UNIVERSITAS INDONESIA

ANALISIS KINERJA TUNING HYPERVISOR KVM DENGAN *CLOUDSTACK AGENT* PADA LINGKUNGAN *VIRTUAL MACHINE* DI *CLOUD MANAGEMENT PLATFORM* APACHE CLOUDSTACK

SKRIPSI

ARIQ PRADIPA SANTOSO
2006527052

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
DEPOK
2024

UNIVERSITAS INDONESIA

ANALISIS KINERJA TUNING HYPERVISOR KVM DENGAN *CLOUDSTACK AGENT* PADA LINGKUNGAN *VIRTUAL MACHINE* DI *CLOUD MANAGEMENT PLATFORM* APACHE CLOUDSTACK

SKRIPSI
Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik

ARIQ PRADIPA SANTOSO
2006527052

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
DEPOK
MEI 2024

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul	:	Analisis Kinerja Tuning Hypervisor KVM dengan *CloudStack Agent* pada Lingkungan *Virtual Machine* di *Cloud Management Platform* Apache CloudStack
Nama	:	Ariq Pradipa Santoso
NPM	:	2006527052

Laporan Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui.

Desember 2023

Yan Maraden S.T., M.T.

Pembimbing Skripsi

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	:	**Ariq Pradipa Santoso**
NPM	:	**2006527052**
Tanda Tangan	:	
Tanggal	:	**Desember 2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh	:	
Nama	:	Ariq Pradipa Santoso
NPM	:	2006527052
Program Studi	:	Teknik Komputer
Judul Skripsi	:	Analisis Kinerja Tuning Hypervisor KVM dengan *CloudStack Agent* pada Lingkungan *Virtual Machine* di *Cloud Management Platform* Apache CloudStack

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing	:	Yan Maraden S.T., M.T.	( )
Penguji	:		( )
Penguji	:		( )
Penguji	:		( )

Ditetapkan di	:	Depok
Tanggal	:	Desember 2023

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur kehadirat Allah SWT, saya dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Teknik Komputer di Universitas Indonesia. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, yang dengan tulus saya ucapkan terima kasih.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya persembahkan kepada kedua orang tua saya, yang telah memberikan doa, dukungan moral, dan finansial selama proses pembuatan skripsi ini. Tak lupa kepada dosen pembimbing, Bapak Yan Maraden, S.T., M.T. atas bimbingan, arahan, dan kritik yang membangun selama proses penulisan skripsi ini.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada teman-teman di Teknik Komputer Universitas Indonesia yang telah memberikan semangat dan dukungan. Pengalaman dan ilmu yang saya peroleh selama proses pembelajaran di universitas ini sangat berharga dan menjadi motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.

Skripsi ini berjudul Analisis Kinerja Tuning Hypervisor KVM dengan *CloudStack Agent* pada Lingkungan *Virtual Machine* di *Cloud Management Platform* Apache CloudStackyang merupakan upaya saya untuk memberikan kontribusi dalam bidang cloud serta sebagai aplikasi dari teori yang telah saya pelajari. Saya berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya bagi para peneliti dan mahasiswa yang berkecimpung dalam bidang yang sama.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi kita semua. Kritik dan saran yang membangun selalu saya harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Depok, 29 Desember 2023

Ariq Pradipa Santoso

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Ariq Pradipa Santoso
NPM	:	2006527052
Program Studi	:	Teknik Komputer
Fakultas	:	Teknik
Jenis Karya	:	Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Kinerja Tuning Hypervisor KVM dengan *CloudStack Agent* pada Lingkungan *Virtual Machine* di *Cloud Management Platform* Apache CloudStack

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyatan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Desember 2023
Yang menyatakan

(Ariq Pradipa Santoso)

ABSTRAK

Nama	:	Ariq Pradipa Santoso
Program Studi	:	Teknik Komputer
Judul	:	Analisis Kinerja Tuning Hypervisor KVM dengan *CloudStack Agent* pada Lingkungan *Virtual Machine* di *Cloud Management Platform* Apache CloudStack
Pembimbing	:	Yan Maraden S.T., M.T.

Cloud Computing menyediakan akses mudah ke berbagai sumber daya melalui jaringan internet, dengan jangkauan jaringan yang luas, kemampuan elastisitas yang cepat, dan layanan yang dapat diukur. Dalam penelitian ini, digunakan *Cloud Management Platform* Apache CloudStack untuk membangun sistem Cloud sendiri. Sistem ini menggunakan sistem operasi Ubuntu dan hypervisor KVM (Kernel-based Virtual Machine) untuk menguji performa dan optimalisasi konfigurasi hypervisor dalam menjalankan tugas-tugas komputasi tertentu.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis apakah konfigurasi default dari hypervisor KVM sudah optimal dan bagaimana tuning hypervisor KVM dapat meningkatkan performa dalam menjalankan tugas komputasi seperti kompresi video, enkripsi, dekripsi, dan validasi integritas data. Metode yang digunakan melibatkan pengujian performa hypervisor KVM dengan melakukan berbagai tugas komputasi dan mengukur waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas-tugas tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tuning hypervisor dengan menambahkan flag tertentu seperti SSSE3, SSE4.1, SSE4.2, SSE4a, dan AES dapat meningkatkan performa komputasi secara signifikan.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa konfigurasi default hypervisor KVM bersifat minimal dan perlu dilakukan tuning untuk mencapai performa optimal. Tuning hypervisor yang tepat dapat mempercepat kompresi video hingga 2.4 kali, validasi integritas data hingga 7.56 kali, enkripsi AES hingga 2.1 kali, dan dekripsi AES hingga 2.68 kali dibandingkan dengan konfigurasi default. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi akademis dalam bidang optimalisasi infrastruktur cloud.

Kata kunci:
Cloud Computing, KVM Hypervisor, Optimisasi Performa, Apache CloudStack

ABSTRACT

Name	:	Ariq Pradipa Santoso
Study Program	:	Teknik Komputer
Title	:	Performance Analysis of KVM Hypervisor Tuning with CloudStack Agent for Virtual Machine Environment on Cloud Management Platform Apache CloudStack
Counsellor	:	Yan Maraden S.T., M.T.

Cloud Computing provides easy access to various resources over the internet, with a wide network reach, fast elasticity capabilities, and measurable services. In this research, the Apache CloudStack Cloud Management Platform is utilized to build a Cloud system. This system uses the Ubuntu operating system and KVM (Kernel-based Virtual Machine) hypervisor to test performance and optimize the hypervisor configuration for specific computing tasks.

The aim of this research is to analyze whether the default configuration of the KVM hypervisor is optimal and how tuning the KVM hypervisor can enhance performance in executing computing tasks such as video compression, encryption, decryption, and data integrity validation. The methodology involves performance testing of the KVM hypervisor by executing various computing tasks and measuring the time taken to complete these tasks. The test results indicate that tuning the hypervisor by adding specific flags such as SSSE3, SSE4.1, SSE4.2, SSE4a, and AES can significantly improve computational performance.

The conclusion drawn from this research is that the default configuration of the KVM hypervisor is minimal and requires tuning to achieve optimal performance. Proper hypervisor tuning can accelerate video compression by up to 2.4 times, data integrity validation by up to 7.56 times, AES encryption by up to 2.1 times, and AES decryption by up to 2.68 times compared to the default configuration. This research is expected to make an academic contribution in the field of cloud infrastructure optimization.

