

# Perancangan Sistem Cluster Server Untuk Mendukung High Availability Pada Lingkungan Virtual Di Pusat Data Pemerintah Kabupaten Gunungkidul

Wahyu Kurniawan <sup>1)</sup>, Imam Suharjo <sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Mercu Buana Yogyakarta

Email:<sup>1)</sup> [mk.wonosari@gmail.com](mailto:mk.wonosari@gmail.com), <sup>2)</sup> [imam@mercubuana-yogya.ac.id](mailto:imam@mercubuana-yogya.ac.id)

## How to Cite :

Kurniawan. W., Suharjo., I. (2026). Perancangan Sistem Cluster Server Untuk Mendukung High Availability Pada Lingkungan Virtual Di Pusat Data Pemerintah Kabupaten Gunungkidul. Jurnal Media Computer Science, 5(1).

## ARTICLE HISTORY

Received [12 Desember 2025]

Revised [25 Januari 2026]

Accepted [27 Januari 2026]

## KEYWORDS

Cluster Server, High Availability, Proxmox VE, DRBD, Pusat Data Pemerintah.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem cluster server guna mendukung high availability pada infrastruktur virtual di Pusat Data Pemerintah Kabupaten Gunungkidul. Sistem dikembangkan dengan memanfaatkan Proxmox Virtual Environment sebagai platform virtualisasi, Synology NAS sebagai media penyimpanan bersama, serta Distributed Replicated Block Device (DRBD) sebagai mekanisme replikasi data secara real-time antar node. Metode Network Development Life Cycle (NDLC) diterapkan melalui tahapan analisis, perancangan, simulasi, implementasi, pemantauan, dan manajemen sistem. Pengujian dilakukan menggunakan berbagai skenario kegagalan, meliputi kegagalan node, gangguan jaringan, kegagalan layanan, serta gangguan pada sistem penyimpanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem cluster mampu mempertahankan ketersediaan layanan melalui mekanisme failover otomatis dengan waktu downtime berkisar antara 170–180 detik pada kegagalan satu node dan sekitar 80–110 detik pada kegagalan layanan, serta tetap menjaga konsistensi dan keamanan data. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem cluster server yang diimplementasikan mampu meningkatkan ketersediaan layanan secara terukur dan layak diterapkan untuk mendukung layanan publik yang membutuhkan tingkat ketersediaan tinggi.

## ABSTRACT

This study aims to design and implement a cluster server system to support high availability in the virtual infrastructure of the Gunungkidul Regency Government Data Center. The system was developed using Proxmox Virtual Environment as the virtualization platform, Synology NAS as shared storage, and Distributed Replicated Block Device (DRBD) as a real-time data replication mechanism between nodes. The Network Development Life Cycle (NDLC) method was applied through the stages of analysis, design, simulation, implementation, monitoring, and system management. Testing was conducted using various failure scenarios, including node failures, network disruptions, service failures, and storage system failures. The test results indicate that the cluster system is able to maintain service availability through an automatic failover mechanism, with downtime ranging from 170–180 seconds during single-node failures and approximately 80–110 seconds during service failures, while still ensuring data consistency and security. These findings demonstrate that

---

*the implemented cluster server system can measurably improve service availability and is feasible for supporting public services that require a high level of availability.*

## PENDAHULUAN

Memasuki era digital saat ini, layanan berbasis komputer telah menjadi kebutuhan utama di berbagai sektor, baik pemerintahan maupun bisnis. Pemerintah Kabupaten Gunungkidul yang terus mengembangkan layanan publik berbasis teknologi menghadapi tantangan dalam memastikan ketersediaan layanan yang tinggi [1]. Layanan pemerintahan seperti administrasi, kependudukan, perpajakan, dan penyediaan informasi publik memerlukan sistem server yang andal dan mampu beroperasi secara berkelanjutan tanpa gangguan. Untuk menjamin hal tersebut, diperlukan sistem dengan tingkat ketersediaan tinggi (high availability) yang mampu meminimalkan terjadinya downtime yang dapat merugikan masyarakat maupun pemerintah.

Sistem server tradisional yang bergantung pada satu mesin fisik memiliki risiko kegagalan yang tinggi, baik akibat kerusakan perangkat keras, bencana alam, maupun gangguan teknis lainnya. Apabila satu server mengalami kegagalan, seluruh layanan yang berjalan di atasnya akan terhenti, dan proses pemulihan sering kali membutuhkan waktu yang relatif lama. Oleh karena itu, teknologi virtualisasi dan sistem cluster server menjadi solusi utama untuk mengatasi permasalahan tersebut [2]. Melalui penerapan virtualisasi, beberapa server virtual dapat dijalankan pada satu mesin fisik sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan menurunkan biaya operasional. Selain itu, sistem cluster server memungkinkan layanan secara otomatis dipindahkan ke node lain ketika terjadi kegagalan, sehingga kontinuitas layanan tetap terjaga.

Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE) merupakan salah satu perangkat lunak open-source yang mendukung penerapan sistem cluster server dengan fitur high availability (HA) [3]. Proxmox VE menyediakan fitur-fitur penting seperti live migration, bridged networking, serta manajemen penyimpanan yang fleksibel, sehingga mendukung implementasi HA secara efisien dan ekonomis [4]. Selain itu, Synology RS3617RPxs digunakan sebagai solusi Network Attached Storage (NAS) untuk menyediakan penyimpanan terpusat yang dapat diakses oleh seluruh node dalam sistem cluster [5]. Penggunaan NAS yang dikombinasikan dengan teknologi Distributed Replicated Block Device (DRBD) memungkinkan replikasi data secara real-time antar server, sehingga data tetap aman dan tersinkronisasi meskipun salah satu node mengalami kegagalan operasional [6].

Untuk menjaga stabilitas sistem serta memantau kinerja layanan, digunakan Uptime Kuma sebagai platform monitoring berbasis web yang bersifat open-source. Uptime Kuma mampu memantau ketersediaan layanan secara real-time melalui berbagai protokol, seperti HTTP, HTTPS, TCP, dan ICMP. Selain itu, fitur notifikasi multi-kanal, seperti melalui email, Telegram, atau Discord, memungkinkan administrator mendeteksi gangguan dengan lebih cepat sehingga tindakan mitigasi dapat segera dilakukan. Keberadaan sistem monitoring ini melengkapi mekanisme high availability dengan memberikan visibilitas terhadap status layanan sekaligus mengurangi risiko downtime yang tidak terdeteksi [7].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem cluster server di Pusat Data Pemerintah Kabupaten Gunungkidul guna mendukung high availability pada lingkungan virtual. Dengan memanfaatkan teknologi Proxmox VE, Synology NAS RS3617RPxs, DRBD, dan Uptime Kuma, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem yang andal, efisien, serta mampu menurunkan tingkat downtime layanan yang selama ini menjadi permasalahan utama pada sistem server tradisional. Sistem cluster server merupakan sekumpulan komputer yang bekerja sebagai satu kesatuan melalui jaringan berkecepatan tinggi, seperti LAN, untuk meningkatkan kinerja, keandalan, dan ketersediaan layanan. Dalam lingkungan virtual, penerapan sistem ini mampu menjaga kontinuitas layanan dan integritas data secara optimal. Proxmox VE mendukung teknologi high availability yang memastikan layanan tetap berjalan meskipun salah satu node

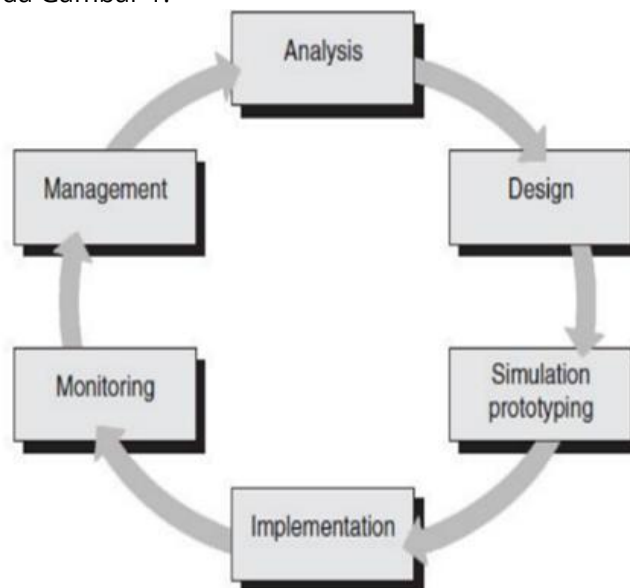
mengalami kegagalan, melalui fitur live migration dan pengelolaan cadangan (backup) yang terjadwal. Sementara itu, komponen penyimpanan berbasis jaringan seperti Synology NAS berperan penting dalam mendukung HA dengan menyediakan penyimpanan terpusat dan mekanisme failover. Teknologi DRBD melengkapi sistem ini dengan menyediakan replikasi data secara real-time antar node, sehingga proses pemulihan dapat dilakukan dengan cepat tanpa kehilangan data ketika terjadi kegagalan pada salah satu node.

## LANDASAN TEORI

Sistem cluster server merupakan kumpulan server yang saling terhubung dan bekerja sebagai satu kesatuan untuk meningkatkan keandalan dan ketersediaan layanan, di mana setiap node dapat saling menggantikan apabila terjadi kegagalan. Konsep high availability (HA) bertujuan meminimalkan downtime melalui penerapan redundansi, replikasi data, dan mekanisme failover otomatis agar layanan tetap tersedia secara berkelanjutan. Penerapan HA umumnya didukung oleh teknologi virtualisasi yang memungkinkan beberapa mesin virtual berjalan pada satu server fisik sehingga pemanfaatan sumber daya menjadi lebih efisien. Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE) sebagai platform virtualisasi berbasis open-source mendukung implementasi cluster server dan HA melalui fitur live migration dan manajemen terpusat. Selain itu, penggunaan penyimpanan terpusat seperti Network Attached Storage (NAS) serta teknologi Distributed Replicated Block Device (DRBD) berperan penting dalam menjaga konsistensi dan ketersediaan data secara real-time antar node, sehingga sistem cluster server mampu mendukung layanan publik yang membutuhkan tingkat ketersediaan tinggi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode Network Development Life Cycle (NDLC) yang terdiri atas enam tahapan, yaitu analisis, perancangan, simulasi, implementasi, pemantauan, dan manajemen [8]. Metode NDLC merupakan pendekatan yang sistematis dan terstruktur yang umum digunakan dalam pengembangan jaringan dan sistem komputer, termasuk dalam perancangan dan implementasi sistem cluster server. Setiap tahapan dalam metode NDLC tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: Ahmad et al. (2021)

