

LAPORAN PROYEK AKHIR
MEMBANGUN PRIVATE CLOUD CLUSTER DENGAN PROXMOX VE

Disusun untuk memenuhi tugas akhir mata kuliah Sistem Operasi

Dosen Pengampu: Feri Irawan, S.Kom., M.Kom.



Oleh:

Kelompok 8

Ria Ayunani	2401020093
Ivone Eshter Purba	2401020102
Mikael Situmorang	2401020105
Siti Muhamramah	2401020116

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TAHUN 2025

ABSTRAK

Proyek ini bertujuan membangun sebuah private cloud cluster berbasis Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE) dengan konfigurasi multi-node dan storage bersama menggunakan Ceph atau ZFS. Implementasi ini dirancang untuk mendukung kemampuan *live migration* dan *high availability* (HA), sehingga virtual machine (VM) dapat berpindah antar-node tanpa mengalami *downtime* serta tetap menjaga ketersediaan layanan ketika terjadi kegagalan pada salah satu node.

Landasan teori dan studi literatur menunjukkan bahwa Proxmox VE menyediakan dukungan terintegrasi terhadap pembentukan cluster, mekanisme migrasi VM secara *online*, serta sistem penyimpanan terdistribusi yang fleksibel. Pada proyek ini, hasil implementasi diuji melalui skenario *live migration* dan *failover* guna memverifikasi performa, kestabilan, dan reliabilitas sistem.

Melalui proses implementasi dan pengujian tersebut, proyek ini diharapkan menghasilkan cluster yang berfungsi optimal, kemampuan migrasi yang berjalan dengan baik, serta dokumentasi arsitektur yang dapat menjadi acuan dalam penerapan teknologi virtualisasi dan manajemen infrastruktur berbasis cloud.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya laporan final project mata kuliah Sistem Operasi yang berjudul "**Membangun Private Cloud Cluster dengan Proxmox VE**" dapat diselesaikan tepat waktu.

Laporan ini disusun sebagai pemenuhan tugas akhir pada mata kuliah Sistem Operasi dan berfokus pada perancangan serta implementasi private cloud cluster berbasis Proxmox VE, meliputi virtualisasi server, cluster multi-node, shared storage, high availability (HA), dan live migration.

Kami mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu atas bimbingan yang diberikan, seluruh anggota kelompok atas kerja sama dan kontribusinya, serta pihak lain yang telah membantu dalam pelaksanaan project ini.

Kami menyadari laporan ini masih memiliki kekurangan, sehingga kritik dan saran sangat kami harapkan demi penyempurnaan ke depan. Semoga laporan ini bermanfaat sebagai referensi dalam mempelajari implementasi virtualisasi dan teknologi cluster.

Tanjungpinang, 09 Desember 2025

Kelompok 8

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.2 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Proxmox VE	4
2.2 Cluster dan High Availability (HA).....	4
2.3 Storage Bersama: ZFS	4
2.4 Live Migration VM	5
2.5 Virtualisasi Server.....	6
2.6 Proxmox Cluster	6
2.7 High Availability dan Failover.....	7
BAB III PERANCANGAN ARSITEKTUR.....	9
3.1 Diagram Arsitektur Sistem	9
3.2 Komponen Sistem	10
3.3 Skema Proses / Flow	10
3.4 Tabel Kebutuhan Sistem.....	15

BAB IV IMPLEMENTASI SISTEM.....	16
4.1 Instalasi Proxmox VE	16
4.2 Pengaturan Alokasi CPU	17
4.3 Konfigurasi Storage Pada Controller SATA	18
4.4 Penambahan Media Penyimpanan Virtual.....	19
4.5 Pemilihan Jenis Virtual Hard Disk Sebagai Media Migrasi	20
4.6 Penetapan Kapasitas Storage	21
4.7 Konfigurasi Jaringan Bridged Adapter.....	22
4.8 Konfigurasi Awal Proxmox VE	22
4.9 Penghapusan Media Instalasi ISO	23
4.10 Akses Antarmuka Web Proxmox VE.....	24
4.11 Autentikasi Akses Proxmox VE.....	25
4.12 Konfigurasi ZFS Storage	26
4.13 Pembuatan cluster proxmox VE	26
4.14 Join Node Kedalam Cluster.....	27
4.15 Pembuatan Virtual Machine (Os) Sebagai Media Migrasi	27
4.16 Menjalankan VM dan Menonaktifkan KVM Hardware Virtualization	32
4.17 Proses Live Migration Virtual Machine	33
4.18 Proses Live Migration VM	34
BAB V PENGUJIAN ANALISIS.....	35
5.1 Pengujian Live Migration	35
5.2 Analisis Hasil.....	36
BAB VI KESIMPULAN.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Perbandingan Storage antara Ceph dan ZFS	5
Tabel 2 Komponen Sistem.....	10
Tabel 3 Kebutuhan Hardware	15
Tabel 4 Kebutuhan Software	15
Tabel 5 Kebutuhan Jaringan	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Topologi Cluster.....	18
Gambar 2 Skema Proses	21
Gambar 3 Instalasi Proxmox VE melalui VirtualBox	25
Gambar 4 Pengaturan Alokasi CPU Mesin Virtual Proxmox VE	25
Gambar 5 Konfigurasi Controller SATA pada Mesin Virtual.....	26
Gambar 6 Penambahan Virtual Disk Mellaui Menu Add pada SATA.....	27
Gambar 7 Pemilihan Virtual Hard Disk.....	28
Gambar 8 Penetapan Kapasitas Virtual Hard Disk 40 GB	28
Gambar 9 Pengaturan Bridged Adapter pada Mesin Virtual	29
Gambar 10 Konfigurasi Awal Proxmox VE	30
Gambar 11 Konfigurasi Awal Proxmox VE	30
Gambar 12 Penghapusan File ISO Instalasi	31
Gambar 13 Penghapusan File ISO Instalasi	31
Gambar 14 Akses Web Interface Proxmox VE.....	32
Gambar 15 Halaman Login Antarmuka Web Proxmox VE.....	32
Gambar 16 Konfigurasi ZFS Storage pada Proxmox VE.....	33
Gambar 17 Proses Pembuatan Cluster pada Node Miris.....	33
Gambar 18 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi.....	34
Gambar 19 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi.....	34
Gambar 20 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi.....	35
Gambar 21 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi	35
Gambar 22 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi	36
Gambar 23 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi	36
Gambar 24 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi	37
Gambar 25 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi	37
Gambar 26 Menjalankan VM Sebelum Proses Migrasi	38
Gambar 27 Menjalankan VM Sebelum Proses Migrasi	38
Gambar 28 Proses Live Migration Antar-Node.....	39
Gambar 29 Proses Live Migration Antar-Node.....	39
Gambar 30 Proses Join Node Kel8 ke Cluster Miris	40

Gambar 31 Proses Live Migration VM Antar-Node pada Cluster Proxmox VE	40
Gambar 32 Proses Migration	41
Gambar 33 Hasil Migration	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.2 Latar Belakang

Transformasi teknologi informasi telah mendorong banyak organisasi, institusi pendidikan, hingga perusahaan untuk beralih dari penggunaan server fisik tunggal ke infrastruktur virtual dan cloud. Virtualisasi memungkinkan efisiensi sumber daya, kemudahan manajemen, serta fleksibilitas dalam penyediaan layanan misalnya memungkinkan menjalankan banyak sistem operasi secara terisolasi pada satu perangkat keras, memudahkan deployment, migrasi, dan konsolidasi server.

Dengan adopsi virtualisasi dan cluster, organisasi dapat membangun infrastruktur yang lebih scalable dan resilient terutama jika dibarengi dengan storage bersama dan arsitektur clustering yang memungkinkan redundansi serta distribusi beban kerja. Studi terkini menunjukkan bahwa penerapan cluster virtualisasi dengan storage terdistribusi dan mekanisme failover dapat meningkatkan ketersediaan layanan (availability) dan meminimalkan downtime saat terjadi kegagalan node atau penyimpanan.

Platform Proxmox VE adalah salah satu sistem virtualisasi open-source populer yang mendukung virtual machine (melalui KVM) maupun container (via LXC), serta menyediakan manajemen terpusat, cluster, dukungan storage fleksibel (lokal maupun shared), kemampuan live migration, dan opsi High Availability (HA). Dengan memanfaatkan Proxmox VE bersama storage terdistribusi seperti Ceph atau ZFS/shared-storage, pengguna (termasuk mahasiswa) bisa membangun private cloud cluster dengan biaya relatif rendah namun tetap memiliki fitur dan performa mendekati infrastruktur cloud profesional.

Dalam konteks akademik maupun praktikum kampus, proyek semacam ini sangat relevan menggabungkan aspek teori (virtualisasi, cluster, HA, storage terdistribusi) dan praktik (konfigurasi, pengujian, manajemen). Dengan membuat private cloud cluster, mahasiswa mendapatkan pengalaman langsung dalam:

1. merancang dan mengelola infrastruktur virtual dan terdistribusi;
2. memahami trade-off antara kemudahan (simplicity) vs redundansi / ketersediaan tinggi;
3. mengevaluasi mekanisme live migration, failover dan high availability berdasarkan data nyata dari eksperimen;
4. mendokumentasikan arsitektur, konfigurasi, dan hasil pengujian secara sistematis — hal ini sangat berguna untuk pengembangan lebih lanjut ataupun sebagai referensi bagi institusi lain.

Oleh karena itu, proyek “Private Cloud Cluster dengan Proxmox VE + Ceph/ZFS + Live Migration/HA” sangat valid, relevan, dan memberikan nilai edukatif serta praktis bagi mahasiswa maupun institusi pendidikan/organisasi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang arsitektur private cloud cluster menggunakan Proxmox VE?
2. Bagaimana melakukan instalasi dan konfigurasi Proxmox VE pada multi-node?
3. Bagaimana membangun dan mengintegrasikan storage bersama (Ceph atau ZFS)?
4. Bagaimana menguji live migration antar-node dalam cluster?
5. Bagaimana memastikan cluster dapat berjalan stabil dan mendukung HA (failover)?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui cara merancang arsitektur private cloud cluster yang stabil dan scalable menggunakan Proxmox VE.
2. Untuk memahami langkah-langkah instalasi dan konfigurasi Proxmox VE pada multi-node sehingga cluster dapat berfungsi dengan baik.
3. Untuk mengetahui cara mengonfigurasi storage bersama (Ceph atau ZFS) agar VM dapat diakses dari semua node dalam cluster.
4. Untuk mengetahui proses live migration VM antar-node tanpa menyebabkan downtime, sehingga layanan tetap tersedia.
5. Untuk mengetahui bagaimana menguji mekanisme failover dan HA saat terjadi kegagalan node.

1.4 Manfaat

1. Memberikan pengalaman praktis dalam merancang dan mengelola cluster Proxmox VE multi-node.
2. Memberikan pemahaman tentang konfigurasi storage bersama (Ceph/ZFS) dan hubungannya dengan HA dan live migration.
3. Melatih kemampuan mahasiswa dalam pengujian failover dan memastikan layanan tetap berjalan saat node gagal.
4. Menjadi referensi untuk penyusunan dokumentasi teknis dan laporan arsitektur sistem virtualisasi.
5. Meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam teknologi cloud computing dan virtualisasi, sesuai kebutuhan industri.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Proxmox VE

Proxmox VE (Virtual Environment) adalah platform virtualisasi open-source berbasis Debian yang mendukung KVM untuk mesin virtual dan LXC untuk container. Platform ini menyediakan antarmuka web terpadu, memungkinkan pengelolaan VM, container, storage, jaringan, backup, serta cluster secara terpusat.