Key words:
Cloud Computing, KVM Hypervisor, Performance Optimization, Apache CloudStack

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR KODE

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cloud Computing adalah sebuah sistem informasi yang menyediakan akses mudah ke berbagai komponen sumber daya, seperti server, aplikasi, dan database, melalui jaringan internet. Dalam sistem ini, sumber daya disimpan dan dikelola di pusat data yang terhubung dengan internet. *Cloud Computing* memiliki beberapa karakteristik utama, yakni layanan *on-demand*, akses jaringan yang luas, elastisitas yang cepat, dan layanan yang terukur. Terdapat tiga model layanan pada *Cloud Computing*, yaitu *Software as a Service* (SaaS), *Platform as a Service* (PaaS), dan Infrastructure as a Service (IaaS). Dan juga terdapat empat model implementasi pada *Cloud Computing*, yaitu *private cloud, community cloud, public cloud,* dan *hybrid cloud,* masing-masing sesuai dengan kebutuhan dan kegunaan dari pengguna yang berbeda[1].

Pengguna dapat membuat sistem *Cloud Computing*nya sendiri dengan menggunakan *Cloud Management Platform* Apache CloudStack. Apache CloudStack adalah perangkat lunak *open source* yang dirancang untuk implementasi dan administrasi jaringan *Virtual Machine*. CloudStack berfungsi sebagai platform *Cloud Computing* Infrastructure as a Service (IaaS) yang *reliable*, Apache CloudStack juga dikenal karena kemampuan *high availability* dan skalabilitasnya. Apache CloudStack digunakan oleh berbagai penyedia layanan cloud untuk menyediakan layanan cloud publik, CloudStack juga digunakan oleh banyak perusahaan untuk membentuk solusi *private cloud* atau sebagai bagian dari konfigurasi *hybrid cloud*[2].

Untuk menjalankan Apache Cloudstack diperlukan sebuah hypervisor. Hypervisor atau biasa juga dikenal sebagai *Virtual Machine Monitor* adalah komponen virtualisasi yang mengawasi dan mengelola sistem operasi *guest* pada sistem *host*[3]. Hypervisor mengontrol komunikasi instruksi antara sistem operasi *guest* dan *hardware* dari *host*[3].

Pada penelitian ini Penulis menggunakan sistem operasi Ubuntu yang berbasis Linux dan menggunakan KVM sebagai hypervisornya. Hypervisor KVM *(Kernel-based Virtual Machine)* adalah sebuah hypervisor berbasis kernel yang memungkinkan virtualisasi pada sistem operasi Linux[4]. KVM memanfaatkan modul ker-

nel untuk menyediakan dukungan langsung untuk virtualisasi dengan menggunakan instruksi *hardware* yang mendukung teknologi virtualisasi, seperti Intel VT atau AMD-V.

Penggunaan KVM sebagai hypervisor untuk menjalankan *Virtual Machine* pada Apache Cloudstack telah menjadi praktik umum. Namun, pertanyaan mendasar muncul: apakah hypervisor ini telah dikonfigurasi secara optimal untuk menjalankan tugas yang diberikan dengan baik? Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis apakah konfigurasi hypervisor KVM telah diatur dengan tepat dan baik. Pada penelitian ini, Penulis akan menguji performa hypervisor dengan melakukan beberapa tugas komputasi, seperti kompresi video, enkripsi, dekripsi, dan juga validasi integritas data. Selanjutnya, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses komputasi ini akan diukur dan dibandingkan dalam rangka evaluasi performa.

1.2 Permasalahan

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai definisi permasalahan yang Penulis hadapi dan ingin diselesaikan serta asumsi dan batasan yang digunakan dalam menyelesaikannya.

1.2.1 Definisi Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan pada bab 1.1 bahasan mengenai rumusah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah konfigurasi default dari Hypervisor KVM sudah dibuat dengan optimal?

2. Apakah tuning Hypervisor KVM untuk *Virtual Machine* di Apache Cloudstack memberikan efek yang signifikan terhadap performa tugas komputasi seperti kompresi video, enkripsi dan dekripsi AES, dan validasi integritas data dengan CRC32?

3. Bagaimana konfigurasi Hypervisor KVM dapat diatur secara optimal untuk meningkatkan efisiensi atau kecepatan dalam menangani tugas komputasi tertentu pada Apache CloudStack?

1.2.2 Batasan Permasalahan

Karena berbagai kendala yang dihadapi pada skripsi ini dilakukan pembatasan masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan menggunakan perangkat laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:
   - CPU: AMD Ryzen 7 4800H x64.
   - RAM: 16 GB.
   - Penyimpanan: 1TB pada SSD.
2. Sistem operasi yang digunakan adalah Ubuntu Server 22.04 LTS.
3. Karena perangkat menggunakan CPU AMD, implementasi teknologi virtualisasi yang diadopsi adalah AMD-V.
4. Parameter yang menjadi fokus analisis dalam penelitian ini adalah rata-rata perbedaan waktu kompresi video, waktu enkrispsi dengan AES, dan waktu validasi integritas data dengan CRC32 antara hypervisor default dan hypervisor yang telah dituning.

1.3 Tujuan

Penelitian ini berfokus pada analisis performa dari tuning Hypervirsor KVM dengan menggunkaan CloudStack Agent pada *Cloud Management Platform* Apache CloudStack. Dengan tujuan sebagai berikut:

1. Memahami efek dari tuning hypervisor KVM pada virtual machine di lingkungan Apache CloudStack terhadap performa tugas komputasi seperti kompresi video, enkripsi dan dekripsi AES, dan validasi integritas data dengan CRC32.
2. Menemukan metodologi tuning hypervisor KVM yang optimal untuk meningkatkan efisiensi atau kecepatan dalam menangani tugas komputasi tertentu pada Apache CloudStack.

Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan panduan praktis tetapi juga kontribusi akademis dalam bidang optimalisasi infrastruktur cloud.

1.4 Metodologi Penelitian

Beberapa metodologi yang dilakukan pada penelitian ini, antara lain:

1. Studi Literatur

   Studi literatur dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan pencarian, membaca, dan memahami jurnal serta sumber referensi yang terkait dengan *Cloud Computing*. Penelitian ini juga melibatkan eksplorasi literatur yang mendalam terkait dengan metode tuning hypervisor KVM, kondisi saat melakukan pemrosesan kompresi video, enkripsi dan dekripsi AES, dan juga mengenai validasi integritas data dengan CRC32 serta evaluasi keuntungan dan kerugian yang mungkin muncul akibat hasil tuning ini.

2. Pengumpulan Data

   Pada penelitian ini, akan dilakukan tiga pengujian

   (a) Kompresi Video

   Kompresi video akan dilakukan menggunakan ffmpeg pada dua sistem, yaitu sistem yang menggunakan KVM default dan sistem yang menggunakan KVM yang sudah dituning. Pada masing-masing sistem, kompresi video akan dilakukan sebanyak 100 kali. Setelah itu, waktu rata-rata kompresi video pada kedua sistem akan dibandingkan dan dianalisis.

   (b) Validasi Integritas Data CRC32

   Validasi Integritas Data dengan menggunakan fungsi CRC32 akan dilakukan dengan program benchmark yang dibuat Penulis dengan python pada kedua sistem. Pada masing-masing sistem, validasi CRC32 akan dilakukan sebanyak 100 kali. Setelah itu, waktu rata-rata validasi integritas data dengan CRC32 pada kedua sistem akan dibandingkan dan dianalisis.

   (c) Enkripsi dan Dekripsi AES

   Enkripsi dan dekripsi AES akan dilakukan dengan program benchmark yang dibuat Penulis dengan python pada kedua sistem. Pada masing-masing sistem, enkripsi dan dekripsis AES akan dilakukan sebanyak 100 kali. Setelah itu, waktu rata-rata enkripsi dan dekripsi AES pada kedua sistem akan dibandingkan dan dianalisis.

3. Analisis

Setelah itu, dilakukan evaluasi terhadap hasil yang diperoleh dan kemudian menyusun kesimpulan.

1.5 Sistematika Penulisan

Pada penulisan skripsi ini terdiri dari 3 bab dengan pokok bahasan yang berbeda-beda untuk setiap bab.