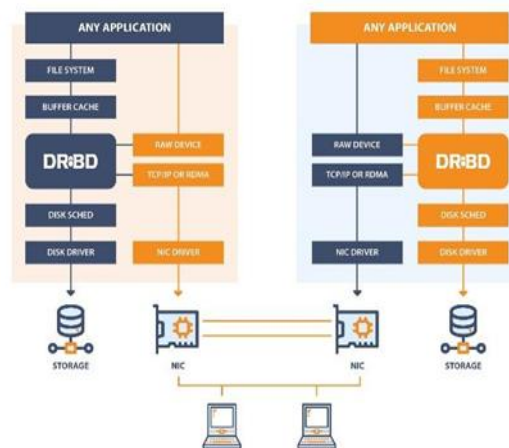
**Gambar 1. Metode NDLC**

Setiap tahapan dalam metode NDLC menghasilkan keluaran yang menjadi dasar bagi tahapan berikutnya. Tahap analisis mencakup identifikasi kebutuhan fungsional, perangkat keras, dan perangkat lunak. Tahap perancangan meliputi penyusunan desain jaringan dan sistem berdasarkan spesifikasi kebutuhan yang telah ditentukan. Tahap simulasi atau prototyping dilakukan dengan membangun sistem pada lingkungan percobaan untuk menguji rancangan sebelum implementasi. Selanjutnya, tahap monitoring dan manajemen bertujuan memastikan sistem dapat berjalan secara stabil dan optimal setelah tahap implementasi. Adapun penjelasan masing-masing tahapan dijabarkan sebagai berikut.

### Analisis

Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan teknis sistem, meliputi perangkat keras, perangkat lunak, serta infrastruktur jaringan yang diperlukan dalam pembangunan sistem cluster server yang mendukung high availability (HA). Analisis ini diawali dengan identifikasi kebutuhan layanan pemerintahan yang memerlukan tingkat ketersediaan tinggi, seperti sistem administrasi, layanan perpajakan, dan sistem informasi publik.

Pada aspek perangkat keras, direncanakan penggunaan tiga unit server fisik yang berfungsi sebagai node virtualisasi untuk memenuhi kebutuhan quorum pada Proxmox VE, sehingga stabilitas dan keberlangsungan layanan dalam sistem cluster dapat terjaga. Selain itu, disediakan perangkat jaringan berupa switch dan router untuk mendukung konektivitas antar node, serta satu unit server Network Attached Storage (NAS) yang berfungsi sebagai penyimpanan berbasis jaringan. Setiap server fisik harus memiliki spesifikasi yang memadai untuk menjalankan beberapa mesin virtual guna mendukung penerapan high availability dan pengelolaan beban kerja secara optimal dalam lingkungan cluster. Dari sisi perangkat lunak, kebutuhan sistem meliputi Proxmox Virtual Environment sebagai platform virtualisasi dan Synology NAS sebagai solusi penyimpanan jaringan. Synology NAS menyediakan layanan penyimpanan yang andal serta mendukung berbagai protokol akses data, seperti CIFS, NFS, dan iSCSI, sehingga memungkinkan integrasi yang optimal dengan sistem virtualisasi [9].



Sumber: Teimouri (2021)

**Gambar 2. Konsep DRBD**

Distributed Replicated Block Device (DRBD) merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan replikasi data secara sinkron pada tingkat blok (block level) antar server. Teknologi ini umum digunakan dalam lingkungan cluster dengan konsep high availability untuk menjamin ketersediaan dan konsistensi data. Melalui mekanisme replikasi tersebut, data pada satu server akan disalin dan disinkronkan secara berkelanjutan ke server lain, sehingga setiap perubahan data dapat segera direfleksikan dan menjaga keseragaman data antar sistem yang terhubung.