Keunggulan Proxmox VE antara lain:

1. Mendukung cluster multi-node, sehingga beberapa server dapat dikelola sebagai satu sistem terpadu.
2. Live migration, memungkinkan VM berpindah antar-node tanpa downtime.
3. Mendukung storage fleksibel, baik lokal maupun terdistribusi (Ceph, ZFS, NFS, iSCSI).
4. Mendukung High Availability (HA) agar VM tetap berjalan saat node gagal.

2.2 Cluster dan High Availability (HA)

Cluster adalah kumpulan beberapa server (node) yang bekerja bersama agar dapat dikelola sebagai satu sistem, memungkinkan sharing resource (CPU, RAM, storage) dan manajemen terpusat.

High Availability (HA) adalah kemampuan sistem untuk tetap menyediakan layanan meski terjadi kegagalan pada salah satu node. Dalam Proxmox VE, HA dicapai dengan kombinasi cluster + shared storage + HA manager, sehingga VM bisa dipindahkan atau dijalankan ulang otomatis jika terjadi node down.

2.3 Storage Bersama: ZFS

ZFS

- a. Filesystem + volume manager, mendukung snapshot, integritas data, dan replikasi manual.
- b. Ideal untuk cluster kecil/menengah (2–3 node).

- c. Konfigurasi lebih sederhana dibanding Ceph, tetapi mendukung live migration.

Tabel 1 Perbandingan Storage antara Ceph dan ZFS

Aspek	Ceph	ZFS
Skabilitas	Tinggi, cocok cluster besar	Cocok cluster kecil/menengah
Kompleksitas Setup	Kompleks, minimal 3 node	Sederhana, cukup tiap node dengan ZFS pool
Redundansi	Replikasi otomatis	Snapshot/replikasi manual
Live Migration	Mendukung penuh	Mendukung jika storage shared tersedia

2.4 Live Migration VM

Live Migration adalah proses memindahkan Virtual Machine (VM) yang sedang berjalan dari satu node ke node lain tanpa harus mematikan VM, sehingga layanan tetap aktif dan tidak mengalami downtime.

a. Memerlukan shared storage

Agar migrasi bisa dilakukan tanpa gangguan, VM harus menggunakan **shared storage** (misalnya Ceph, ZFS, NFS). Dengan cara ini, disk VM dapat diakses oleh semua node, sehingga saat migrasi yang dipindahkan hanya bagian memori dan state VM, bukan datanya.

b. Kegunaan Live Migration

Live Migration digunakan dalam beberapa situasi penting, seperti:

- a) Maintenance node (update, restart, perbaikan hardware)
- b) Load balancing ketika suatu node terlalu penuh
- c) Failover manual untuk mencegah downtime

- d) Memindahkan VM ke node yang lebih stabil atau lebih kuat

Proses migrasi biasanya sangat cepat, dan downtime hanya terjadi kurang dari 1 detik sehingga pengguna hampir tidak merasakan perpindahan.

2.5 Virtualisasi Server

Virtualisasi server merupakan teknik untuk menjalankan beberapa sistem operasi secara bersamaan pada satu perangkat keras fisik melalui lapisan **hypervisor**. Hypervisor berfungsi memisahkan sumber daya fisik seperti CPU, memori, dan storage agar dapat digunakan secara bersamaan oleh berbagai mesin virtual (VM) secara terisolasi.

Dalam lingkungan Proxmox VE, teknologi virtualisasi utama yang digunakan adalah:

- a. KVM (Kernel-based Virtual Machine) untuk virtualisasi penuh (full virtualization).
- b. LXC (Linux Container) untuk sebagai container ringan berbasis OS-level virtualization.

Menurut Sangfor Technologies, virtualisasi server bertujuan untuk:

1. Meningkatkan efisiensi penggunaan hardware
2. Mengurangi biaya infrastruktur IT
3. Meningkatkan fleksibilitas deployment sistem
4. Mendukung high availability dan disaster recovery

Prinsip virtualisasi ini sangat relevan dalam implementasi cluster Proxmox karena memungkinkan pemanfaatan multi-node server sebagai satu sistem terpadu dengan kemampuan migrasi VM antar-node.

2.6 Proxmox Cluster

Cluster Proxmox VE merupakan konfigurasi multi-node yang memungkinkan manajemen server virtual secara terpusat. Setiap node di dalam cluster saling terhubung dan tersinkronisasi menggunakan protokol Corosync.

Menurut Abilian Lab Team, cluster Proxmox memiliki karakteristik utama:

1. Centralized Management

Seluruh node dapat dikelola pada satu dashboard web interface.

2. Resource Pooling

CPU, RAM, dan storage dapat dipandang sebagai satu kumpulan resource.

3. Shared Storage Integration

VM dapat diakses dari semua node, sehingga live migration dapat berjalan.

4. High Availability Support

Jika satu node gagal, VM akan otomatis dijalankan ulang di node lain.

Model arsitektur cluster memungkinkan skalabilitas horizontal, yaitu penambahan node baru tanpa mengganggu operasional sistem yang sudah berjalan.

2.7 High Availability dan Failover

High Availability (HA) bertujuan untuk memastikan layanan tetap tersedia meskipun terjadi kegagalan sistem. Dalam konteks virtualisasi Proxmox VE, HA diimplementasikan menggunakan:

- a. HA Manager
- b. Corosync cluster communication
- c. Shared storage
- d. Live migration atau auto-restart VM

Menurut Siberolaji Analyst (2023), mekanisme HA pada Proxmox bekerja melalui skema:

1. Monitoring node secara real-time
2. Deteksi kegagalan node
3. Menandai VM terdampak
4. Melakukan failover otomatis:
 - a. Restart VM di node lain
 - b. Atau migrasi manual jika masih memungkinkan

Konsep ini mengurangi risiko downtime layanan sekaligus meningkatkan reliabilitas sistem cloud lokal.

BAB III

PERANCANGAN ARSITEKTUR

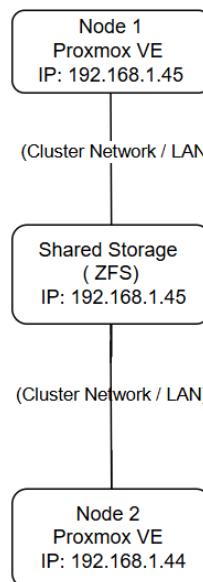
3.1 Diagram Arsitektur Sistem

Topologi cluster yang digunakan pada project ini merupakan topologi sederhana berbasis dua node Proxmox VE dengan shared storage terpusat berbasis ZFS, yang seluruh komponennya dihubungkan menggunakan jaringan lokal (LAN/WiFi) sebagai media komunikasi cluster.

Setiap node berfungsi sebagai server virtualisasi mandiri yang mampu menjalankan mesin virtual (VM). Kedua node terhubung ke shared storage yang menyimpan disk VM secara terpusat, sehingga seluruh data VM dapat diakses dari masing-masing node tanpa perlu replikasi manual.

Komunikasi cluster dilakukan melalui Cluster Network (LAN) yang berfungsi untuk:

- a. Sinkronisasi konfigurasi cluster Proxmox
- b. Monitoring status node
- c. Transfer metadata VM
- d. Mendukung proses **live migration** VM



Gambar 1 Topologi Cluster

Pada topologi ini:

- a. **Node 1 (Proxmox VE IP 192.168.1.45)**
Bertindak sebagai node utama pembentuk cluster dan lokasi awal pembuatan VM.
- b. **Node 2 (Proxmox VE IP 192.168.1.44)**
Bertindak sebagai node sekunder yang menerima VM hasil migrasi atau takeover ketika terjadi failover.
- c. **Shared Storage ZFS (IP 192.168.1.45)**
Digunakan sebagai media penyimpanan terpusat disk virtual mesin (VM Disk Image), sehingga memungkinkan VM dipindahkan antar node tanpa menyalin ulang file disk.

3.2 Komponen Sistem

Tabel 2 Komponen Sistem

Komponen	Fungsi
Node Proxmox VE	Menjadi server virtualisasi, menjalankan VM/Container
Shared Storage (Ceph/ZFS)	Menyimpan VM disk images secara terpusat agar dapat di akses semua node
Network Cluster	Menghubungkan semua node untuk komunikasi data dan manajemen cluster
High Availability Manager	Memastikan VM tetap berjalan saat terjadi kegagalan node

3.3 Skema Proses / Flow

Skema proses menggambarkan alur kerja pembangunan Private Cloud Cluster Proxmox VE mulai dari tahap instalasi sistem hingga berhasil dilakukan proses live migration mesin virtual antar-node di dalam cluster.

Alur kerja ini divisualisasikan melalui flowchart yang menunjukkan tahapan sistematis pembangunan cluster multi-node serta integrasi shared storage berbasis ZFS. Setiap proses dilakukan secara bertahap untuk memastikan sistem berjalan stabil sebelum masuk ke tahap berikutnya.

Proses utama pada skema meliputi:

1. Instalasi Proxmox VE sebagai hypervisor utama pada masing-masing node.
2. Konfigurasi kebutuhan storage virtual sebagai media migrasi VM.
3. Pengaturan jaringan cluster agar seluruh node dapat saling terhubung.
4. Pembentukan cluster Proxmox dan penggabungan node kedua ke dalam cluster.
5. Pembuatan mesin virtual pada Node 1.
6. Proses live migration VM ke Node 2 menggunakan shared storage.
7. Verifikasi bahwa VM tetap berjalan **정상** tanpa downtime selama proses migrasi.

Tahapan skema proses sesuai flowchart yang telah dibuat adalah sebagai berikut:

1. Start

Tahap awal dimulainya konfigurasi cluster.

2. Instal Proxmox VE via ISO

Instalasi sistem Proxmox VE dilakukan pada kedua laptop/PC menggunakan file ISO resmi dari Proxmox. Tahap ini menghasilkan dua node hypervisor yang siap dikonfigurasi lebih lanjut.

3. Penambahan Virtual Hard Disk

Virtual hard disk tambahan dibuat pada masing-masing node melalui VirtualBox sebagai media penyimpanan VM sekaligus mendukung proses migrasi lintas node.

4. Konfigurasi Jaringan

Mode jaringan diubah dari **NAT** menjadi **Bridged Adapter** agar setiap node mendapatkan IP address langsung di jaringan lokal (LAN) sehingga dapat saling berkomunikasi dalam satu subnet cluster.

5. Masuk ke Proxmox Web Interface

Administrator mengakses panel Proxmox VE melalui web browser menggunakan IP address masing-masing node untuk melanjutkan proses konfigurasi.

6. Penghapusan ISO Installer

File ISO Proxmox dihapus dari storage untuk mengosongkan ruang penyimpanan dan mencegah konflik booting di tahap selanjutnya.

7. Membuat Storage ZFS

Hard disk virtual yang telah dibuat sebelumnya dikonfigurasi menjadi storage berbasis **ZFS** untuk mendukung shared storage pada cluster.

8. Pembentukan Cluster

Node pertama (Miris – Node 1) membentuk cluster Proxmox sebagai master cluster.

9. Join Node 2 ke Cluster

Node kedua (Kel8 – Node 2) dimasukkan ke dalam cluster dengan memasukkan **cluster join token/code** agar kedua node terhubung dalam satu manajemen cluster.

10. Pembuatan Mesin Virtual

Mesin virtual dibuat di Node 1 sebagai workload uji live migration. OS dasar (Ubuntu/Windows) diinstal sebagai simulasi server/aplikasi yang berjalan di atas cluster.

11. Menjalankan VM

VM dijalankan terlebih dahulu untuk memastikan sistem berjalan normal sebelum dilakukan proses migrasi antar-node.

