah proses masuk tanpa harus memasukkan kredensial secara manual pada kondisi tertentu. Terakhir, terdapat fitur *Forgot password?* yang berfungsi sebagai mekanisme pemulihan akun apabila pengguna lupa kata sandi.

3.5 Tampilan Halaman Beranda

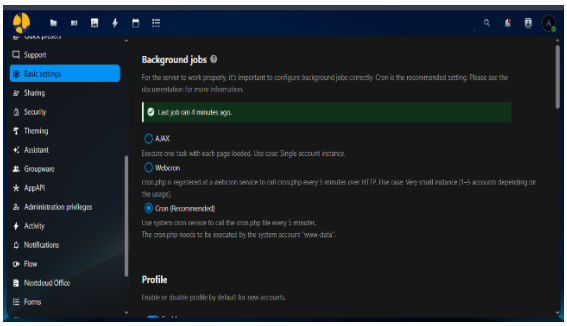


Gambar 18. Halaman Beranda

Setelah proses *login* berhasil, pengguna akan diarahkan ke halaman utama yang menjadi pusat pengelolaan arsip digital dalam sistem. Pada tampilan utama ditunjukkan daftar folder dan file yang tersimpan beserta informasi pendukung seperti nama berkas, ukuran file, waktu perubahan terakhir, serta indikator berbagi berkas. Di bagian atas halaman tersedia kolom pencarian yang memudahkan pengguna menemukan file atau folder dengan cepat, serta fitur *New* yang digunakan untuk membuat direktori baru atau mengunggah berkas ke dalam sistem.

Pada sisi kiri halaman terdapat panel navigasi yang berisi fitur utama untuk membantu pengguna mengakses arsip berdasarkan kategori tertentu. Fitur *All files* berfungsi menampilkan seluruh file yang tersimpan, sedangkan *Personal files* menampilkan file milik pengguna. Fitur *Recent* berisi daftar file yang terakhir diakses atau diperbarui, sementara *Favorites* menampilkan file yang telah ditandai sebagai favorit oleh pengguna. Selain itu tersedia fitur *Shares, Shared with you,* dan *Shared by link* yang digunakan untuk mengelola file yang dibagikan kepada pengguna lain. Fitur *Deleted files* digunakan untuk menampilkan file yang telah dihapus sementara, sedangkan *Team folders* menyediakan akses ke folder bersama antar bidang. Terakhir, *fitur Files settings* digunakan untuk mengatur konfigurasi yang berkaitan dengan manajemen berkas dalam sistem.

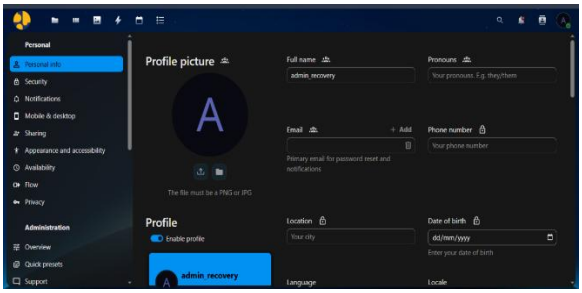
3.6 Tampilan Halaman Pengaturan Sistem



Gambar 19. Halaman Pengaturan Sistem

Halaman pengaturan sistem hanya dapat diakses oleh administrator dan digunakan untuk mengelola konfigurasi sistem Nextcloud secara menyeluruh agar layanan dapat berjalan dengan stabil dan aman. Pada halaman ini terdapat berbagai pengaturan seperti *Background jobs* yang menggunakan metode Cron untuk menjalankan proses pemeliharaan sistem secara otomatis, *Basic settings* yang berisi konfigurasi umum sistem, *Sharing* dan *Security* untuk pengaturan berbagi file dan keamanan akses, serta *Administration privileges* untuk pengelolaan hak administrator. Selain itu tersedia juga fitur *Activity* dan *Notifications* untuk melihat aktivitas sistem serta fitur tambahan seperti Nextcloud Office dan Forms yang mendukung pengelolaan dokumen.

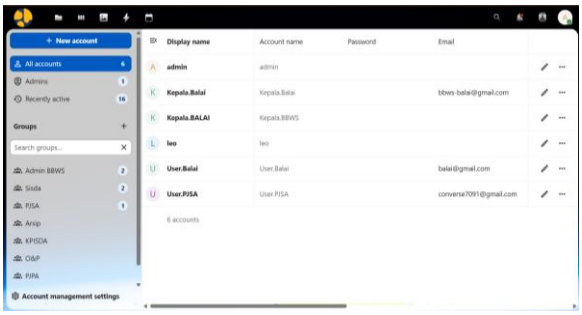
3.7 Tampilan Halaman Pengaturan Profil



Gambar 20. Halaman Pengaturan Profil

Halaman pengaturan profil merupakan halaman yang digunakan pengguna untuk mengelola informasi dan preferensi akun masing-masing. Berdasarkan gambar 20 terlihat pada halaman ini, pengguna dapat mengatur data profil, seperti nama tampilan, alamat surel, bahasa, serta pengaturan personal lainnya. Pengaturan ini bersifat individual dan tidak memengaruhi konfigurasi sistem secara keseluruhan. Fitur pengaturan ini menjadikan pengguna untuk menyesuaikan pengalaman penggunaan sistem sesuai dengan kebutuhan pribadi tanpa mengubah kebijakan akses atau struktur arsip yang telah ditetapkan.