## Desain

Pada tahap desain, dilakukan perancangan topologi sistem cluster server yang akan diimplementasikan. Perancangan ini mencakup topologi fisik, yaitu hubungan antar server fisik dan perangkat jaringan seperti switch dan router dalam lingkungan cluster. Tiga server fisik dirancang terhubung melalui satu switch utama, sedangkan server Network Attached Storage (NAS) diintegrasikan sebagai penyimpanan bersama. Selain itu, tahap desain juga mencakup topologi logis yang menggambarkan pengaturan alamat IP pada setiap server fisik dan mesin virtual, termasuk penerapan Virtual LAN (VLAN) untuk memisahkan lalu lintas data. Konfigurasi bridged networking pada Proxmox VE dirancang untuk memungkinkan komunikasi yang optimal antar mesin virtual dalam sistem cluster [10]. Sistem penyimpanan dirancang menggunakan Synology NAS dengan mekanisme sinkronisasi data real-time melalui DRBD guna menjamin ketersediaan dan konsistensi data pada seluruh node dalam cluster.

## Simulasi

Tahap simulasi dilakukan untuk memodelkan dan menguji rancangan sistem cluster server sebelum diterapkan pada lingkungan nyata [11]. Proxmox VE dan Synology NAS diinstal pada lingkungan laboratorium pengujian untuk memvalidasi desain serta mengevaluasi kinerja sistem. Proses simulasi meliputi pembuatan beberapa mesin virtual pada tiga node fisik dengan konfigurasi high availability, serta pengujian skenario kegagalan dengan mematikan salah satu node untuk mengamati mekanisme failover dan pemindahan layanan ke node lainnya [12].

## Implementasi

Setelah rancangan sistem dinyatakan berhasil melalui tahap simulasi, proses implementasi dilakukan pada infrastruktur nyata di Pusat Data Pemerintah Kabupaten Gunungkidul. Tahap implementasi meliputi instalasi Proxmox Virtual Environment pada tiga unit server fisik sebagai platform virtualisasi, serta pemasangan dan konfigurasi Synology NAS sebagai sistem penyimpanan berbasis jaringan. Selain itu, dilakukan konfigurasi DRBD untuk mendukung sinkronisasi data antar node serta pengaturan fitur high availability pada Proxmox VE, termasuk konfigurasi failover dan live migration, guna memastikan layanan tetap berjalan meskipun terjadi kegagalan pada salah satu node.

## Monitoring

Setelah tahap implementasi selesai, sistem dipantau secara real-time untuk mengukur kinerja dan kestabilan sistem cluster server. Proses monitoring dilakukan dengan menggunakan alat pemantauan untuk melacak tingkat uptime, penggunaan sumber daya seperti CPU, memori (RAM), dan penyimpanan (storage), serta waktu respons layanan yang berjalan pada mesin virtual. Pengukuran downtime selama pengujian dilakukan menggunakan Uptime Kuma, yaitu platform monitoring berbasis web yang mampu memantau ketersediaan layanan dan mendeteksi gangguan secara otomatis. Selain itu, pengujian failover dilakukan untuk mengevaluasi keandalan mekanisme pemindahan layanan ketika salah satu node mengalami kegagalan, dengan tujuan mengetahui seberapa cepat layanan dapat dialihkan ke node lain tanpa mengganggu operasional sistem.

## Manajemen

Tahap manajemen merupakan tahap akhir yang berfokus pada evaluasi kinerja sistem cluster server serta penerapan strategi pemeliharaan secara berkelanjutan untuk memastikan sistem berjalan optimal. Pada tahap ini dilakukan perbaikan terhadap permasalahan yang teridentifikasi selama proses monitoring, termasuk analisis log sistem untuk mengetahui penyebab gangguan. Pengelolaan penyimpanan data dilakukan pada Network Attached Storage (NAS) dengan sinkronisasi rutin menggunakan Distributed Replicated Block Device (DRBD) guna menjaga konsistensi data antar node. Selain itu, tahap manajemen mencakup pengujian ulang konfigurasi sistem untuk memastikan stabilitas, optimalisasi kinerja jaringan guna mendukung proses transfer

data yang efisien, serta pengelolaan log secara terpusat untuk memudahkan proses audit dan troubleshooting. Pembaruan perangkat lunak juga dilakukan secara berkala guna menjaga keamanan, kinerja, dan kompatibilitas sistem [13].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

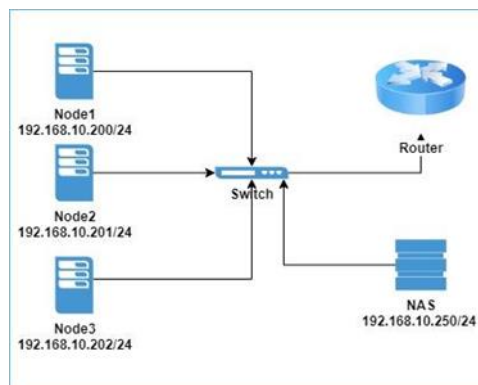
### Hasil

#### Analisis

Pada tahap analisis, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan fungsional dan teknis sistem cluster server. Pemerintah Kabupaten Gunungkidul membutuhkan sistem server yang mampu mendukung layanan publik dengan tingkat ketersediaan tinggi (high availability), seperti layanan administrasi dan sistem informasi. Kebutuhan perangkat keras meliputi tiga unit server fisik yang berfungsi sebagai node dalam sistem cluster, perangkat jaringan berupa switch dan router, serta satu unit server Network Attached Storage (NAS) sebagai media penyimpanan data bersama. Sementara itu, kebutuhan perangkat lunak mencakup Proxmox Virtual Environment sebagai platform virtualisasi, Synology NAS sebagai solusi penyimpanan berbasis jaringan, serta Distributed Replicated Block Device (DRBD) untuk mendukung sinkronisasi data secara real-time antar server.