- BAB I PENDAHULUAN

  Bab I membahas tentang pendahuluan penelitian, yang meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

- BAB II TUNING HYPERVISOR KVM

  Bab II membahas tentang landasan teori yang digunakan untuk memahami dan menganalisis hasil penelitian.

- BAB III METODE PENGUJIAN TUNING PARAMETER HYPERVISOR KVM DENGAN CLOUDSTACK AGENT

  Bab III membahas tentang tahapan dan bagaimana metode yang digunakan untuk melakukan tuning dan pengujian dari tuning parameter Hypervisor KVM, dan juga bagaimana analisis akan dilakukan.

- BAB IV HASIL PENGUJIAN TUNING PARAMETER HYPERVISOR KVM DENGAN CLOUDSTACK AGENT

  Bab IV menjelaskan hasil penelitian yang terdiri dari pengujian tuning parameter hypervisor KVM, dan dilakukan analisis performa hypervisor KVM setelah proses tuning.

- BAB V PENUTUP

  Bab V menjelaskan kesimpulan dari penelitian dilakukan dan saran.

BAB 2
TUNING HYPERVISOR KVM

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai landasan teori yang menjadi dasar untuk memahami, menganalisis, dan menyelesaikan permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini.

2.1 *Cloud Computing*

Cloud Computing, menurut definisi National Institute of Standards and Technology (NIST), merupakan suatu model komputasi yang menyediakan akses dan konfigurasi sumber daya komputasi seperti jaringan, server, penyimpanan, aplikasi, dan layanan secara on-demand, memungkinkan pelepasan yang cepat tanpa interaksi yang kompleks dengan penyedia layanan[1]. *Cloud Computing* bukanlah suatu teknologi spesifik, melainkan sebuah model yang menggambarkan operasional dan ekonomi untuk penyediaan serta penggunaan infrastruktur IT dan layanan terkait. Beberapa definisi cloud memiliki karakteristik umum yang sama, seperti *pay-per-use* (pembayaran sesuai dengan penggunaan), kapasitas yang elastis, layanan mandiri, dan abstraksi atau virtualisasi sumber daya[5]. NIST membagi model layanan cloud menjadi[1]:

1. Software As A Service (SaaS)

   Konsumen dapat memanfaatkan kemampuan dengan menggunakan aplikasi penyedia yang beroperasi di dalam infrastruktur cloud. Aplikasi tersebut dapat diakses dari berbagai perangkat klien melalui antarmuka klien yang ringan, seperti browser web (contohnya, email berbasis web), atau antarmuka program. Pengguna tidak perlu mengelola atau mengontrol infrastruktur cloud yang mendasarinya, termasuk jaringan, server, sistem operasi, penyimpanan, atau bahkan kemampuan aplikasi individual, kecuali mungkin pada pengaturan konfigurasi aplikasi khusus pengguna yang terbatas.

2. Platform As A Service (PaaS)

   Konsumen diberikan kemampuan untuk mendeploy aplikasi yang mereka buat atau peroleh ke infrastruktur cloud, menggunakan bahasa pemrograman, *library*, layanan, dan alat yang didukung oleh penyedia. Pengguna tidak perlu

mengelola atau mengontrol infrastruktur cloud yang mendasarinya, termasuk jaringan, server, sistem operasi, atau penyimpanan. Meskipun begitu, pengguna tetap memiliki kendali atas aplikasi yang diimplementasikan dan mungkin dapat mengatur konfigurasi lingkungan hosting aplikasi.

3. Infrastructure As A Service (IaaS)

   Kemampuan yang diberikan kepada konsumen adalah untuk menyediakan sumber daya pemrosesan, penyimpanan, jaringan, dan sumber daya komputasi dasar lainnya di mana konsumen dapat mendeploy dan menjalankan perangkat lunak sembarang, yang dapat mencakup sistem operasi dan aplikasi. Konsumen tidak mengelola atau mengendalikan infrastruktur awan yang mendasari tetapi memiliki kendali atas sistem operasi, penyimpanan, dan aplikasi yang didistribusikan; dan mungkin kendali terbatas terhadap beberapa komponen jaringan tertentu (misalnya, firewall host).

2.2 Apache CloudStack

Gambar 2.1: Logo Apache CloudStack

Apache CloudStack adalah perangkat lunak *open source* yang dirancang untuk mendeploy dan mengelola jaringan besar mesin virtual, sebagai platform komputasi awan berbasis Infrastructure as a Service (IaaS) yang sangat tersedia dan dapat *scaleable*[2]. Pada Gambar 2.1 adalah logo dari Apache Cloudstack. CloudStack digunakan oleh sejumlah penyedia layanan untuk menawarkan layanan cloud publik, dan oleh banyak perusahaan untuk menyediakan penawaran cloud *on-premise* (pribadi), atau sebagai bagian dari solusi cloud hybrid[2].

CloudStack adalah solusi siap pakai yang mencakup seluruh ”stack” fitur yang paling diinginkan oleh organisasi dengan IaaS cloud: orkestrasi komputasi, Jaringan sebagai Layanan, manajemen pengguna dan akun, dan antarmuka Pengguna (UI) yang baik[2].

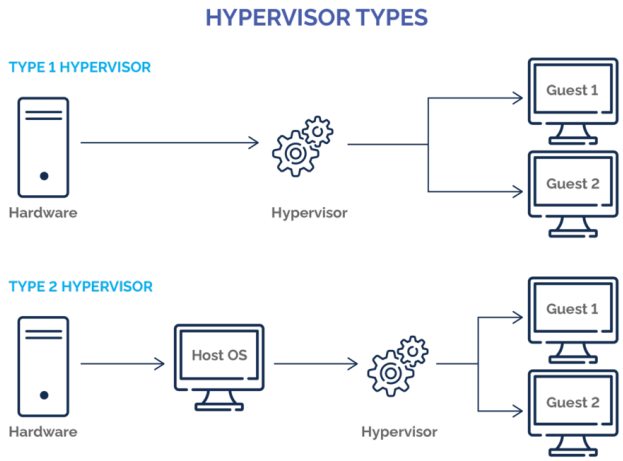
CloudStack saat ini mendukung hypervisor paling populer: VMware, KVM, Citrix XenServer, Xen Cloud Platform (XCP), Oracle VM server, dan Microsoft Hyper-V[2].

Pengguna dapat mengelola cloud mereka dengan antarmuka web yang mudah digunakan, alat *commandline*, dan/atau API RESTful yang lengkap. Selain itu, CloudStack menyediakan API yang kompatibel dengan AWS EC2 dan S3 untuk organisasi yang ingin mendeploy cloud secara hybrid[2].

CloudStack, yang awalnya dikembangkan oleh Cloud.com, diakuisisi oleh Citrix pada tahun 2011 dan diserahkan kepada Apache Software Foundation pada tahun 2012. Pengembangan saat ini diatur oleh Apache Foundation dengan kode yang tersedia di bawah lisensi Apache 2.0[6].

2.3 Hypervisor

Sebuah hypervisor adalah perangkat lunak atau perangkat keras yang digunakan untuk menciptakan dan mengelola mesin virtual. Juga dikenal sebagai *'Virtual Machine Monitor'* atau VMM, hypervisor memungkinkan satu server fisik menjalankan beberapa mesin virtual, mengatasi keterbatasan satu sistem operasi pada satu server. Hypervisor dapat berupa perangkat keras atau program, dan fungsinya adalah menciptakan, memonitor, dan mengelola mesin-mesin virtual[7].