3.8 Tampilan Halaman Pengaturan Pengguna



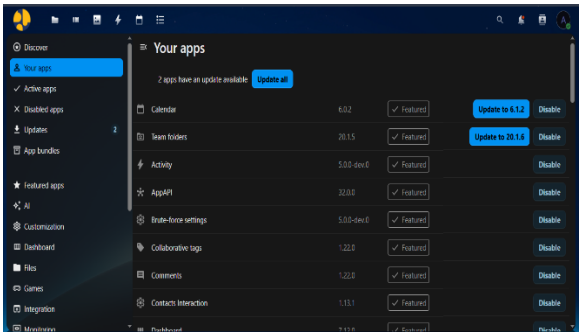
Gambar 21. Halaman Manajemen Pengguna

Halaman Pengaturan Pengguna hanya dapat diakses oleh administrator untuk mengatur seluruh

akun pengguna yang terdaftar pada sistem Nextcloud. Melalui halaman ini administrator dapat menambahkan akun baru, mengubah informasi pengguna, serta mengelompokkan pengguna berdasarkan bidang kerja sehingga hak akses terhadap arsip digital dapat diatur sesuai kebutuhan instansi.

Berdasarkan Gambar 21, pada sisi kiri terdapat panel navigasi yang digunakan untuk menampilkan akun berdasarkan kategori seperti All accounts, Admins, dan Recently active, serta daftar Groups yang berisi kelompok pengguna berdasarkan unit kerja. Pada bagian utama halaman ditampilkan daftar pengguna beserta informasi akun, sedangkan pada sisi kanan tersedia fitur untuk mengubah data, menonaktifkan, atau menghapus akun. Selain itu, tombol New account digunakan untuk menambahkan pengguna baru ke dalam sistem.

3.9 Tampilan Halaman Pengaturan Aplikasi Pendukung

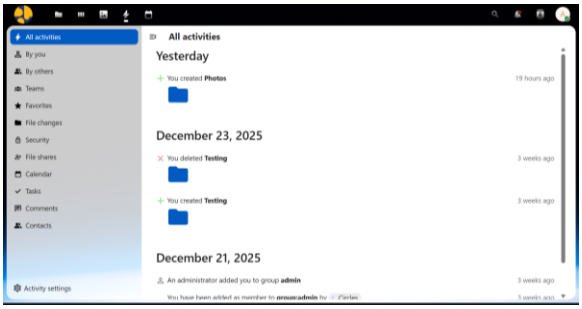


Gambar 22. Halaman Pengaturan Aplikasi Pendukung

Halaman Pengaturan Aplikasi Pendukung digunakan oleh administrator untuk mengelola aplikasi tambahan yang terpasang pada sistem Nextcloud. Melalui halaman ini administrator dapat memantau status aplikasi, melakukan pembaruan versi, serta menonaktifkan aplikasi yang tidak diperlukan agar sistem tetap berjalan dengan optimal.

Berdasarkan Gambar 22, pada sisi kiri terdapat panel navigasi yang menampilkan kategori aplikasi seperti Your apps, Active apps, Disabled apps, dan Updates yang digunakan untuk menyaring aplikasi berdasarkan statusnya. Pada bagian utama halaman ditampilkan daftar aplikasi beserta informasi versi dan tombol tindakan seperti Update, Disable, dan Update all. Beberapa aplikasi yang digunakan dalam sistem antara lain Calendar, Team folders, Activity, dan Brute-force settings yang mendukung fungsi pengelolaan arsip, pemantauan aktivitas, serta keamanan sistem.

3.10 Tampilan Halaman Aktivitas Sistem



Gambar 23. Halaman Aktivitas Sistem

Halaman Activity digunakan untuk menampilkan riwayat aktivitas yang terjadi pada sistem Nextcloud, baik aktivitas yang dilakukan oleh pengguna sendiri maupun aktivitas dari pengguna lain yang berkaitan dengan file atau folder yang diakses. Tampilan aktivitas disusun dalam bentuk kronologis sehingga memudahkan pengguna memantau perubahan yang terjadi pada arsip digital.