#### Desain

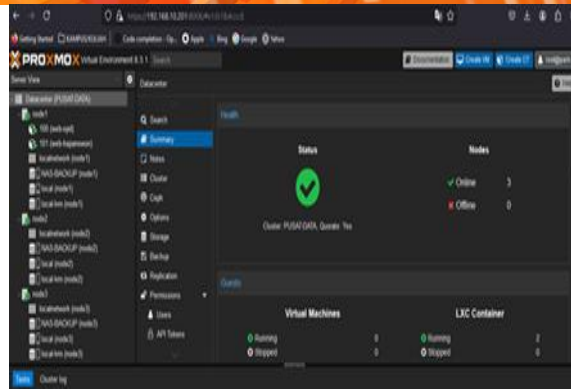
Tahap desain mencakup perancangan topologi jaringan dan sistem penyimpanan yang akan diimplementasikan. Pada topologi fisik, seluruh server fisik dihubungkan melalui satu switch utama, dengan server NAS berperan sebagai penyimpanan terpusat yang dapat diakses oleh seluruh node dalam sistem cluster. Sementara itu, topologi logis melibatkan pengaturan alamat IP dan penerapan Virtual LAN (VLAN) untuk memisahkan lalu lintas data guna meningkatkan keamanan dan kinerja jaringan. Proxmox Virtual Environment digunakan untuk mendukung komunikasi antar mesin virtual dalam lingkungan cluster, sedangkan Synology NAS berfungsi sebagai sistem penyimpanan bersama dengan mekanisme sinkronisasi data secara real-time. Topologi sistem yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar berikut.



**Gambar 2. Desain Topologi Sistem Cluster Server**

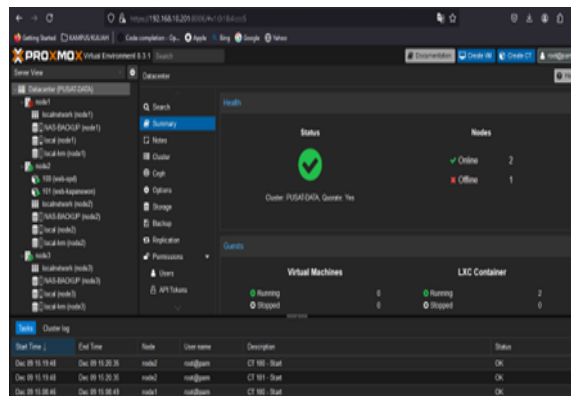
#### Simulasi

Pada tahap simulasi, sistem cluster server diuji dalam lingkungan percobaan untuk memvalidasi rancangan yang telah dibuat. Beberapa mesin virtual dikonfigurasi dengan skema high availability guna memastikan layanan dapat berjalan secara berkelanjutan. Pengujian skenario kegagalan dilakukan dengan mematikan salah satu node untuk mengamati mekanisme failover dan memastikan bahwa layanan dapat berpindah secara otomatis ke node lainnya tanpa gangguan yang signifikan. Gambar berikut menampilkan tampilan dashboard utama Proxmox Virtual Environment (VE) sebagai platform virtualisasi yang digunakan dalam pengelolaan dan pemantauan sistem cluster.



**Gambar 3. Tampilan Dashboard Proxmox VE**

Pada sistem Proxmox Cluster yang telah dikonfigurasi dengan fitur high availability (HA), apabila Node 1 mengalami gangguan atau kegagalan, sistem secara otomatis akan memindahkan seluruh beban kerja ke Node 2. Mekanisme failover ini dirancang untuk memastikan layanan tetap berjalan tanpa gangguan yang signifikan, sehingga kontinuitas operasional dapat terjaga. Dengan penerapan mekanisme tersebut, waktu downtime dapat diminimalkan dan tingkat keandalan dalam pengelolaan data maupun aplikasi menjadi lebih tinggi. Hal ini sangat penting untuk menjaga stabilitas layanan pada lingkungan produksi yang membutuhkan ketersediaan sistem secara berkelanjutan.



**Gambar 4. Node 2 Menjalankan Seluruh Mesin Virtual Implementasi**

Setelah tahap desain dan simulasi dinyatakan berhasil, sistem cluster server diimplementasikan pada infrastruktur nyata di Pusat Data Pemerintah Kabupaten Gunungkidul. Proxmox Virtual Environment (VE) diinstal pada server fisik sebagai platform virtualisasi, sedangkan Synology NAS digunakan untuk memenuhi kebutuhan penyimpanan berbasis jaringan. Teknologi Distributed Replicated Block Device (DRBD) diterapkan untuk memastikan sinkronisasi data secara real-time antar node. Selain itu, fitur high availability (HA) dikonfigurasi pada Proxmox VE guna memastikan layanan tetap berjalan meskipun terjadi kegagalan pada salah satu node, sehingga keberlangsungan operasional sistem dapat terjaga.