Gambar 2.2: Hypervisor Type 1 vs Type 2

Pada Gambar 2.2 diperlihatkan diagram sederhana perbedaan daripada Hypervisor tipe 1 dan Hypervisor tipe 2. Hypervisor tipe 1 dan tipe 2 merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menjalankan satu atau lebih *Virtual Machine* (VM) pada satu mesin fisik. *Virtual Machine* adalah replika digital dari mesin fisik, menciptakan lingkungan komputasi terisolasi yang pengguna alami sebagai sepenuhnya independen dari perangkat keras yang mendasarinya[8]. Hypervisor mengelola dan mengalokasikan sumber daya fisik ke VM dan berkomunikasi dengan perangkat

keras di latar belakang. Hypervisor tipe 1 ditempatkan di atas server tanpa sistem operasi dan memiliki akses langsung ke sumber daya perangkat keras, sehingga dikenal juga sebagai *bare metal* hypervisor. Sebaliknya, hypervisor tipe 2 adalah aplikasi yang diinstal pada sistem operasi host dan juga dikenal sebagai *hosted* atau *embedded* hypervisor[8].

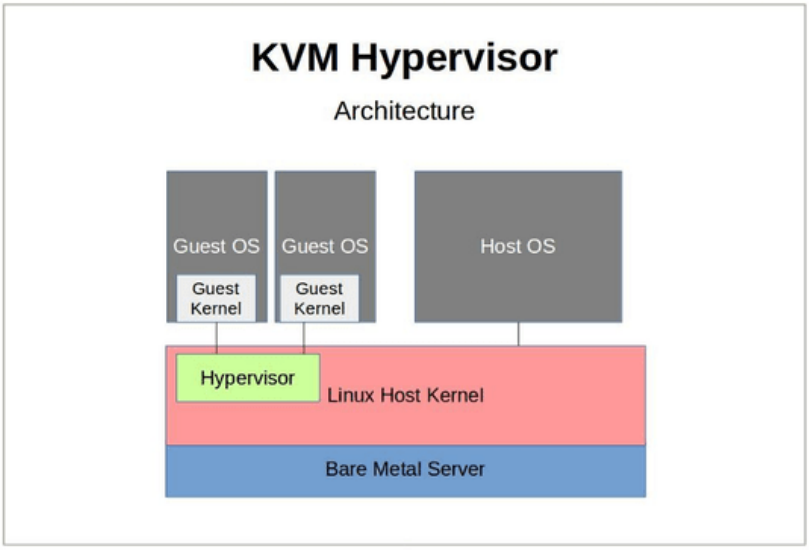
2.4 KVM *(Kernel-Based Virtual Machine)*

KVM (Kernel-based Virtual Machine) merupakan modul virtualisasi *open source* dan gratis dalam kernel Linux yang memungkinkan kernel berfungsi sebagai hypervisor. KVM adalah hypervisor tipe 1 atau biasa juga disebut sebagai hypervisor *bare metal*. KVM memungkinkan mesin host menjalankan beberapa lingkungan virtual terisolasi yang disebut sebagai guest atau *Virtual Machine* (VM).KVM (Kernel-based Virtual Machine) merupakan modul virtualisasi sumber terbuka dan gratis dalam kernel Linux yang memungkinkan kernel berfungsi sebagai hypervisor. Ini adalah tipe-1 (bare-metal) hypervisor yang memungkinkan mesin host menjalankan beberapa lingkungan virtual terisolasi yang disebut sebagai guest atau mesin virtual (VM).

KVM telah disatukan ke dalam kernel Linux utama pada versi 2.6.20, yang dirilis pada 5 Februari 2007. Untuk dapat berjalan, KVM memerlukan prosesor dengan ekstensi virtualisasi perangkat keras, seperti Intel VT atau AMD-V. KVM menyediakan abstraksi perangkat tetapi tidak ada emulasi prosesor. Modul ini mengekspos antarmuka /dev/kvm, yang dapat digunakan oleh mode pengguna untuk menyiapkan ruang alamat VM guest.

KVM mendukung virtualisasi perangkat keras untuk berbagai sistem operasi guest, termasuk BSD, Solaris, Windows, Haiku, ReactOS, Plan 9, dan lainnya. Sebagai bagian dari kernel Linux, KVM langsung mengambil manfaat dari setiap fitur baru, perbaikan, dan kemajuan Linux tanpa perlu rekayasa tambahan.

Dalam pengaturan KVM, CPU virtual dari VM diimplementasikan sebagai thread (disebut ”virtual CPU” atau vcpu) yang dijadwalkan oleh *Linux Kernel Scheduler*. KVM pada dasarnya adalah pengemudi untuk ekstensi virtualisasi processor. Setiap kali *Linux Scheduler* memilih tugas untuk dijalankan pada CPU fisik, dan tugas tersebut dikerjakan oleh CPU virtual dari VM, KVM ”dihubungi” untuk memastikan bahwa yang sebenarnya berjalan di perangkat keras adalah program dari OS guest[9].

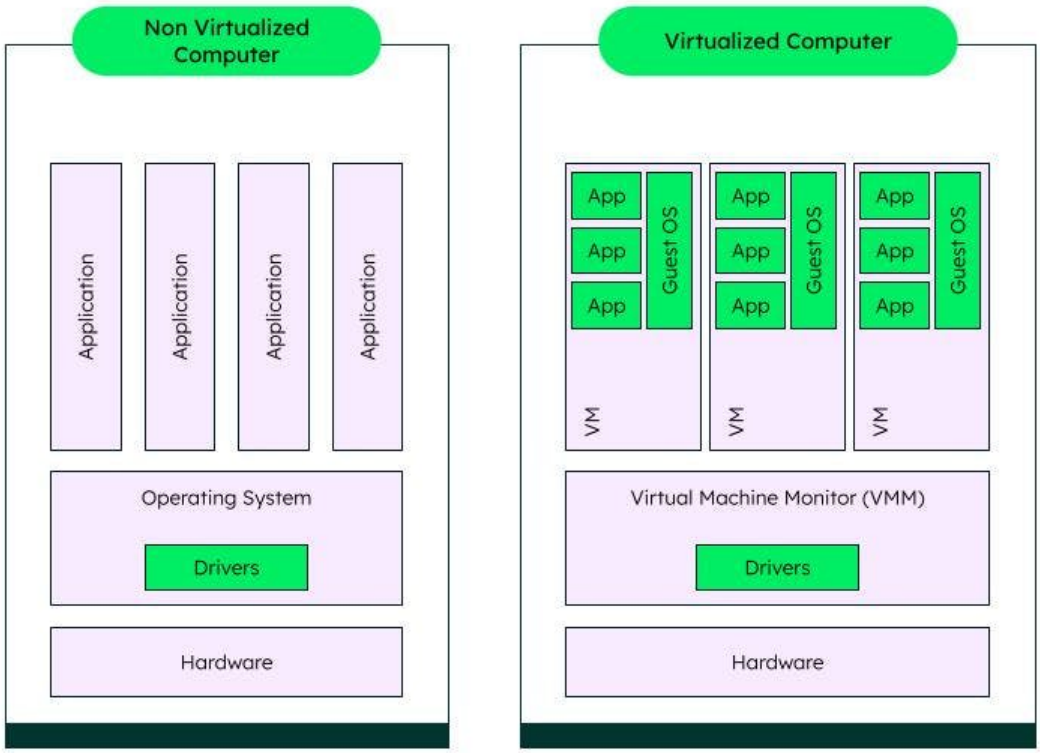


Gambar 2.3: Arsitektur Hypervisor KVM

Pada Gambar 2.3 adalah struktur daripada hypervisor KVM. KVM berjalan langsung pada kernel linux host dan membagikan resourcenya kepada guest *Virtual Machine*, sedangkan sistem operasi host berjalan langsung diatas kernel host. Sistem operasi host dapat melakukan konfigurasi kepada *Virtual Machine* yang menggunakan hypervisor miliknya.