12. Proses Live Migration

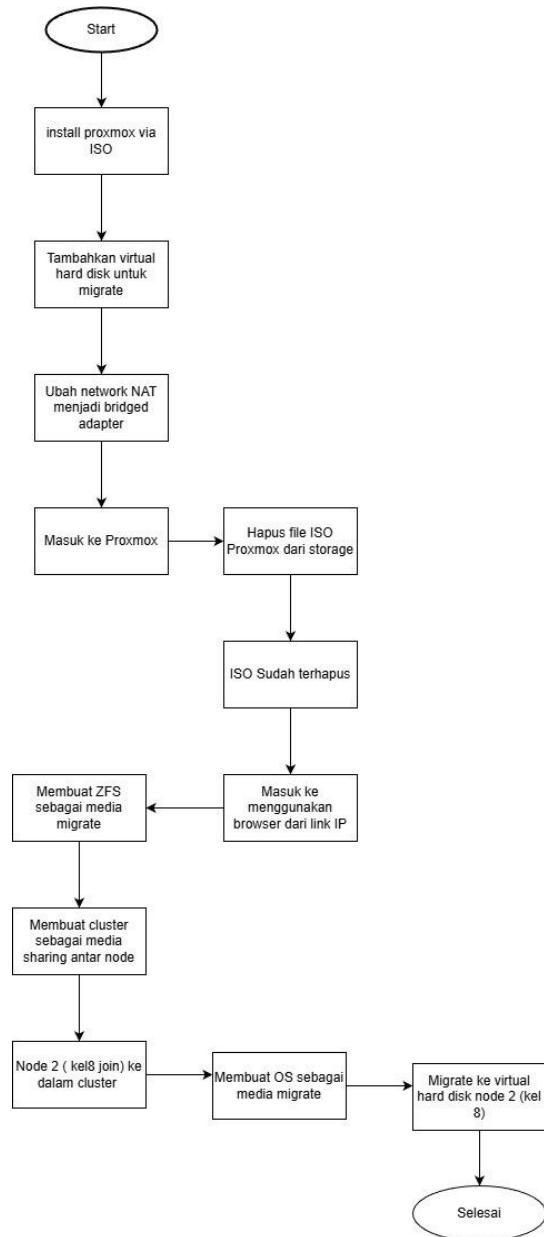
VM dipindahkan dari **Node 1 (Miris)** ke **Node 2 (Kel8)** menggunakan fitur live migration Proxmox tanpa menghentikan VM (tanpa downtime), dengan memanfaatkan shared storage berbasis ZFS.

13. Verifikasi Migrasi

Selama dan setelah proses migrasi, dilakukan pengecekan terhadap status VM apakah tetap aktif dan berjalan normal di Node tujuan.

14. Selesai

Tahap akhir ketika live migration berhasil dilakukan dan sistem cluster berfungsi sesuai tujuan project.



Gambar 2 Skema Proses

3.4 Tabel Kebutuhan Sistem

a. Kebutuhan Hardware

Komponen	Spesifikasi Minimum	Keterangan
Node 1 (Laptop/PC)	CPU 4 core, RAM 8–16 GB, Storage 100 GB	Menjalankan Proxmox VE dan VM
Node 2 (Laptop/PC)	CPU 4 core, RAM 8–16 GB, Storage 100 GB	Menjalankan Proxmox VE dan VM
Storage (opsional)	SSD / HDD 100–500 GB	Menyimpan OS Proxmox dan cache
WiFi	WiFi 5/6	Untuk komunikasi cluster dan live migration

Tabel 3 Kebutuhan Hardware

b. Kebutuhan Software

Komponen	Versi/Jenis	Keterangan
Proxmox VE	Versi 7+ / 8	Sistem virtualisasi utama
OS VM	Ubuntu/Windows (opsional)	Sistem operasi pada VM
Ceph / ZFS	Built-in Proxmox	Untuk shared storage

Tabel 4 Kebutuhan Software

a. Kebutuhan Jaringan

Komponen	Detail	Keterangan
IP Management Node 1 (miris)	192.168.1.45	Sistem virtualisasi utama
IP Management Node 2 (kel8)	192.168.1.44	Sistem operasi pada VM
IP Shared Network	192.168.1.45	Untuk shared storage
Cluster Network	192.168.1.0/24	-

Tabel 5 Kebutuhan Jaringan

BAB IV

IMPLEMENTASI SISTEM

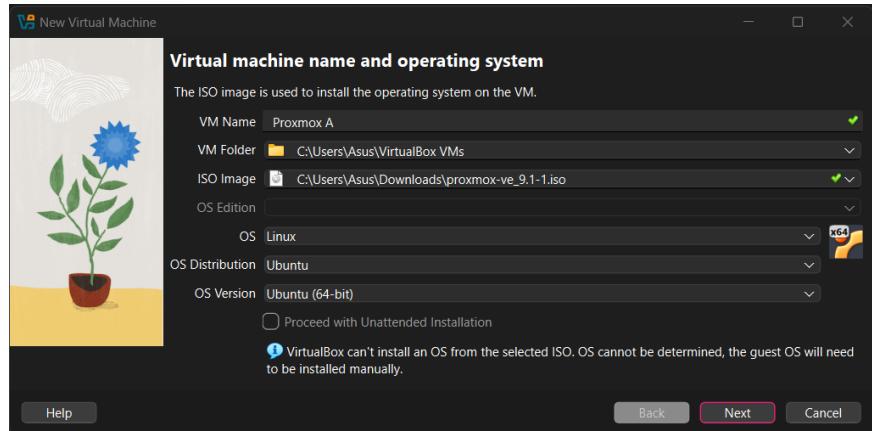
Implementasi sistem merupakan tahapan penerapan dari rancangan arsitektur yang telah disusun sebelumnya ke dalam lingkungan nyata. Pada project ini, implementasi dilakukan dengan membangun cluster Proxmox VE multi-node menggunakan dua perangkat laptop/PC yang difungsikan sebagai node virtualisasi. Setiap node dikonfigurasikan agar dapat saling terhubung melalui jaringan lokal, membentuk satu kesatuan sistem cluster yang mendukung shared storage berbasis ZFS serta fitur live migration antar-node.

Proses implementasi meliputi instalasi sistem operasi virtualisasi Proxmox VE pada masing-masing node, pengaturan alokasi sumber daya perangkat keras seperti CPU dan RAM, konfigurasi storage virtual sebagai media penyimpanan mesin virtual, serta penyesuaian konfigurasi jaringan agar memungkinkan komunikasi cluster dan perpindahan VM secara simultan.

Selanjutnya, dilakukan pembuatan cluster dengan menjadikan salah satu node sebagai cluster master, kemudian menggabungkan node lainnya menggunakan kode autentikasi cluster. Setelah cluster terbentuk, dilakukan pembuatan mesin virtual (VM) dan pengujian fitur live migration, yaitu pemindahan VM dari satu node ke node lain tanpa menghentikan layanan yang sedang berjalan. Tahapan ini bertujuan untuk membuktikan keberhasilan penerapan arsitektur cluster sekaligus menguji stabilitas, ketersediaan layanan, dan kemampuan high availability pada sistem yang dibangun. Berikut proses dal

4.1 Instlasasi Proxmox VE

Proxmox VE diinstal pada dua node menggunakan file ISO resmi dari website Proxmox. Proses instalasi dilakukan melalui VirtualBox dengan pemilihan sistem operasi Linux dan konfigurasi sumber daya sesuai kebutuhan cluster.

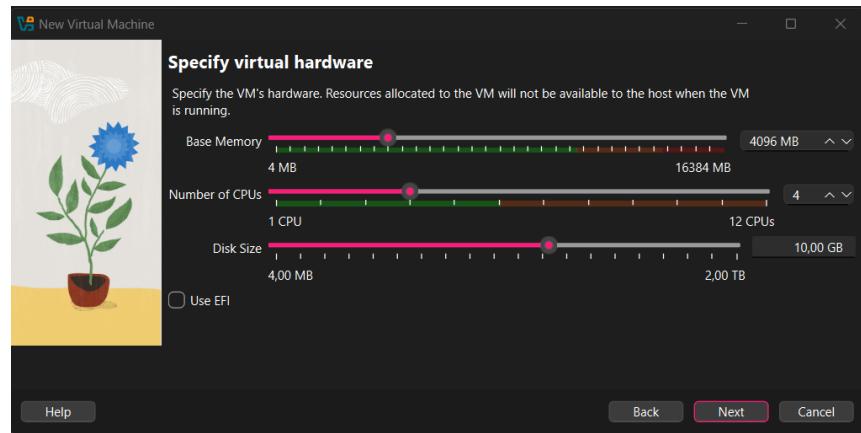


Gambar 3 Instalasi Proxmox VE melalui VirtualBox

4.2 Pengaturan Alokasi CPU

Setelah proses instalasi Proxmox VE selesai, dilakukan pengaturan alokasi prosesor (CPU) pada masing-masing mesin virtual yang digunakan sebagai node cluster. Konfigurasi ini bertujuan memastikan kapasitas pemrosesan mencukupi untuk menjalankan layanan virtualisasi, pembentukan cluster, serta mendukung aktivitas manajemen mesin virtual secara optimal.

Pada kedua laptop yang berfungsi sebagai node Proxmox VE, jumlah core CPU dialokasikan minimal 4 core per node sesuai dengan spesifikasi kebutuhan sistem untuk implementasi cluster skala kecil. Pengaturan dilakukan melalui menu konfigurasi mesin virtual pada aplikasi VirtualBox dengan menyesuaikan jumlah prosesor sebelum sistem Proxmox dijalankan sepenuhnya.



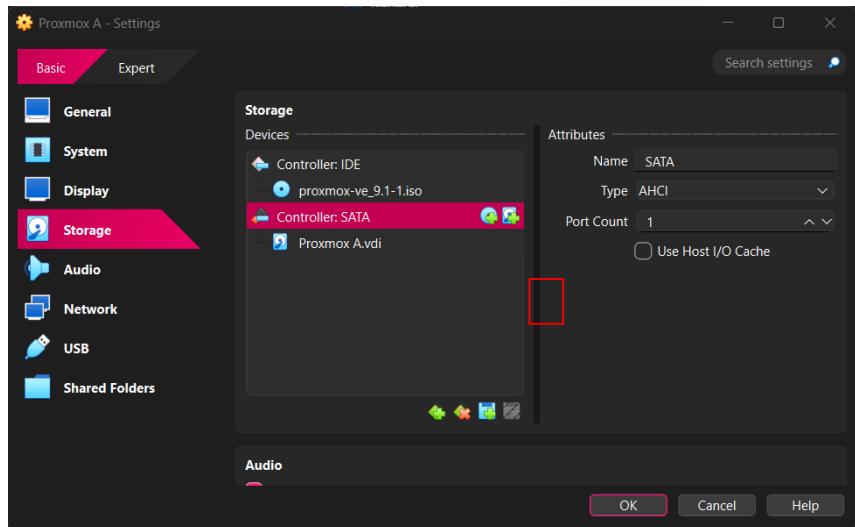
Gambar 4 Pengaturan Alokasi CPU Mesin Virtual Proxmox VE

4.3 Konfigurasi Storage Pada Controller SATA

Setelah proses pengaturan alokasi CPU selesai, tahap berikutnya adalah melakukan konfigurasi penyimpanan (storage) pada mesin virtual masing-masing node. Proses ini dilakukan melalui menu pengaturan mesin virtual VirtualBox dengan mengakses bagian Controller SATA yang berfungsi sebagai pengelola media penyimpanan virtual.