Berdasarkan Gambar 23, pada sisi kiri terdapat panel navigasi yang berfungsi untuk menyaring aktivitas berdasarkan kategori tertentu seperti All activities, By you, dan By others. Selain itu tersedia kategori lain seperti File changes, File shares, dan Security yang menampilkan aktivitas perubahan berkas, berbagi file, serta aktivitas yang berkaitan dengan keamanan akun. Halaman ini membantu pengguna maupun administrator dalam memantau penggunaan sistem serta perubahan yang terjadi pada arsip digital.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Integrasi Nextcloud dengan TrueNAS SCALE melalui pengaturan dataset dan permission yang terorganisasi berhasil membentuk sistem penyimpanan arsip digital yang terpusat dan berjalan secara stabil. Penerapan ini menggantikan pola penyimpanan sebelumnya yang masih tersebar, sehingga pengelolaan dokumen di BBWS Mesuji Sekampung menjadi lebih tertata.
2. Struktur dataset yang diterapkan pada TrueNAS SCALE disusun dengan memisahkan penyimpanan data aplikasi, basis data, dan arsip pengguna. Pemisahan tersebut mempermudah pengelolaan penyimpanan karena setiap komponen sistem memiliki lokasi penyimpanan yang jelas sesuai dengan fungsinya.
3. Penggunaan Tailscale memungkinkan administrator mengakses antarmuka TrueNAS SCALE dan Nextcloud dari luar jaringan internal tanpa perlu mengekspos layanan ke internet. Akses dilakukan melalui jaringan

privat Tailscale dengan enkripsi berbasis WireGuard sehingga pengelolaan sistem dapat dilakukan secara aman dari jarak jauh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung, terutama kepada pimpinan dan staf Bidang PSDA, atas kesempatan, fasilitas, serta dukungan informasi yang diberikan selama pelaksanaan kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Faris Haidi, S.T., selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama kegiatan berlangsung, serta kepada Bapak Ir. Gigih Forda Nama, S.T., M.T.I., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan pendampingan akademik. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Yessi Mulyani, S.T., M.T., serta seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Informatika Universitas Lampung atas dukungan dan bantuan administratif yang turut mendukung kelancaran pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Irawan, A. P. Sari, and S. Bahri, “Perancangan Dan Implementasi Cloud Storage Menggunakan NextCloud Pada Smk YPP Pandeglang,” *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 5, no. 2, pp. 131–143, 2019, [Online]. Available: https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/PROSISKO/article/view/1634/1083

[2] P. Aryan and S. D. Shetty, “Designing a Secure, Scalable, and Cost-Effective Cloud Storage Solution: A Novel Approach to Data Management using NextCloud, TrueNAS, and QEMU/KVM,” *CINS 2024 - 2nd Int. Conf. Comput. Intell. Netw. Syst.*, 2024, doi: 10.1109/CINS63881.2024.10864401.

[3] D. F. Hrițcan and D. Balan, “Using Tailscale and PfSense for Security and Anonymity of IoT Environments,” *2024 17th Int. Conf. Dev. Appl. Syst. DAS 2024 - Proc.*, pp. 91–94, 2024, doi: 10.1109/DAS61944.2024.10541192.

[4] M. Setiawan, H. Sunardi, and Tasmi, “Perancangan Network Attached Storage Sebagai Sarana Transaksi Data Antar Perangkat Dalam Jaringan Lokal Menggunakan Truenas Scale Secara Wireless,” *J. Intell. Networks IoT Glob.*, vol. 2, no. 2, pp. 68–76, 2024, doi: 10.36982/jinig.v2i2.4962.

[5] M. Sundari and Nazaruddin Ahmad, “Implementasi File Server Terpusat Menggunakan Nextcloud Di Smkn 2 Kutacane,” *Tek. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 6, no. 2, pp. 177–182, 2025, doi: 10.46764/teknimedia.v6i2.303.

[6] M. Missio, “POLITECNICO DI TORINO DEPARTMENT OF CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING (DAUIN) Master Degree in Computer Engineering Custom cloud storage solutions based on Nextcloud: a case study implementation,” 2022.

[7] Nextcloud GmbH, “Nextcloud Server Administration Guide: Architecture and Installation,” 2024, *Nextcloud Documentation*. [Online]. Available: https://docs.nextcloud.com/server/latest/admin_manual/

[8] iXsystems, “TrueNAS SCALE Architecture and Features,” 2024, *TrueNAS Documentation Hub*. [Online]. Available: https://www.truenas.com/docs/scale/gettingstarted/

[9] Tailscale Inc., “Tailscale Security \& Tech Whitepaper,” 2024. [Online]. Available: https://tailscale.com

[10] J. N. Rao, M. Rajyalakshmi, and B. Santhi, “Turkish Journal of Computer and Mathematics Education Research Article,” vol. 10, no. 2, pp. 1954–1962, 2019.