2.5 *Virtual Machine*

Virtual Machine (VM) adalah sebuah lingkungan komputasi yang dibuat secara virtual di dalam sebuah komputer fisik (host)[10]. VM ini berfungsi seperti sebuah komputer independen yang dapat menjalankan sistem operasi dan aplikasi seperti komputer fisik biasa, tetapi semuanya berjalan dalam lingkungan virtual yang terisolasi di dalam host fisik. Setiap *Virtual Machine* (VM) menjalankan sistem operasi secara independen dan beroperasi terpisah dari VM lainnya, bahkan ketika semuanya berjalan pada host yang sama. Perangkat lunak yang dikenal sebagai hypervisor atau *Virtual Machine Monitor* (VMM) memungkinkan kita untuk menjalankan berbagai sistem operasi yang berbeda secara bersamaan pada *Virtual Machine* yang berbeda. VM memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan mesin fisik, termasuk kemampuan untuk menjalankan beberapa lingkungan sistem operasi pada satu komputer fisik, mendukung aplikasi *legacy*, dan menyediakan opsi pemulihan dalam situasi bencana. VM digunakan untuk berbagai keperluan, seperti *Cloud Computing*, pengujian sistem operasi baru, dan menjalankan beberapa aplikasi pada satu mesin fisik[11].



Gambar 2.4: Perbedaan Komputasi Tanpa Virtualisasi dengan Virtualisasi

Terdapat perbedaan dalam cara berjalan antara komputer tanpa virtualisasi (host) dan komputer yang divirtualisasi (guest) atau *Virtual Machine*. Pada Gambar 2.4, dapat diperlihatkan bahwa pada komputer tanpa virtualisasi, sistem operasinya berjalan langsung di atas perangkat keras, dengan driver yang berfungsi sebagai jembatan, sehingga aplikasi dapat berjalan langsung di atas sistem operasi tersebut. Di sisi lain, pada komputer yang divirtualisasi, sistem operasinya berjalan di atas VMM atau Virtual Machine Monitor, di mana satu VMM dapat menjalankan banyak sistem operasi guest.

2.6 *Advanced Encryption Standard* (AES)

Advanced Encryption Standard atau disingkat AES pertama kali diumumkan oleh NIST *(National Institute Of Standards and Technology)* pada tahun 2001 sebagai pengganti algoritma DES yang semakin mudah diretas. AES merupakan hasil dari kompetisi yang diadakan oleh NIST pada tahun 1997 yang dimenangkan oleh tim dari belgium yang memiliki nama asli Rijndael. Rijndael dikembangkan oleh dua orang kriptografer dari belgium bernama Joan Daemen dan Vincent Rijmen. AES dipublikasikan oleh NIST pada tahun 2001 dan tersebar secara efektif pada bulan May 2002 setelah disetujui oleh Menteri Perdagan Amerika, Donald Evans[12].

AES merupakan metode enkripsi data dengan teknik enkripsi simetris, yang berarti menggunakan kunci yang sama untuk proses enkripsi dan dekripsi. Kunci pada AES tersedia dalam tiga varian ukuran, yakni 128 bit, 192 bit, dan 256 bit. Meskipun ukuran kuncinya bervariasi, ukuran blok data yang dienkripsi tetap sama, yaitu 128 bit. Ukuran blok mengacu pada cara data dienkripsi dengan memecah dan menyusunnya. Data disusun menjadi array 4x4 berukuran 16 byte, di mana setiap byte terdiri dari 8 bit, sehingga total setiap blok berjumlah 128 bit[13].

2.7 *Cyclic Redundancy Check* (CRC)

Cyclic Redundancy Check (CRC) merupakan teknik yang digunakan untuk mendeteksi kesalahan dalam transmisi data digital. Teknik ini melibatkan penambahan kode pemeriksaan pada data untuk mengidentifikasi kesalahan yang mungkin terjadi selama proses transmisi. CRC didasarkan pada konsep pembagian polinomial, khususnya dengan menggunakan *Linear Feedback Shift Registers* (LFSRs).

1. Gambaran Teknik CRC[14]:
    - CRC digunakan untuk mendeteksi kesalahan dalam data digital, terutama pada aplikasi yang beroperasi dengan kecepatan tinggi.
    - CRC menggunakan *Linear Feedback Shift Registers* untuk deteksi kesalahan.
    - Teknik ini melibatkan pembagian biner untuk menghasilkan sisa (CRC) yang kemudian ditambahkan ke data sebagai pemeriksaan kesalahan di penerima.
2. Prinsip CRC[15]:
    - Teknik CRC menambahkan kode pemeriksaan r-bit ke kode informasi k-bit, membentuk kode (n, k) dengan panjang n(k + r) bit.
    - Setiap kode (n, k) memiliki polinomial g(x) dengan kekuatan maksimum n-k=r terkait dengannya, dikenal sebagai polinomial yang dihasilkan dari kode CRC.
    - Kode CRC umumnya ditempatkan di akhir informasi untuk mendeteksi kesalahan selama transmisi.
    - Di sisi penerima, perhitungan CRC dilakukan pada informasi yang diterima untuk memeriksa kesalahan.
    - Implementasi seperti CRC-5, CRC-8, dan CRC-32 menunjukkan optimasi dan efisiensi yang spesifik untuk protokol dan sistem yang berbeda.

2.8 virsh

virsh adalah *command line tool* yang merupakan bagian dari *library* libvirt dan secara utama digunakan untuk mengelola dan berinteraksi dengan teknologi virtualisasi pada sistem Linux, khususnya KVM (Kernel-based Virtual Machine) dan QEMU (Quick Emulator), dan mendukung hypervisor lainnya seperti Xen, LXC, OpenVZ, VirtualBox, dan VMware ESX[16].

Secara sederhana penggunaan virsh adalah seperti ini

```
virsh [OPTION]... <command> <domain> [ARG]...
```

Pada command ini, domain adalah ID domain numerik, atau nama domain, atau UUID domain; dan ARGS adalah opsi khusus dari command. Setiap command yang dimulai dengan # dianggap sebagai komentar dan diabaikan oleh sistem, semua perintah yang tidak dikenali akan didiagnosis.

2.9 *Streaming SIMD Extensions*

Streaming SIMD Extensions (SSE) adalah instruksi yang dibawa oleh Intel pada tahun 1999 dengan prosesor Pentium III dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja prosesor arsitektur x86. Awalnya dikenal sebagai Katmai New Instructions (KNI) selama pengembangan, SSE secara signifikan meningkatkan kemampuan pemrosesan multimedia dan grafis dibanding pendahulunya, MMX. SSE mencakup 70 instruksi baru yang dirancang untuk meningkatkan tugas seperti pengolahan gambar, video 3D, audio dan video streaming, serta pengenalan suara[17].

Tidak seperti pendahulunya, MMX menggunakan unit floating-point standar yang sama, sedangkan SSE menggunakan unit terpisah dalam prosesor untuk perhitungan floating-point, yang memungkinkan pemrosesan yang lebih efisien. SSE mendukung operasi floating-point SIMD (Single Instruction Multiple Data) single precision, yang sangat penting untuk mengatasi bottleneck dalam pemrosesan grafis 3D. Teknologi ini memungkinkan satu instruksi untuk melakukan hingga empat operasi floating-point secara bersamaan, meningkatkan kecepatan dan efisiensi pemrosesan[17].

Manfaat SSE yang utama terlihat dalam decoding MPEG2, format standar untuk video DVD, memungkinkan prosesor yang dilengkapi SSE untuk menangani decoding tersebut di perangkat lunak dengan kecepatan penuh tanpa perangkat keras tambahan. SSE juga meningkatkan penggunaan CPU dan kinerja perangkat lunak pengenalan suara, memberikan akurasi yang lebih tinggi dan waktu respons

yang lebih cepat. Untuk sepenuhnya memanfaatkan kemampuan SSE, aplikasi harus diset secara khusus agar SSE-aware, sebuah fitur yang sekarang umum dalam banyak aplikasi grafis dan berhubungan dengan suara. SSE adalah perluasan dari MMX, yang berarti bahwa prosesor yang mendukung SSE juga kompatibel dengan instruksi MMX, hal ini memastikan *backward compatibility* dengan aplikasi yang mendukung MMX[17].