Pada tahap ini dilakukan penambahan media penyimpanan baru sebagai virtual hard disk yang nantinya digunakan sebagai storage pendukung untuk implementasi sharing storage dan kebutuhan proses migrasi mesin virtual. Konfigurasi diterapkan pada kedua laptop yang berfungsi sebagai node cluster.

Penambahan storage dilakukan dengan memilih opsi **Add Hard Disk** pada Controller SATA, kemudian menentukan jenis media penyimpanan virtual yang akan digunakan oleh sistem Proxmox VE.

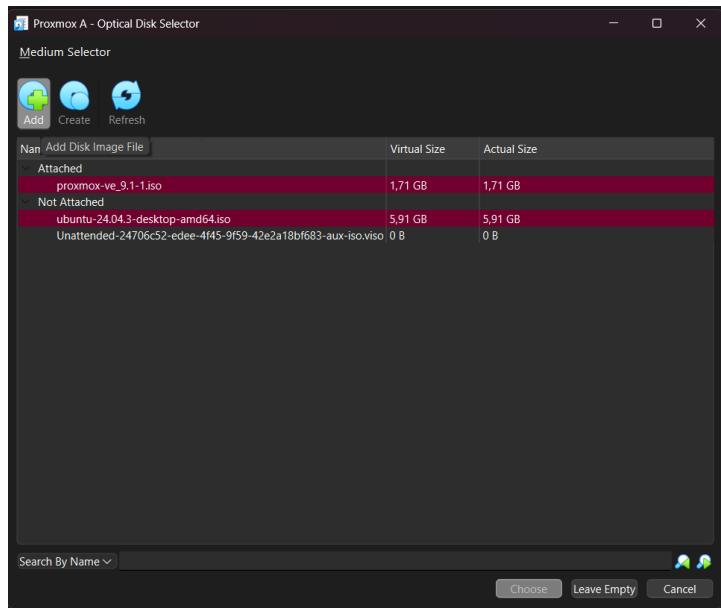


Gambar 5 Konfigurasi Controller SATA pada Mesin Virtual

4.4 Penambahan Media Penyimpanan Virtual

Pada tahap ini dilakukan proses penambahan media penyimpanan virtual (virtual hard disk) melalui menu konfigurasi storage mesin virtual. Penambahan storage dilakukan dengan memilih opsi Add pada pengaturan Controller SATA untuk menambahkan disk virtual baru yang akan digunakan sebagai media penyimpanan pendukung sistem Proxmox VE.

Langkah ini diterapkan pada kedua laptop yang berfungsi sebagai node cluster, dengan tujuan menyediakan storage tambahan yang nantinya digunakan sebagai tempat penyimpanan data mesin virtual serta mendukung proses live migration antar-node.



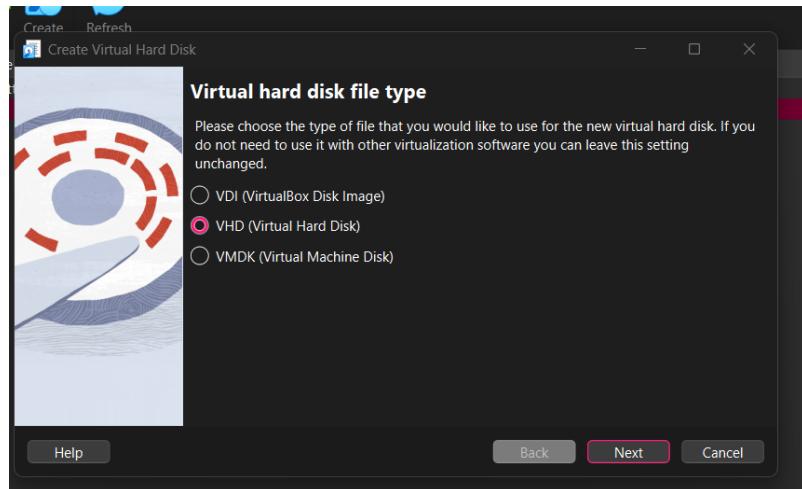
Gambar 6 Penambahan Virtual Disk Melalui Menu Add pada SATA

4.5 Pemilihan Jenis Virtual Hard Disk Sebagai Media Migrasi

Setelah opsi penambahan media penyimpanan dipilih, tahap selanjutnya adalah melakukan pemilihan jenis media penyimpanan virtual berupa Virtual Hard Disk (VHD). Media ini digunakan sebagai storage utama untuk menyimpan data mesin virtual yang akan dimanfaatkan dalam proses live migration antar-node pada cluster Proxmox VE.

Virtual hard disk yang dikonfigurasi berfungsi sebagai media penyimpanan sementara maupun permanen tempat image VM disimpan, sehingga mesin virtual dapat dipindahkan antar-node tanpa kehilangan data atau menghentikan layanan yang sedang berjalan.

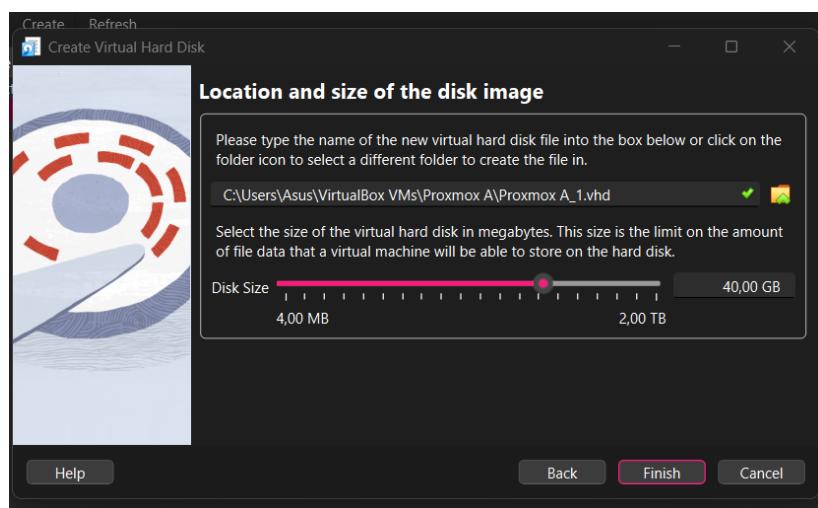
Pemilihan Virtual Hard Disk dilakukan pada kedua node laptop untuk memastikan ketersediaan media penyimpanan yang seragam dan mendukung mekanisme migrasi dalam lingkungan cluster.



Gambar 7 Pemilihan Virtual Hard Disk

4.6 Penetapan Kapasitas Storage

Pada tahap ini ditetapkan kapasitas virtual hard disk minimal sebesar 40 GB pada masing-masing node. Penetapan kapasitas ini bertujuan memastikan ketersediaan ruang penyimpanan yang mencukupi untuk proses penyimpanan data mesin virtual dan mendukung pelaksanaan live migration secara aman.

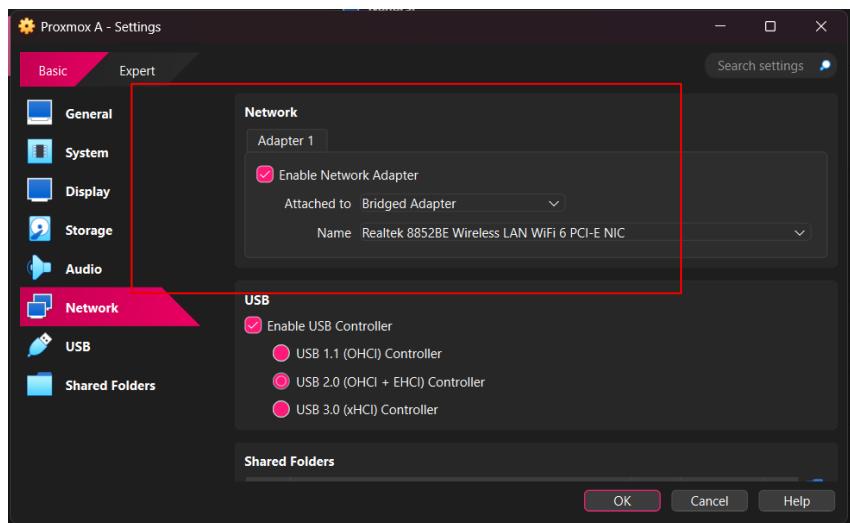


Gambar 8 Penetapan Kapasitas Virtual Hard Disk 40 GB

4.7 Konfigurasi Jaringan Bridged Adapter

Pada tahap ini dilakukan konfigurasi jaringan mesin virtual dengan mengubah mode koneksi dari NAT menjadi Bridged Adapter. Pengaturan ini bertujuan agar masing-masing node Proxmox VE dapat terhubung langsung ke jaringan lokal melalui akses Wi-Fi yang sama, sehingga komunikasi antar-node dalam cluster dapat berjalan secara optimal.

Konfigurasi Bridged Adapter diterapkan pada kedua laptop guna memastikan setiap node memperoleh alamat IP dalam satu segmen jaringan yang mendukung pembentukan cluster dan proses live migration.



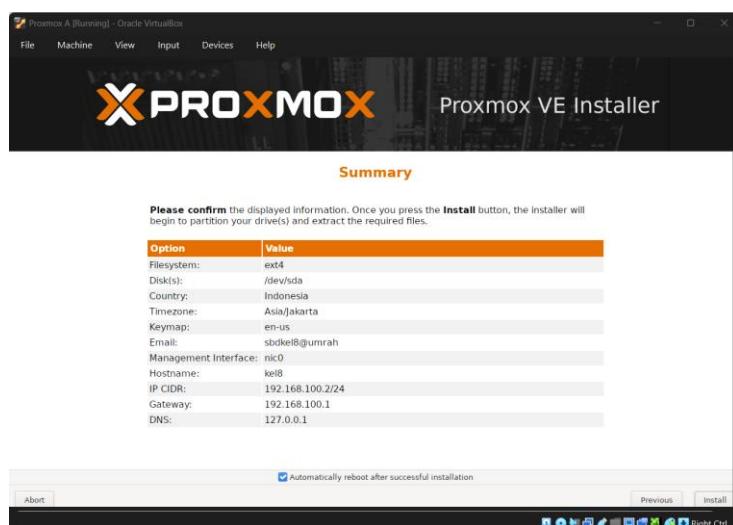
Gambar 9 Pengaturan Bridged Adapter pada Mesin Virtual

4.8 Konfigurasi Awal Proxmox VE

Dilakukan konfigurasi awal Proxmox VE melalui antarmuka web, meliputi pengaturan hostname dan parameter jaringan sesuai kebutuhan. Proses ini dilakukan pada kedua laptop untuk memastikan node siap bergabung dalam cluster.