### Monitoring

Setelah implementasi, sistem dipantau secara berkelanjutan untuk memastikan kestabilan dan kinerja layanan. Proses monitoring meliputi pemantauan tingkat uptime, penggunaan sumber daya sistem, serta waktu respons layanan. Pengujian failover juga dilakukan untuk memastikan bahwa ketika terjadi kegagalan, layanan dapat dialihkan secara otomatis ke node lain dengan downtime yang minimal. Selain itu, digunakan Uptime Kuma sebagai platform monitoring berbasis web yang mampu memantau ketersediaan layanan secara real-time dan mendeteksi gangguan secara otomatis, sehingga memberikan visibilitas menyeluruh terhadap kondisi infrastruktur.

## Manajemen

Tahap manajemen merupakan tahap akhir yang mencakup evaluasi kinerja sistem, pemeliharaan rutin, serta penanganan permasalahan yang teridentifikasi selama proses monitoring. Pengelolaan penyimpanan data pada NAS dilakukan secara teratur untuk memastikan data tetap aman dan tersinkronisasi. Strategi pemeliharaan berkala diterapkan guna menjaga sistem tetap berjalan optimal dan mampu mendukung layanan publik yang membutuhkan tingkat ketersediaan tinggi.

## Implementasi Sistem Cluster Server

Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem cluster server untuk mendukung high availability (HA) pada lingkungan virtual di Pusat Data Pemerintah Kabupaten Gunungkidul. Implementasi sistem dilakukan dengan menggunakan Proxmox Virtual Environment sebagai platform virtualisasi dan Synology sebagai Network Attached Storage (NAS) untuk penyimpanan berbasis jaringan. Dalam sistem ini, tiga unit server fisik digunakan sebagai node cluster untuk menjalankan beberapa mesin virtual, sementara Synology NAS berfungsi sebagai media penyimpanan terpusat dengan sinkronisasi data antar server.

Pada tahap pengujian, ketiga server fisik dikonfigurasi sebagai node cluster, di mana setiap node berperan sebagai bagian dari sistem high availability. Artinya, apabila salah satu server mengalami kegagalan, server lain akan secara otomatis mengambil alih layanan tanpa gangguan yang signifikan. Teknologi DRBD digunakan untuk melakukan sinkronisasi data secara real-time antar server, sehingga data tetap aman dan layanan tetap berjalan meskipun terjadi kegagalan pada salah satu node. Setelah implementasi selesai, sistem diuji melalui simulasi kegagalan server dalam lingkungan virtual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berbasis Proxmox VE mampu memindahkan layanan secara otomatis dari node yang mengalami kegagalan ke node yang aktif tanpa menyebabkan downtime yang berarti.

### Pengujian Kegagalan Komponen Sistem Cluster Server

Pengujian downtime dilakukan melalui beberapa skenario kegagalan sistem, meliputi kegagalan server Proxmox utama, kegagalan server NAS, serta gangguan jaringan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur kemampuan sistem dalam mempertahankan ketersediaan layanan saat terjadi gangguan. Hasil pengujian kegagalan komponen sistem cluster server disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Skenario dan Hasil Pengujian Kegagalan Komponen Server**

No	Skenario Pengujian	Tindakan Pengujian	Hasil Pengujian
1	Node Proxmox utama mati (shutdown/power off)	Mematikan server Proxmox utama (Node 1)	Mesin virtual/kontainer (VM/CT) secara otomatis berpindah ke node lain melalui mekanisme <i>failover</i> .
2	Server NAS mati	Mematikan server Network Attached Storage (NAS)	VM/CT yang menggunakan disk pada NAS gagal dijalankan dan mengalami kesalahan akses penyimpanan.
3	Koneksi jaringan antar-node terputus	Mencabut kabel LAN Node 2 dari <i>switch</i>	Node kehilangan <i>quorum</i> dan layanan <i>high availability</i> berpindah ke node lain yang masih aktif.
4	<i>Switch</i> utama mati	Mematikan <i>switch</i> utama cluster	Seluruh node kehilangan konektivitas jaringan, mekanisme <i>high availability</i> gagal, dan layanan terganggu.
5	Koneksi jaringan ke NAS terputus	Mencabut koneksi LAN khusus penyimpanan ( <i>storage</i> )	VM/CT yang menggunakan penyimpanan NAS tidak dapat mengakses <i>storage</i> dan layanan menjadi tidak tersedia.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem cluster server yang dibangun mampu menjaga ketersediaan layanan pada berbagai skenario kegagalan. Teknologi high availability (HA) yang diimplementasikan berhasil memindahkan beban kerja dari server yang mengalami kegagalan ke server lain dalam sistem cluster secara otomatis, sehingga layanan tetap berjalan tanpa gangguan yang signifikan.