SSE telah berkembang seiring waktu dengan versi seperti SSE2, SSE3, dan SSE4, masing-masing membawa fitur baru dan meningkatkan kemampuan pemrosesan secara keseluruhan. Ekstensi ini telah banyak diadopsi dalam pengembangan perangkat lunak, terutama dalam bidang di mana pemrosesan paralel sangat penting.

2.9.1 SSE2

SSE2 adalah perluasan dari kemampuan SIMD (Single Instruction, Multiple Data) yang awalnya diperkenalkan dengan set instruksi SSE (Streaming SIMD Extensions). Pertama kali diperkenalkan oleh Intel dengan prosesor Pentium 4[18]. Perbedaan utama dan peningkatan dalam SSE2 dibandingkan dengan pendahulunya SSE meliputi:

1. Rentang Jenis Data yang Lebih Luas

   SSE2 memperluas kemampuan SIMD untuk beroperasi pada data integer 64-bit dan data floating-point presisi ganda (SSE terutama berfokus pada operasi floating-point presisi tunggal).

2. Peningkatan Set Instruksi

   SSE2 menambahkan instruksi dan kemampuan baru, meningkatkan pengolahan dan manipulasi berbagai jenis data, termasuk integer terpak (packed integers) dan angka floating-point presisi ganda.

3. Peningkatan Kinerja untuk Aplikasi Ilmiah dan Multimedia

   Dengan menyediakan operasi pada tipe data yang lebih besar dan set operasi yang lebih luas, SSE2 meningkatkan efisiensi dan kinerja aplikasi yang berhubungan dengan perhitungan matematika kompleks, grafik 3D, pengkodean video, dan tugas multimedia lainnya.

Penggabungan SSE2 dalam arsitektur AMD64 menyoroti pentingnya dalam komputasi modern, terutama untuk aplikasi yang memerlukan kinerja tinggi dalam

pengolahan numerik dan multimedia. Dokumen ABI kemungkinan mengasumsikan keakraban dengan konsep-konsep ini, lebih berfokus pada detail implementasi dalam arsitektur AMD64 daripada menjelaskan perbedaan fundamental antara SSE dan SSE2[18].

2.9.2 SSE3

SSE3 (Streaming SIMD Extensions 3) merupakan ekstensi dari set instruksi SSE2, yang mana memperluas teknologi SSE (Streaming SIMD Extensions) asli. Perbedaan antara SSE3 dengan SSE2 antara lain:

1. 13 Set Instruksi Baru

   SSE3 menambahkan tiga belas instruksi baru ke set instruksi SSE/SSE2 yang ada[19].

2. Dukungan untuk Model Eksekusi SIMD:

   Dari 13 instruksi ini, sepuluh dirancang untuk mendukung model eksekusi SIMD (Single Instruction, Multiple Data). Model ini merupakan aspek penting dari komputasi paralel, di mana beberapa titik data diproses secara bersamaan menggunakan satu instruksi. Ini sangat bermanfaat untuk tugas-tugas seperti pengolahan grafis, perhitungan ilmiah, dan aplikasi multimedia, di mana operasi pada set data besar adalah hal yang umum[19].

3. Konversi Floating-Point ke Integer:

   Salah satu instruksi SSE3 secara spesifik mempercepat pemrograman *x87-style*. Instruksi ini berfokus pada peningkatan efisiensi dalam mengkonversi nilai floating-point menjadi integer. Hal ini bisa sangat berguna dalam skenario di mana perhitungan melibatkan tipe data floating-point dan integer[19].

4. Akselerasi Sinkronisasi Thread:

   Dua instruksi lain dalam set SSE3 ditujukan untuk meningkatkan sinkronisasi thread. Peningkatan ini sangat penting dalam aplikasi multi-thread, di mana pengelolaan eksekusi dan koordinasi beberapa thread adalah kunci untuk kinerja yang baik dan efisiensi[19].

Secara singkat, SSE3 memperluas kemampuan set instruksi SSE dan SSE2 dengan penekanan pada peningkatan eksekusi SIMD, konversi floating-point ke integer, serta sinkronisasi thread. Selain itu, SSE3 tetap mempertahankan kompatibilitas dengan jenis data dan lingkungan pemrograman yang sudah ada. Oleh karena

itu, SSE3 menjadi alat yang sangat berguna bagi pengembang yang bekerja pada tugas komputasi berkinerja tinggi, terutama yang melibatkan pemrosesan paralel dan jenis data yang kompleks.

2.9.3 SSSE3

SSSE3 (Supplemental Streaming SIMD Extensions 3) adalah ekstensi dari set instruksi SSE3 yang diperkenalkan oleh Intel pada tahun 2006. SSSE3 menambahkan 32 instruksi baru ke set instruksi SSE3 yang ada, yang dirancang untuk meningkatkan kinerja pemrosesan SIMD (Single Instruction, Multiple Data) pada aplikasi yang memerlukan operasi vektorisasi dan paralel. Pembaruan dari SSSE3 antara lain:

1. Dua belas instruksi yang melakukan operasi penambahan atau pengurangan horizontal.
2. Enam instruksi yang mengevaluasi nilai absolut.
3. Dua instruksi yang melakukan operasi perkalian-dan-penambahan dan mempercepat evaluasi *dot product*.
4. Dua instruksi yang mempercepat operasi perkalian bilangan bulat dan menghasilkan nilai bilangan bulat dengan penskalaan.
5. Dua instruksi yang melakukan *in-place shuffle* pada tingkat byte sesuai dengan operand kontrol pengacakan kedua.
6. Enam instruksi yang mengubah bilangan bulat menjadi negatif dalam operand tujuan jika elemen yang sesuai dalam operand sumber adalah negatif.
7. Dua instruksi yang menyelaraskan data dari gabungan dua operand.

2.9.4 SSE4

SSE4, yang merupakan singkatan dari Streaming SIMD Extensions 4, adalah serangkaian instruksi yang diperkenalkan oleh Intel dalam prosesor 64-bitnya yang dibuat dengan teknologi proses 45 nm. SSE4 terdiri dari dua subset: SSE4.1 dan SSE4.2[20].

Berdasarkan informasi dalam tabel 2.1, SSE4.1 dirancang untuk meningkatkan performa dalam aplikasi media, pencitraan, dan 3D, serta menghadirkan 47 instruksi baru. Instruksi-instruksi ini berkontribusi pada peningkatan vektorisasi kompiler dan memberikan dukungan untuk perhitungan *packed dword*. Di sisi lain,

Fitur	SSE4.1	SSE4.2
Pengenalan	Bagian dari prosesor Intel 45 nm	Diperkenalkan dengan arsitektur mikro Nehalem
Instruksi	47 set instruksi baru	7 instruksi tambahan
Fokus	Peningkatan kinerja pada media, pengolahan citra, dan beban kerja 3D	Pengolahan string dan teks
Penyempurnaan Utama	Peningkatan vektorisasi kompiler, dukungan untuk perhitungan *packed dword*	Kemampuan integer SIMD yang ditingkatkan, fokus pada operasi string
Kompatibilitas	Sepenuhnya kompatibel dengan versi SSE sebelumnya	Juga kompatibel dengan versi SSE sebelumnya
Dukungan OS	Tidak memerlukan dukungan OS baru	Sama seperti SSE4.1