Gambar 10 Konfigurasi Awal Proxmox VE

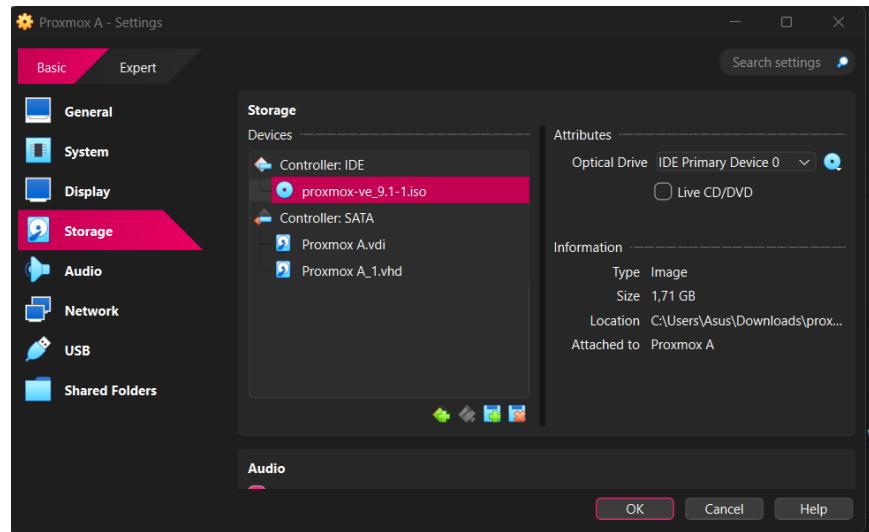


Gambar 11 Konfigurasi Awal Proxmox VE

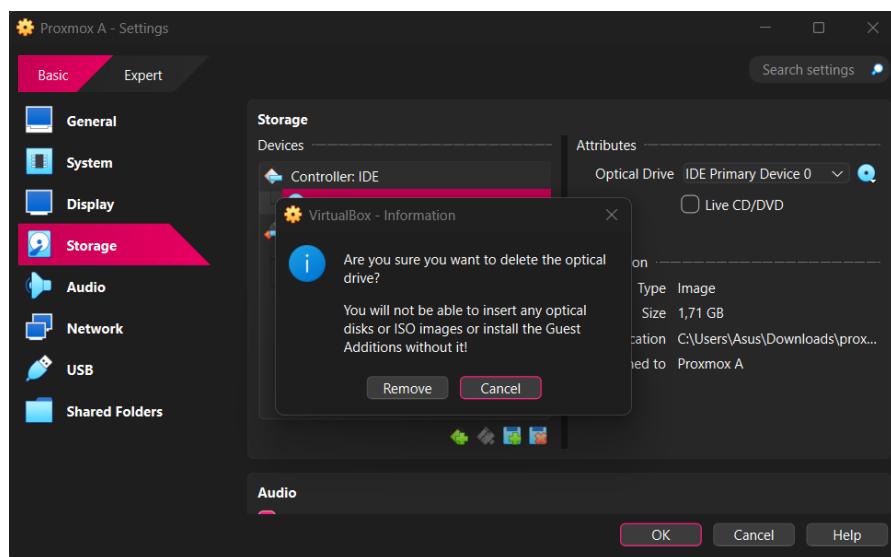
4.9 Penghapusan Media Instalasi ISO

Setelah proses instalasi Proxmox VE selesai, dilakukan penghapusan file ISO instalasi melalui menu Settings > Storage > Controller IDE pada masing-masing node. Tindakan ini bertujuan untuk memastikan sistem melakukan proses boot dari hard disk virtual yang telah terpasang, bukan dari media instalasi kembali. Langkah ini juga mencegah terjadinya

pengulangan proses instalasi saat server dijalankan ulang serta memastikan sistem siap memasuki tahap operasional.



Gambar 12 Penghapusan File ISO Instalasi

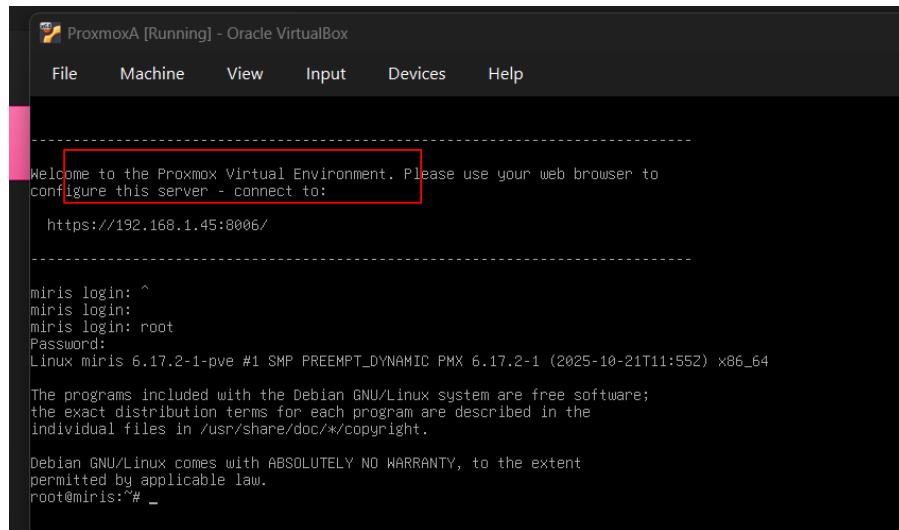


Gambar 13 Penghapusan File ISO Instalasi

4.10 Akses Antarmuka Web Proxmox VE

Setelah media ISO dihapus, sistem dijalankan kembali dan server Proxmox VE diakses melalui browser menggunakan alamat IP yang tersedia

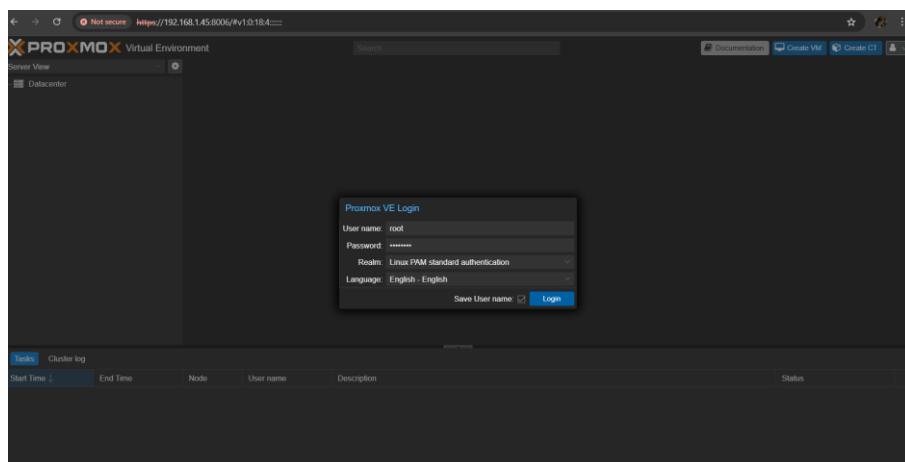
pada VirtualBox untuk membuka antarmuka web manajemen (kedua laptop).



Gambar 14 Akses Web Interface Proxmox VE

4.11 Autentikasi Akses Proxmox VE

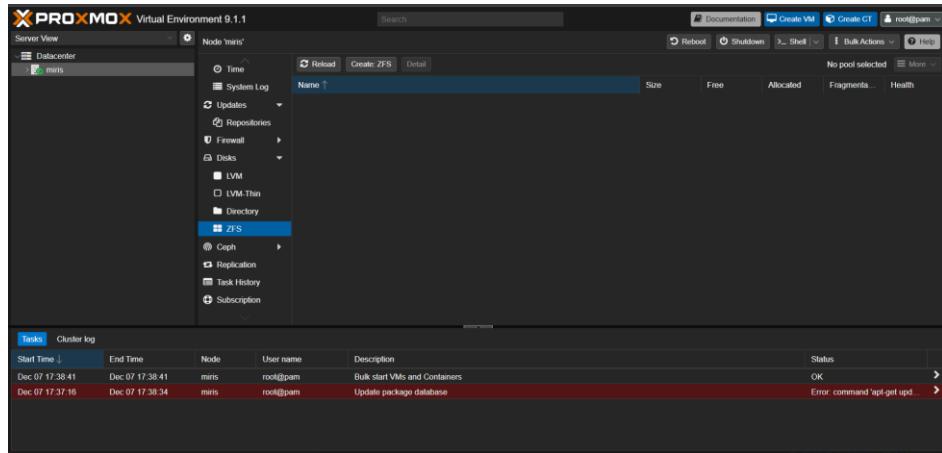
Pada tahap ini dilakukan proses login ke antarmuka web Proxmox VE menggunakan akun *root* beserta kata sandi yang telah dibuat sebelumnya pada masing-masing node. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh akses penuh ke sistem manajemen cluster dan virtualisasi.



Gambar 15 Halaman Login Antarmuka Web Proxmox VE

4.12 Konfigurasi ZFS Storage

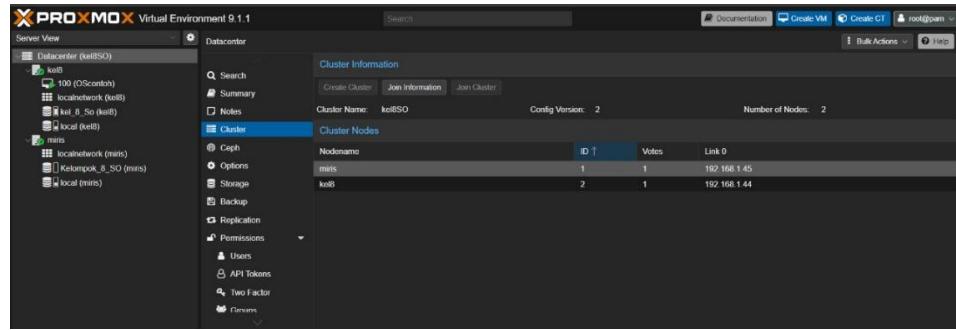
Pada antarmuka utama Proxmox VE, admin mengakses node *miris* kemudian memilih menu ZFS untuk menambahkan virtual hard disk yang telah dibuat sebelumnya. Media penyimpanan ini dikonfigurasi sebagai storage pool yang akan digunakan untuk menampung data virtual machine serta mendukung proses live migration antar node pada kedua laptop.



Gambar 16 Konfigurasi ZFS Storage pada Proxmox VE

4.13 Pembuatan cluster proxmox VE

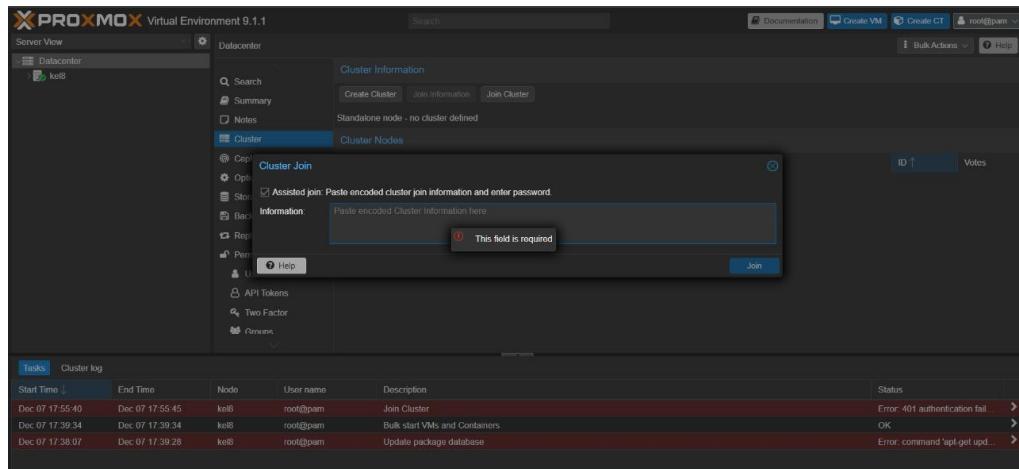
Setelah konfigurasi storage selesai, dilakukan proses pembuatan cluster pada node utama Proxmox A (*miris*) sebagai pusat koordinasi. Cluster ini berfungsi sebagai media penghubung antar-node untuk memungkinkan resource sharing serta mendukung proses live migration virtual machine. Node kedua, yaitu Proxmox B (*kel8*), nantinya akan bergabung ke cluster yang dibuat oleh node *miris* sehingga seluruh node dapat terintegrasi dalam satu sistem cluster.