### Pengukuran Downtime

Pengukuran downtime dilakukan dengan menggunakan aplikasi Uptime Kuma, yang memantau ketersediaan mesin virtual secara berkelanjutan melalui mekanisme ping serta layanan monitoring berbasis web. Downtime dihitung berdasarkan selang waktu ketika Uptime Kuma mendeteksi kegagalan respons dari server selama proses perpindahan layanan (failover) atau saat terjadi kegagalan pada komponen sistem. Hasil pengukuran downtime selama proses pengujian disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Pengujian Downtime**

No	Kategori Kegagalan	Skenario Pengujian	Downtime Rata-rata (detik)	Keterangan
1	Kegagalan Node	Mematikan salah satu node (Node 1/2/3)	170–180	Mesin virtual/kontainer (VM/CT) berpindah secara otomatis ke node lain melalui mekanisme <i>failover</i> .
2	Kegagalan Layanan	Menghentikan layanan <i>pvedaemon</i>	±80	Sistem <i>high availability</i> mendeteksi kegagalan layanan dan melakukan pemulihan otomatis.
3	Gangguan Jaringan	Memutus koneksi jaringan pada salah satu node	±170	Node dianggap tidak aktif ( <i>offline</i> ) oleh mekanisme <i>quorum</i> .
4	Kehilangan Quorum	Mematikan dua node secara bersamaan	±300	Fitur <i>high availability</i> tidak dapat berfungsi tanpa terpenuhinya <i>quorum</i> .
5	Gangguan Penyimpanan	Menghentikan layanan <i>shared storage</i>	±110	Terjadi <i>I/O freeze</i> sementara sebelum proses <i>failover</i> berlangsung.

Hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa sistem cluster server berbasis Proxmox Virtual Environment (VE) mampu menangani berbagai skenario kegagalan melalui mekanisme failover otomatis. Pada skenario pemadaman node (shutdown/power off), baik pada Node 1, Node 2, maupun Node 3, waktu downtime berada pada kisaran 170–180 detik. Rentang waktu tersebut mencakup proses deteksi kegagalan oleh HA Manager serta proses pemindahan mesin virtual/kontainer (VM/CT) ke node lain yang masih aktif.

Penghentian layanan *pvedaemon* menghasilkan waktu downtime yang lebih singkat, yaitu sekitar 80 detik. Hal ini disebabkan node masih terdeteksi aktif oleh sistem, sehingga mekanisme failover dapat dijalankan dengan lebih cepat. Sementara itu, gangguan berupa terputusnya koneksi jaringan pada salah satu node menyebabkan downtime sekitar 170 detik, karena node tersebut

dianggap offline oleh mekanisme quorum dan diperlakukan sebagai kegagalan total oleh sistem cluster.

Pada skenario kegagalan dua node secara bersamaan, downtime meningkat hingga sekitar 300 detik akibat hilangnya quorum, yang mengakibatkan fitur high availability tidak dapat berfungsi hingga jumlah node aktif kembali memenuhi persyaratan cluster. Adapun gangguan pada shared storage menyebabkan downtime sekitar 110 detik, yang dipicu oleh terjadinya I/O freeze sebelum sistem melakukan failover setelah melewati batas waktu tunggu (timeout).

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa implementasi cluster server berbasis Proxmox VE mampu menjaga ketersediaan layanan dengan tingkat downtime yang relatif terkendali. Namun demikian, durasi downtime dipengaruhi oleh jenis kegagalan yang terjadi serta kondisi quorum dalam sistem cluster, sehingga aspek tersebut perlu diperhatikan dalam perancangan dan pengelolaan sistem high availability.

## **Pembahasan**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem cluster server berbasis Proxmox VE mampu meningkatkan ketersediaan layanan dibandingkan dengan sistem server tunggal. Mekanisme high availability yang diterapkan berhasil memindahkan beban kerja secara otomatis ketika terjadi kegagalan pada salah satu node, sehingga kontinuitas layanan tetap terjaga.

Downtime yang terjadi pada skenario kegagalan node masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk lingkungan layanan pemerintahan. Waktu downtime tersebut dipengaruhi oleh proses deteksi kegagalan oleh HA Manager serta proses pemindahan mesin virtual ke node aktif. Downtime yang lebih singkat pada kegagalan layanan pvedaemon menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemulihan lebih cepat ketika node masih terdeteksi aktif.

Namun demikian, hasil pengujian juga mengindikasikan bahwa sistem memiliki keterbatasan pada kondisi kegagalan infrastruktur kritis. Kegagalan shared storage dan switch utama berdampak signifikan terhadap ketersediaan layanan karena komponen tersebut belum memiliki mekanisme redundansi. Selain itu, kehilangan quorum akibat kegagalan lebih dari satu node menyebabkan fitur HA tidak dapat berjalan hingga jumlah node aktif kembali memenuhi persyaratan cluster.