Tabel 2.1: Perbandingan SSE4.1 dan SSE4.2

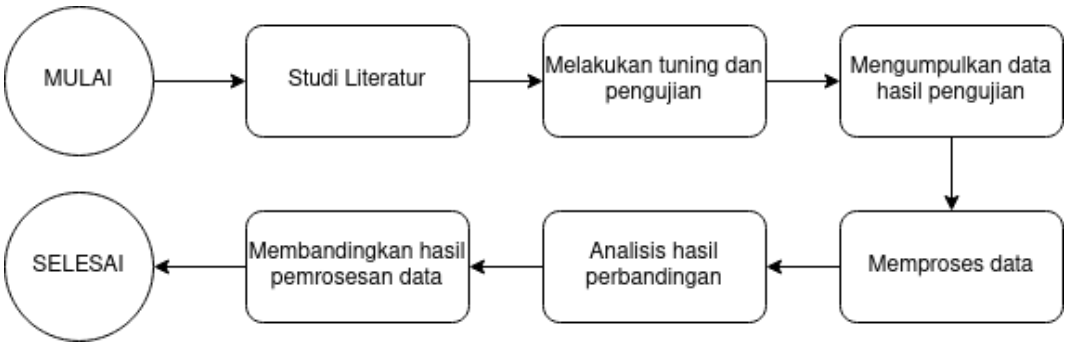
SSE4.2, yang pertama kali diperkenalkan dalam prosesor dengan mikroarsitektur Nehalem, menambahkan tujuh instruksi tambahan. Fokus utama dari instruksi-instruksi tambahan ini adalah pada pemrosesan string dan teks, serta peningkatan dalam kemampuan integer SIMD[20].

SSE4 tidak memperkenalkan tipe data baru tetapi mencakup berbagai tipe instruksi seperti perkalian dword, *floating-point dot-product*, *streaming load hint*, *packed blending*, dan instruksi MIN/MAX *packed integer*. Teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan dukungan untuk perhitungan *packed dword* dan meningkatkan throughput memori untuk jenis memori tertentu. SSE4 sepenuhnya kompatibel dengan perangkat lunak dari generasi sebelumnya dari prosesor Intel dan tidak memerlukan dukungan OS baru di luar apa yang diperlukan untuk Streaming SIMD Extensions (SSE) sebelumnya[20].

BAB 3
METODE PENGUJIAN TUNING PARAMETR HYPERVISOR KVM DENGAN CLOUDSTACK AGENT

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi konfigurasi Hypervisor KVM yang disediakan secara langsung dalam konteks penggunaan *Virtual Machine* pada Apache Cloudstack. Tujuan utama adalah untuk memastikan bahwa *Virtual Machine* dapat mencapai kinerja yang optimal sesuai dengan spesifikasi sistem yang digunakan. Untuk mencapai tujuan ini, Penulis akan melakukan penyesuaian konfigurasi atau tuning pada Hypervisor KVM dan kemudian membandingkannya dengan kondisi awal yang tidak mengalami tuning. Hasil pengujian akan dianalisis untuk menentukan apakah ada perbedaan signifikan dalam kinerja antara Hypervisor KVM yang telah dituning dengan yang belum dituning.

3.1 Tahapan Penelitian



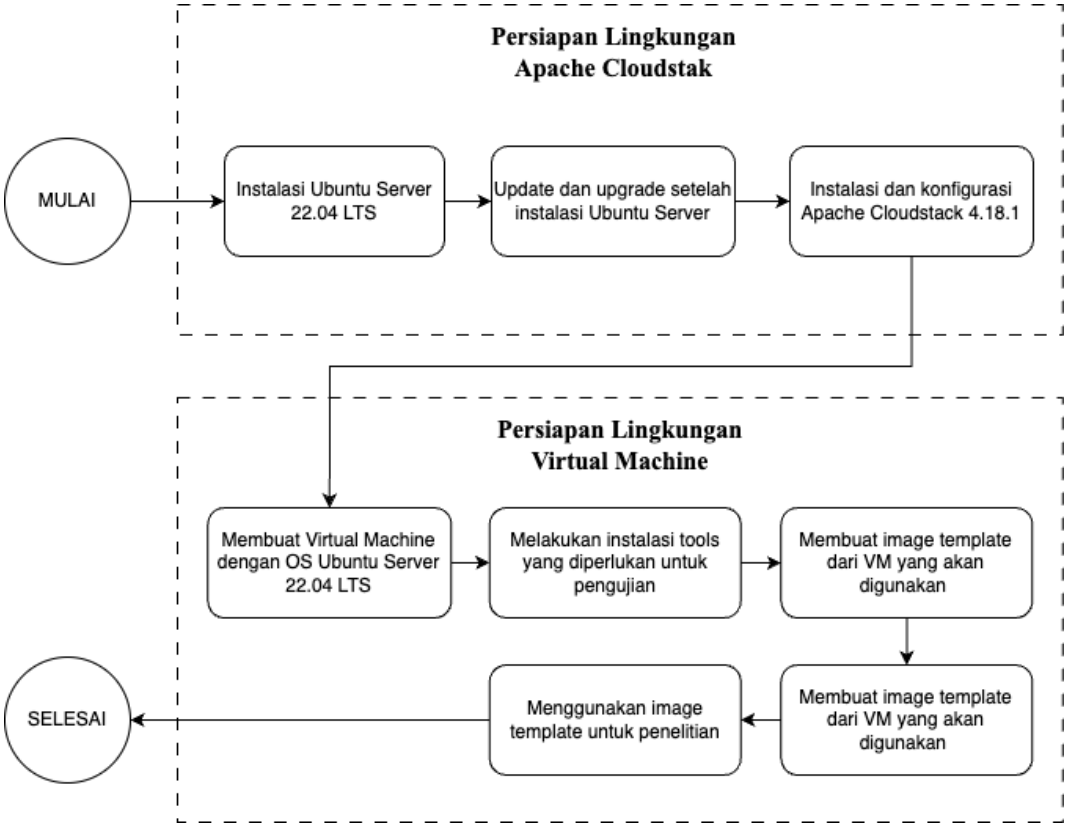
Gambar 3.1: Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahap sesuai dengan diagram di gambar 3.1. Tahap pertama melibatkan studi literatur untuk mengumpulkan semua informasi yang diperlukan. Studi literatur ini penting karena memberikan dasar pengetahuan yang kuat tentang topik yang akan diteliti, memungkinkan peneliti untuk memahami konteks dan kerangka kerja yang relevan.

Selanjutnya, penelitian melibatkan tuning terhadap Hypervisor KVM, dan pengujian dilakukan dengan tiga skenario, yaitu kompresi video, enkripsi data dengan AES, dan validasi integritas data menggunakan CRC32. Hasil dari pengujian ini akan memberikan gambaran mengenai konfigurasi yang paling optimal dan sesuai,

serta membantu dalam pemahaman lebih lanjut tentang pengaruh tuning terhadap performa Hypervisor KVM.

3.2 Persiapan Lingkungan untuk Pengujian dan Analisis



Gambar 3.2: Persiapan Lingkungan Penelitian

Proses persiapan lingkungan untuk pengujian dan analisis yang tergambar dalam gambar 3.2 menggambarkan serangkaian langkah sistematis yang penting untuk memastikan integritas hasil penelitian. Proses ini dimulai dengan tahap inisiasi yang meliputi instalasi Ubuntu Server 22.04 LTS, sebuah sistem operasi yang stabil dan sering digunakan untuk keperluan server. Instalasi ini menjadi landasan dasar bagi infrastruktur yang akan dikembangkan.

Setelah sistem operasi terinstal, dilakukan pembaruan dan peningkatan sistem operasi tersebut untuk memastikan semua komponen sistem berada pada versi terkini serta keamanan sistem terjaga. Langkah ini krusial untuk menutup potensi kerentanan yang mungkin ada pada sistem. Selanjutnya, Apache Cloudstack versi 4.18.1 diinstal dan dikonfigurasikan. Apache Cloudstack berfungsi sebagai platform manajemen cloud yang memungkinkan pembuatan dan pengelolaan infrastruktur cloud yang kompleks, yang merupakan elemen kunci dalam penelitian ini.