Gambar 17 Proses Pembuatan Cluster pada Node Miris

4.14 Join Node Kedalam Cluster

Pada node Kel8 (Proxmox B) dilakukan proses penggabungan node ke dalam cluster dengan memasukkan kode join cluster yang diperoleh dari node Miris (Proxmox A). Tahap ini bertujuan untuk mengintegrasikan kedua node agar dapat saling terhubung serta dikelola dalam satu sistem cluster yang sama.

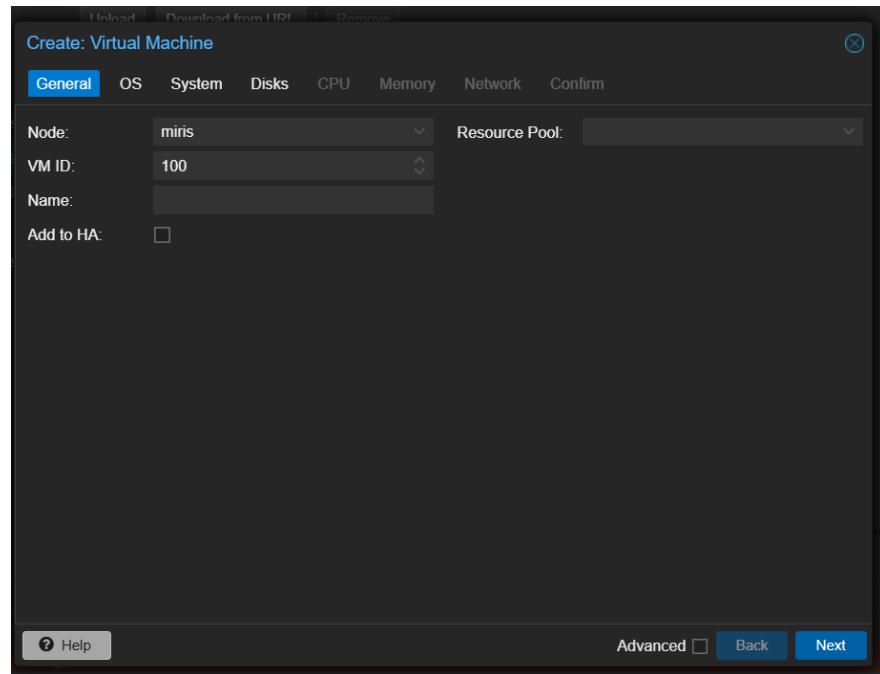


Gambar 18 Proses Join Node Kel8 ke Cluster Miris

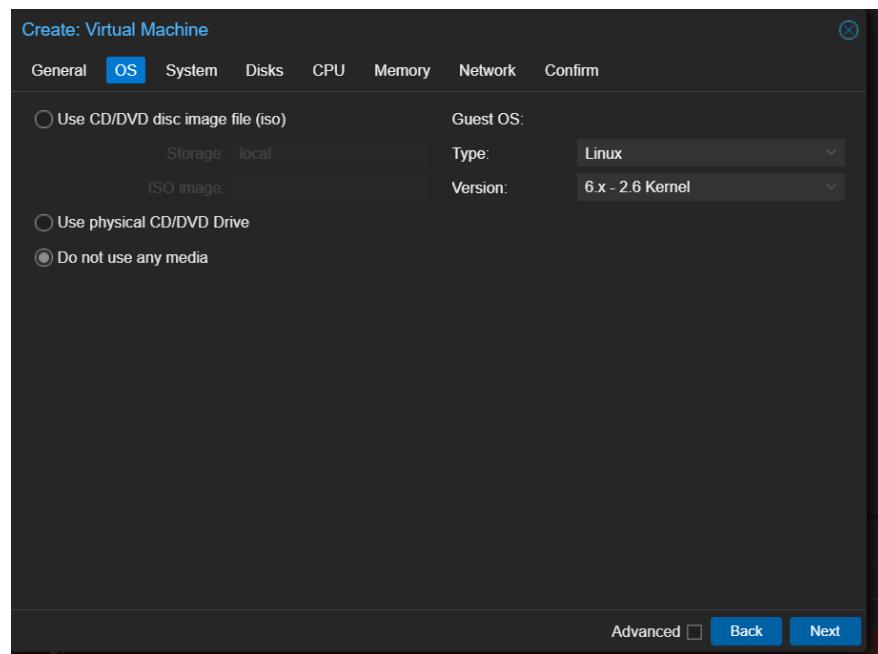
4.15 Pembuatan Virtual Machine (Os) Sebagai Media Migrasi

Pada tahap ini dilakukan pembuatan sebuah Virtual Machine (VM) yang digunakan sebagai objek uji live migration antar-node cluster. VM diinstal dengan sistem operasi pilihan (misalnya Ubuntu) dan disimpan pada

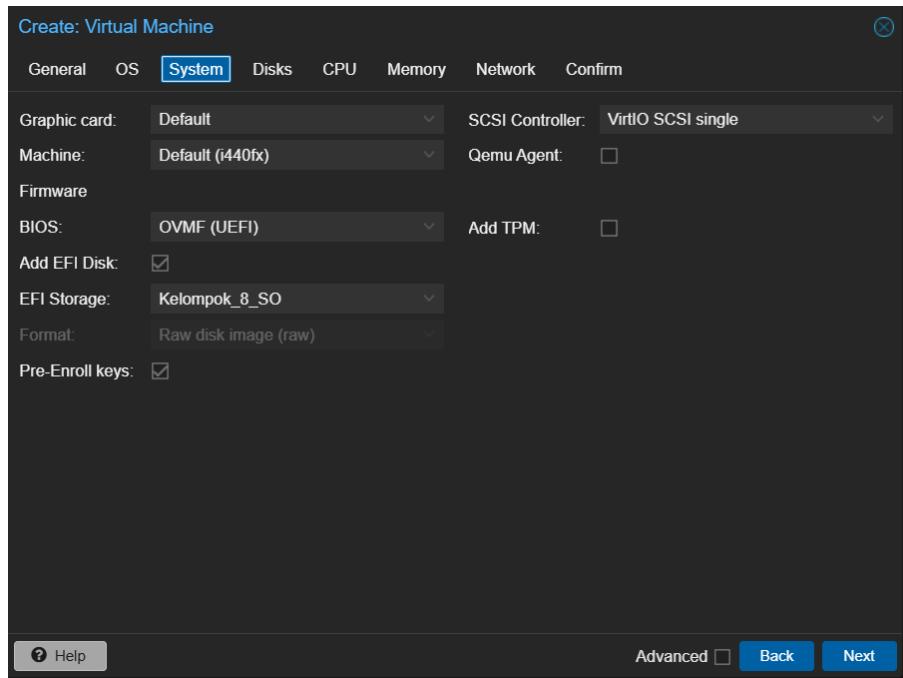
storage bersama sehingga dapat dipindahkan dari Proxmox A (*miris*) ke Proxmox B (*kel8*) tanpa menghentikan layanan.



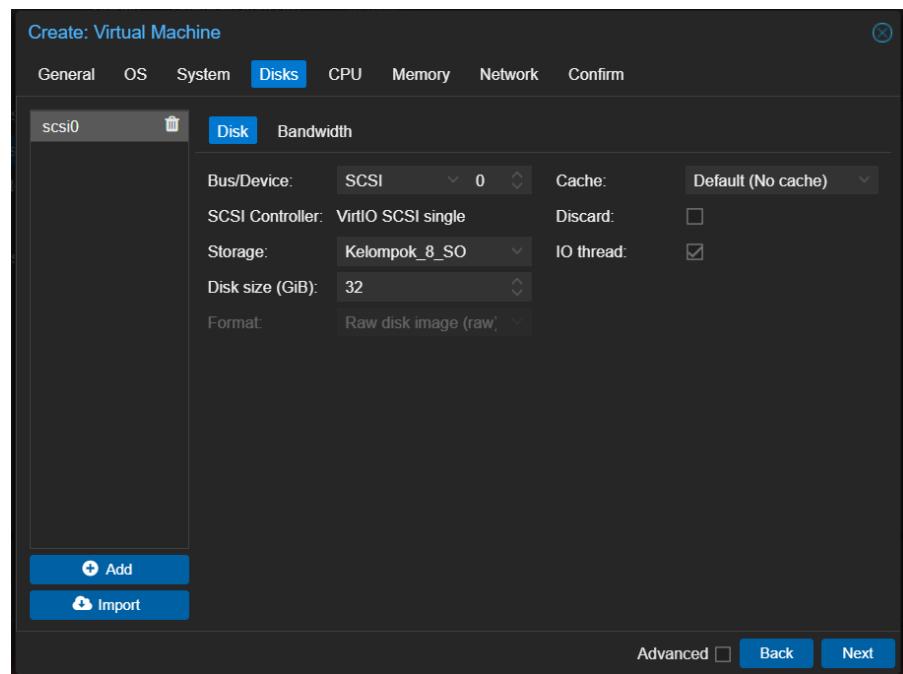
Gambar 19 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi



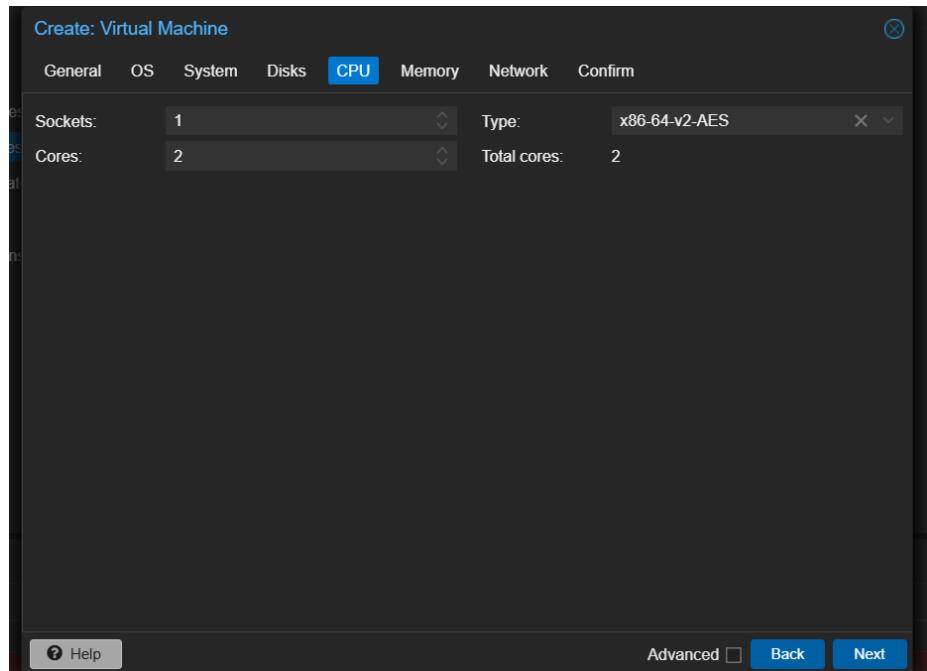
Gambar 20 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi



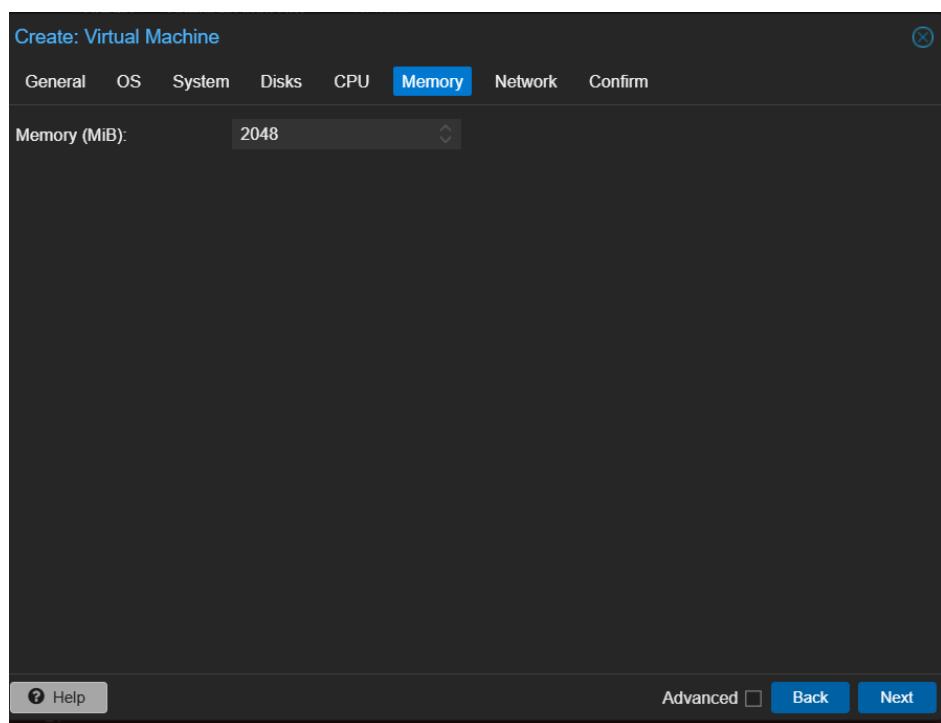
Gambar 21 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi



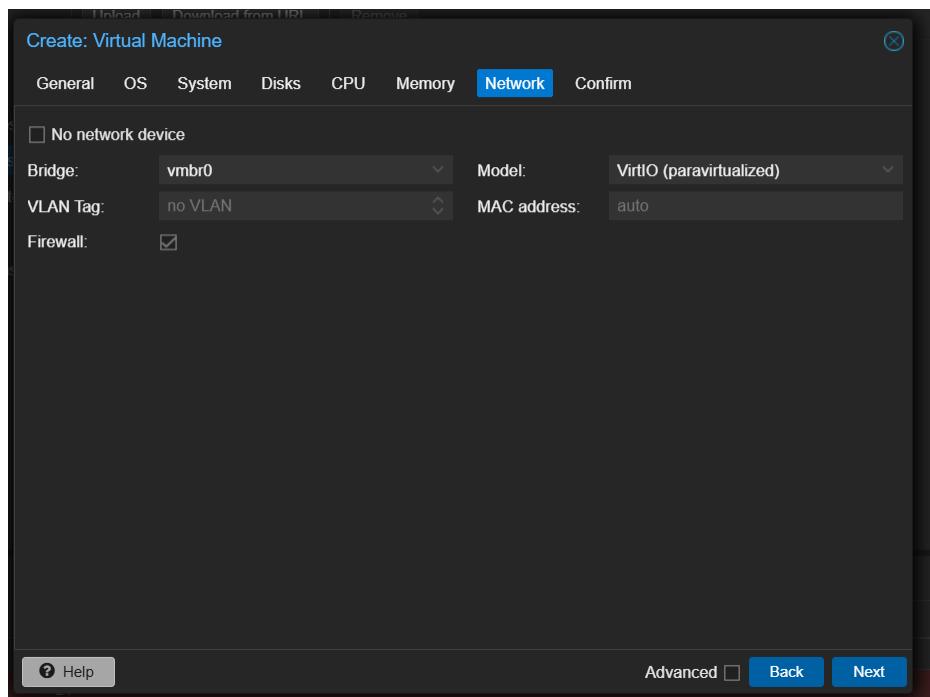
Gambar 22 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi



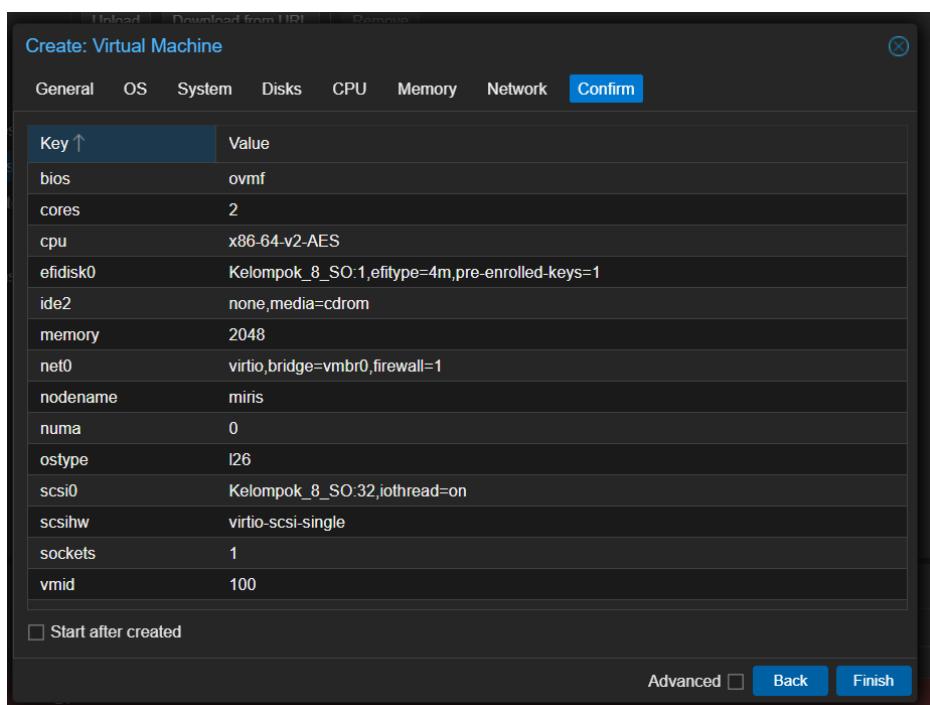
Gambar 23 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi



Gambar 24 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi



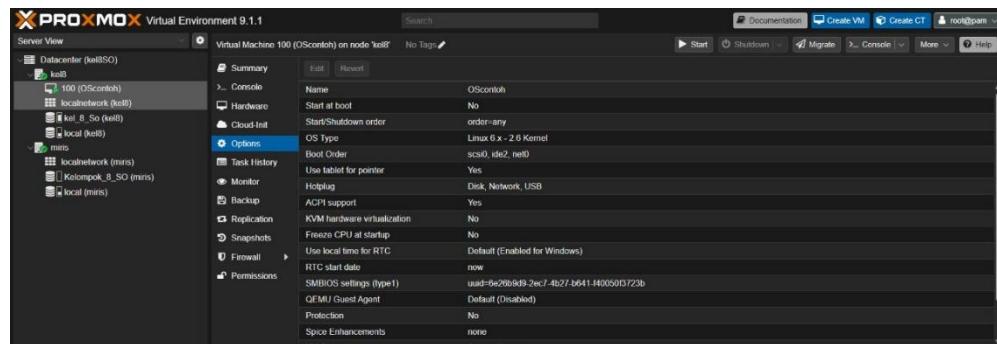
Gambar 25 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi



Gambar 26 Pembuatan Virtual Machine sebagai Media Migrasi

4.16 Menjalankan VM dan Menonaktifkan KVM Hardware Virtualization

Sebelum proses migrasi dilakukan, Virtual Machine (VM) yang telah dibuat dijalankan terlebih dahulu untuk memastikan sistem operasi berfungsi normal. Pada tahap ini, opsi KVM hardware virtualization dinonaktifkan guna menyesuaikan kompatibilitas lingkungan virtualisasi yang digunakan sehingga proses live migration dapat berjalan stabil tanpa kendala.



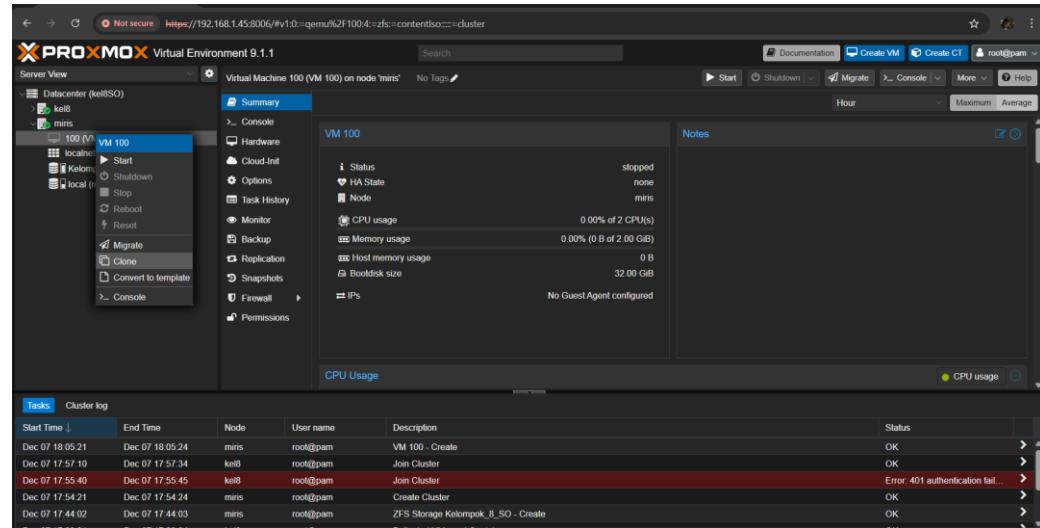
Gambar 27 Menjalankan VM Sebelum Proses Migrasi



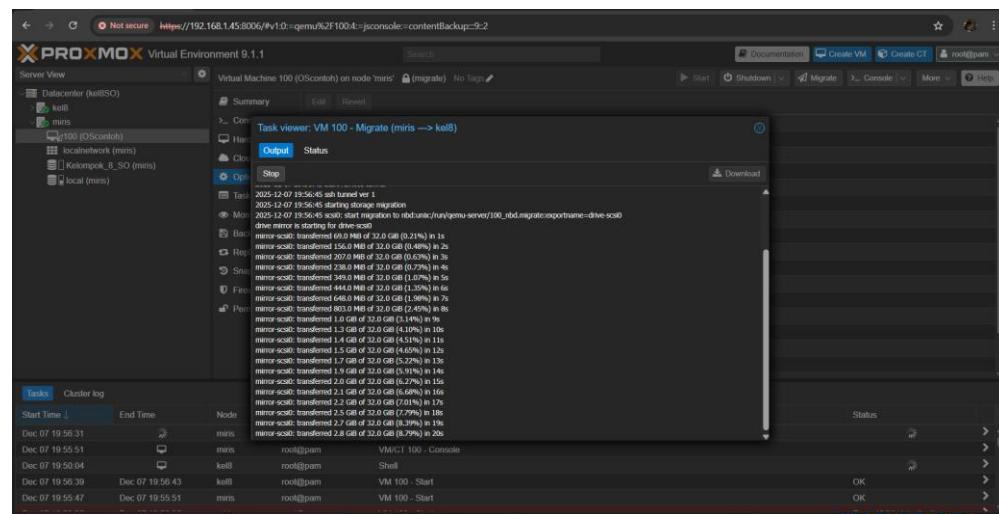
Gambar 28 Menjalankan VM Sebelum Proses Migrasi

4.17 Proses Live Migration Virtual Machine

Setelah VM berhasil dijalankan, dilakukan proses live migration dari node Miris (Proxmox A) menuju node Kel8 (Proxmox B) menggunakan shared storage berupa Virtual Hard Drive yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Migrasi ini dilakukan tanpa menghentikan operasi VM sehingga layanan tetap berjalan selama perpindahan node berlangsung.