Secara keseluruhan, implementasi sistem cluster server ini efektif dalam meningkatkan keandalan dan ketersediaan layanan. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan penerapan redundansi jaringan, replikasi penyimpanan, serta optimasi mekanisme quorum guna meminimalkan downtime pada skenario kegagalan berskala besar.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Penelitian mengenai implementasi sistem cluster server dengan high availability (HA) di Pusat Data Pemerintah Kabupaten Gunungkidul menggunakan Proxmox Virtual Environment dan Network Attached Storage (NAS) menunjukkan bahwa sistem yang dibangun mampu meningkatkan ketersediaan layanan serta menjaga integritas data melalui mekanisme sinkronisasi menggunakan Distributed Replicated Block Device (DRBD).

Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem dapat menangani berbagai skenario kegagalan server melalui mekanisme failover otomatis, sehingga layanan tetap berjalan dengan tingkat gangguan yang minimal. Berdasarkan hasil pengujian downtime, waktu pemulihan layanan pada kondisi kegagalan satu node berada pada kisaran 170–180 detik, sedangkan pada skenario kegagalan layanan (service failure) downtime yang terjadi berkisar antara 80–110 detik. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem cluster server yang diimplementasikan memiliki mekanisme pemulihan layanan yang terukur, andal, dan layak diterapkan untuk mendukung layanan publik yang membutuhkan tingkat ketersediaan sistem yang tinggi.

## Saran

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar sistem cluster server di Pusat Data Pemerintah Kabupaten Gunungkidul ditingkatkan dengan penambahan jumlah node guna memperkuat mekanisme quorum dan mengurangi risiko kegagalan layanan. Selain itu, integrasi sistem backup otomatis di lokasi terpisah (off-site backup) serta penerapan redundant network dan storage perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan ketahanan sistem. Pengujian berkala terhadap skenario kegagalan yang lebih kompleks serta optimalisasi waktu failover juga disarankan agar tingkat downtime dapat diminimalkan dan ketersediaan layanan publik semakin optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barovich, G., Surahmat, S., & Febrianty, F. (2023). Analysis of Network Attached Storage Performance with NFS Protocol in Integrated Business Start-Up. *Sinkron*, 8(3), 1299–1306. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.12417>
- Danilevičius, E., & Kaklauskas, L. (2023). Study of High Availability and Performance of Server Cluster.
- Defani, R., & Wijayanto, D. (2025). Integrasi sistem monitoring aplikasi Uptime Kuma dan router MikroTik menggunakan Prometheus dan Grafana. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*. [Online]. Available: <http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>
- Hariyadi, I. P., & Juliansyah, A. (2018). Analisa Penerapan Private Cloud Computing Berbasis Proxmox Virtual Environment sebagai Media Pembelajaran Praktikum Manajemen Jaringan. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.30812/matrik.v18i1.329>
- Homepage, J., Purnomo, H., Ulfiandi, I. Z., & Author, C. (2025). Implementation of E-Government in Improving Public Service Efficiency: A Case Study on the Batu City Government.
- Imran, M., Ibrahim, M., Din, M. S. U., Rehman, M. A. U., & Kim, B. S. (2022). Live virtual machine migration: A survey, research challenges, and future directions. *Computers and Electrical Engineering*, 103, 108297. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108297>
- Najim Abdullah, M. (2015). A Review of Network Virtualization (NV): A Brief Description of the Requirements, Objectives and Technology of Network Virtualization. [Online]. Available: [www.ijeat.org](http://www.ijeat.org)
- Nurpriansyah, M. A., & Asra, T. (2025). Implementasi Network Attached Storage Synology dengan High Availability dan Akses Aman Melalui VPN dan Two Authentication di PT Mitra Tera Sinergi. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi (JUKTISI)*, 4(2), 1241–1253. <https://doi.org/10.62712/juktisi.v4i2.620>
- Priscilla, S., Persis, F., & Bindiya, S. (2015). A Survey on Open Source Tools for Server Monitoring using SNMP. [Online]. Available: [www.ijert.org](http://www.ijert.org)
- Rahman, M., Handwika, R. B., & Zahro, A. I. (2023). Penerapan Model Network Development Life Cycle (NDLC) pada Infrastruktur Jaringan Internet Kantor Desa Kemiri. *Jurnal Publikasi Teknik Informatika*, 2(3), 37–47. <https://doi.org/10.55606/juhti.v2i3.1790>
- Restu Adi, Y., Nurhayati, O. D., & Widiyanto, E. D. (2016). Perancangan Sistem Cluster Server untuk Jaminan Ketersediaan Layanan Tinggi pada Lingkungan Virtual.
- Septiantina, S., Kamil, A. L., Solikhah, F., Informasi Kelautan, S., & Pendidikan Indonesia, U. (2021). Teknik Failover Clustering sebagai Solusi High Availability.

Umam, C., Handoko, L. B., & Rizqi, G. M. (2018). Implementation and Analysis High Availability Network File System Based Server Cluster. *TRANSFORMATIKA*, 16(1), 31-39. [Online]. Available: [www.snia.org/dictionary](http://www.snia.org/dictionary)