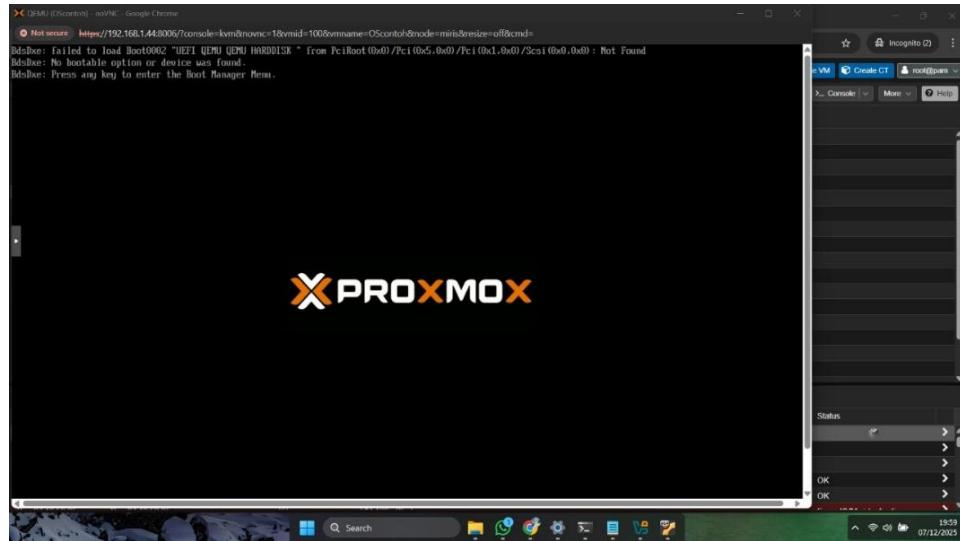
Gambar 29 Proses Live Migration Antar-Node



Gambar 30 Proses Live Migration Antar-Node

4.18 Proses Live Migration VM

Pada tahap ini dilakukan proses live migration terhadap VM yang telah dibuat sebelumnya dari node Miris menuju node Kel8. Selama proses pemindahan berlangsung, sistem operasi pada VM tetap berjalan normal tanpa mengalami downtime, sehingga layanan tetap dapat diakses dan tidak terganggu.



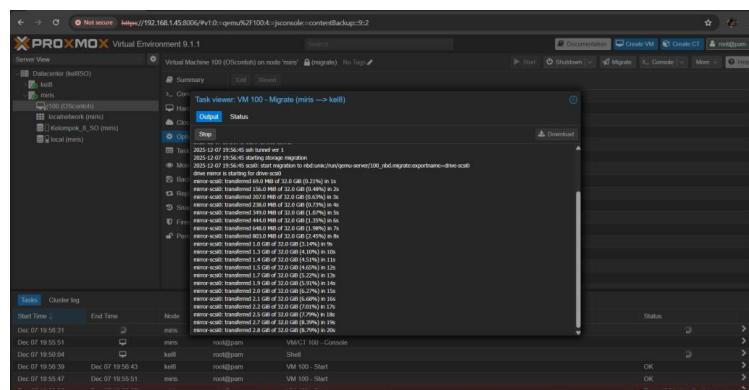
Gambar 31 Proses Live Migration VM Antar-Node pada Cluster Proxmox VE

BAB V

PENGUJIAN ANALISIS

5.1 Pengujian Live Migration

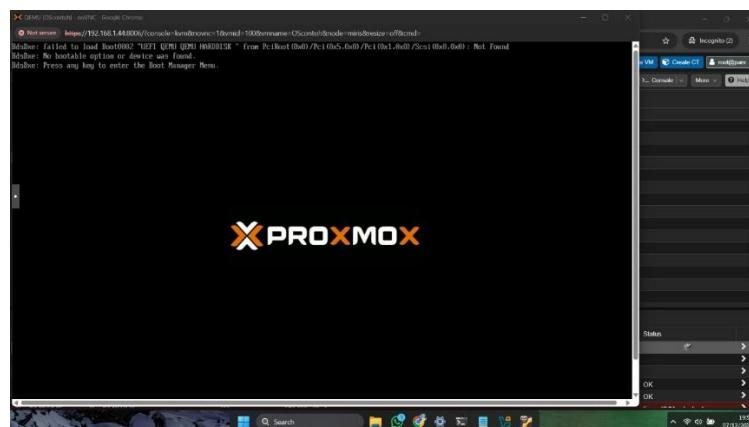
Proses Migration



Gambar 32 Proses Migration

Hasil:

Selama proses migrate berlangsung, OS yang telah dibuat sebelumnya dapat berjalan dengan lancar.



Gambar 33 Hasil Migration

5.2 Analisis Hasil

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, proses live migration pada cluster Proxmox VE dapat berjalan dengan baik. Selama migrasi berlangsung, sistem operasi (OS) yang digunakan pada VM tetap aktif dan tidak mengalami downtime, sehingga membuktikan bahwa mekanisme live migration berfungsi sesuai dengan teori. Migrasi dari node *miris* ke node *kel8* berjalan stabil meskipun koneksi jaringan hanya menggunakan WiFi. Waktu perpindahan memang sedikit lebih lama dibanding jaringan LAN, namun tidak mengganggu jalannya proses migrasi. Penggunaan OS yang lebih ringan—bukan Ubuntu atau sistem operasi yang lebih berat—juga berpengaruh positif karena membuat booting VM lebih cepat dan mengurangi potensi error selama pengujian.

Dalam proses implementasi, terdapat kendala utama, yaitu VM tidak dapat dijalankan karena terjadi kesalahan ketika membuat storage atau ZFS disk. Kesalahan ini menyebabkan VM tidak mendeteksi media penyimpanan sehingga proses booting OS gagal. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan pengecekan ulang terhadap konfigurasi storage, termasuk memeriksa ZFS pool dan memastikan disk terpasang pada storage yang benar. Setelah konfigurasi diperbaiki dan storage dibuat ulang dengan cara yang tepat, VM dapat berjalan normal tanpa error. Kendala lain seperti proses migrasi yang sedikit lambat juga dapat dipahami penyebabnya, yaitu penggunaan jaringan WiFi yang memiliki bandwidth terbatas. Solusi yang direkomendasikan adalah menggunakan jaringan LAN agar migrasi berlangsung lebih cepat dan stabil.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi cluster Proxmox VE mampu berfungsi dengan baik. Meskipun terdapat kendala pada tahap awal, termasuk masalah OS yang tidak dapat dijalankan karena fitur *KVM hardware virtualization* aktif dan tidak didukung penuh oleh lingkungan VirtualBox, semua masalah dapat diselesaikan dengan mematikan opsi KVM virtualization, melakukan pengecekan ulang konfigurasi storage, perbaikan setup, serta optimasi jaringan. Dengan solusi tersebut, proses migrasi berjalan lancar, dan VM tetap dapat digunakan tanpa gangguan.

BAB VI

KESIMPULAN

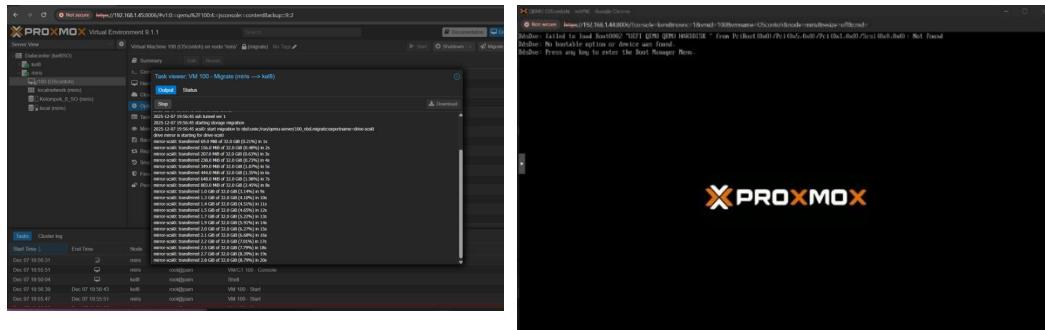
Proyek implementasi cluster Proxmox VE berhasil dilakukan melalui serangkaian tahapan mulai dari instalasi setiap node, konfigurasi jaringan berbasis WiFi, pembuatan cluster, hingga pengujian fitur live migration. Meskipun jaringan yang digunakan bukan LAN melainkan WiFi, proses penggabungan node dan komunikasi antar-node tetap berjalan dengan stabil. Pengujian live migration menunjukkan bahwa VM dapat berpindah dari satu node ke node lainnya tanpa mematikan layanan, meskipun waktu pemindahan sedikit lebih lama karena keterbatasan bandwidth WiFi.

Seluruh hasil implementasi memberikan gambaran nyata mengenai cara kerja skema cluster, shared storage, dan high availability pada Proxmox VE. Secara keseluruhan, tujuan proyek dapat dicapai dengan baik, dan proyek ini memberikan pemahaman yang lebih kuat mengenai manajemen infrastruktur virtualisasi. Ke depannya, performa dan stabilitas sistem dapat ditingkatkan dengan menggunakan jaringan LAN atau menambah node untuk kebutuhan skalabilitas.

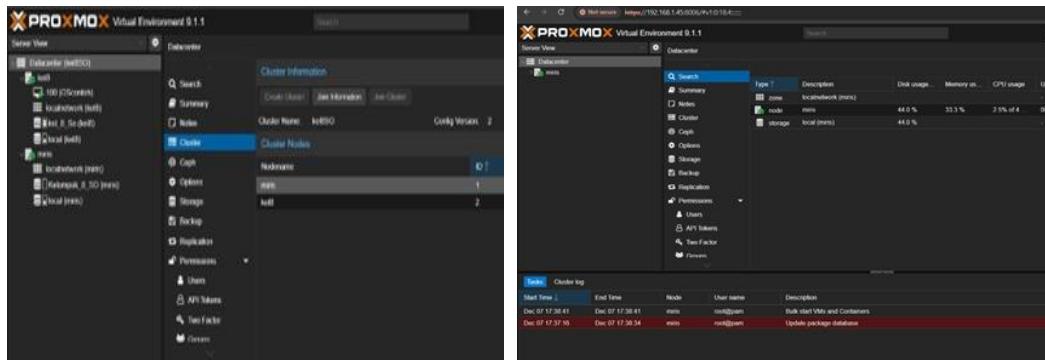
DAFTAR PUSTAKA

- Analyst, S. (2023). *How Proxmox Handles HA and Disaster Recovery*. Retrieved from <https://www.siberoloji.com/how-proxmox-handle-high-availability-and-disaster-recovery/>
- Editorial, P. (2022). *Pengenalan Proxmox VE*. Retrieved from <https://www.proweb.co.id/articles/proxmox-ve/antar.html>
- GmbH, P. S. (2024, July 31). Retrieved from Proxmox VE Introduction: <https://pve.proxmox.com/pve-docs-9-beta/chapter-pve-intro.html>
- JTSISKOM. (2024). Implementasi CephFS pada Cluster Proxmox.
- Team, J. E. (2023). Implementasi Cluster Virtualisasi Berbasis Proxmox. *Jurnal Informatika dan Sains Komputer (JINACS)*.
- TECHNOSCIENZA. (2022). Analisis High Availability Menggunakan Proxmox VE.
- Wikipedia. (2025, November 19). *Proxmox Virtual Environment*. Retrieved from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Proxmox_Virtual_Environment

LAMPIRAN



bukti migrate berhasil



hasil pembuatan cluster

hasil pembuatan storage shared