Dalam pembuatan lingkungan virtual, dibuat *Virtual Machine* yang menggunakan sistem operasi yang sama, yaitu Ubuntu Server 22.04 LTS. Pembuatan VM ini memungkinkan simulasi berbagai skenario penelitian dalam lingkungan yang terisolasi. Selanjutnya, untuk keperluan analisis dan pengujian, berbagai perangkat lunak yang akan digunakan untuk melakukan pengujian akan di install.

Tahapan selanjutnya merupakan pembuatan image template dari VM yang telah dikonfigurasikan. Proses ini memungkinkan duplikasi VM dengan cepat dan efisien untuk pengujian berulang atau skenario analisis yang berbeda, menjamin konsistensi lingkungan penelitian. Image template ini kemudian digunakan sebagai standar untuk penelitian lebih lanjut, memastikan bahwa setiap VM yang dibuat untuk tujuan pengujian memiliki konfigurasi yang identik.

Setelah semua dilakukan hal ini menandakan bahwa lingkungan penelitian telah siap untuk diuji dan dianalisis. Kesiapan lingkungan ini esensial untuk memastikan bahwa pengujian yang dilakukan dapat diulang dengan cepat dan efisien.

3.2.1 Instalasi dan Konfigurasi Apache Cloudstack

Dalam instalasi ini Penulis akan menggunakan *Home Network* di IP 192.168.0.0/24. Pertama Penulis akan melakukan instalasi *tools* yang dibutuhkan dengan perintah:

```
$ sudo apt-get install -y openntpd openssh-server vim htop tar
$ sudo apt-get install -y intel-microcode
```

Perintah ini akan menginstall *tools* openntpd, openssh-server, vim, htop, tar, dan intel-microcode. Setelah melakukan instalasi *tools* ini kemudian Penulis akan mengganti password dari user root dengan perintah:

```
$ sudo passwd root
```

Password root user ini nantinya akan digunakan untuk memastikan bahwa Apache CloudStack dapat mengakses komputer host untuk melakukan provisioning *Virtual Machine*dan operasi lainnya.

3.2.1.1 Pengaturan Jaringan

Penulis melakukan pengaturan *Linux Bridge* yang akan menghandle jaringan CloudStack *public, guest, management* dan *storage*. Untuk penyederhanaan Penulis

akan menggunakan satu *bridge* yang bernama **cloudbr0** yang akan digunakan untuk semua jaringan ini. Untuk menginstall *tools* yang diperlukan untuk membuat *bridge* digunakan perintah:

```
$ sudo apt-get install bridge-utils
```

Setelah menginstall *tools* ini, Penulis akan mengkonfigurasi *bridge* **cloudbr0** dengan menggunakan netplan. Pertama Penulis memastikan bahwa seleuruh konfigurasi netplan sekarang di rename dengan menambahkan extensi **.bak** sebagai backup. Setelah itu Penulis membuat file konfigruasi netplan dengan perintah:

```
$ sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
```

Perintah ini akan membuka text editor nano dengan file `01-netcfg.yaml`. Kemudian Penulis mengisi file konfigurasi tersebut dengan konfigurasi yang terlihat di kode 3.1:

```
network:
    version: 2
    renderer: networkd
    ethernets:
        enp2s0:
            dhcp4: false
            dhcp6: false
            optional: true
    bridges:
        cloudbr0:
            addresses: [192.168.0.10/24]
            routes:
            -   to: default
                via: 192.168.0.1
            nameservers:
                addresses: [1.1.1.1,8.8.8.8]
            interfaces: [enp2s0]
            dhcp4: false
            dhcp6: false
            parameters:
                stp: false
                forward-delay: 0
```

Kode 3.1: Konfigurasi Netplan untuk Cloudbr0

Dalam konfigurasi ini IP dari *bridge* **cloudbr0** adalah 192.168.0.10/24 dan akan menggunakan DNS 1.1.1.1 dan 8.8.8.8. Setelah melakukan konfigurasi ini Penulis akan mengaktifkan *bridge* **cloudbr0** dengan perintah:

```
$ sudo netplan generate
$ sudo netplan apply
$ sudo reboot
```

Dengan perintah ini akan dilakukan netplan generate dan apply, setelah itu sistem akan melakukan reboot. Sampai sini pembuatan *bridge* **cloudbr0** sudah selesai.

3.2.1.2 Instalasi Cloudstack

Pertama Penulis akan melakukan instalasi `cloudstack-management` dan juga `mysql-server`. Database yang akan digunakan untuk Apache CloudStack dalam penelitian ini adalah MySQL.

```
$ sudo mkdir -p /etc/apt/keyrings
$ wget -O- http://packages.shapeblue.com/release.asc | gpg --dearmor |
↪  sudo tee /etc/apt/keyrings/cloudstack.gpg > /dev/null

$ echo deb [signed-by=/etc/apt/keyrings/cloudstack.gpg]
↪  http://packages.shapeblue.com/cloudstack/upstream/debian/4.18 / >
↪  /etc/apt/sources.list.d/cloudstack.list \\
$ sudo apt-get update -y
$ sudo apt-get install cloudstack-management mysql-server
```

Perintah tersebut digunakan untuk menginstal *CloudStack Management Server* versi 4.18 dan MySQL Server. Pertama, perintah akan membuat direktori untuk menyimpan kunci GPG yang digunakan untuk mengotentikasi paket dari repositori CloudStack. Kemudian, kunci GPG tersebut diunduh, didekompresi, dan disimpan dalam direktori yang telah dibuat. Selanjutnya, konfigurasi ditambahkan ke file `sources.list.d` untuk menandatangani paket-paket dari repositori CloudStack. Setelah itu, daftar paket diperbarui dan *CloudStack Management Server* serta MySQL Server diinstal menggunakan perintah apt-get. Selain ini juga akan dilakukan instalasi *tools* cloudstack usage dan billing, dengan menggunakan perintah:

```
$ sudo apt-get install cloudstack-usage
```

3.2.1.3 Konfigurasi Database

Setelah MySQL server selesai di install Penulis akan melakukan konfigurasi setting InnoDB di mysql server dengan perintah:

```
$ sudo nano /etc/mysql/mysql.conf.d/mysqld.cnf
```

Kemudian Penulis menghapus seluruh isi dari file tersebut dan menggantinya dengan konfigurasi yang terlihat di kode 3.2:

```
[mysqld]

server_id = 1
sql-mode=
↪  "STRICT_TRANS_TABLES,NO_ENGINE_SUBSTITUTION,ERROR_FOR_DIVISION_BY_ZERO
NO_ZERO_DATE,NO_ZERO_IN_DATE,NO_ENGINE_SUBSTITUTION"
innodb_rollback_on_timeout=1
innodb_lock_wait_timeout=600
max_connections=1000
log-bin=mysql-bin
binlog-format = 'ROW'
```

Kode 3.2: Konfigurasi mysqld.cnf

Setelah selesai melakukan konfigurasi Penulis merestart MySQL server. Hal ini dilakukan agar mysql menggunakan setting yang terbaru. Untuk melakukan restart MySQL server Penulis menggunakan perintah:

```
$ systemctl restart mysql
```

Setelah MySQL server selesai di restart langkah selanjunya adalah melakukan deploy database untuk CloudStack. Deploy server ini harus dilakukan sebagai user root. Deploy dilakukan dengan perintah:

```
$ sudo cloudstack-setup-databases cloud:cloud@localhost
↪  --deploy-as=root:password -i 192.168.0.10
```

IP yang digunakan Penulis adalah IP dari sistem host.

3.2.1.4 Konfigurasi Storage

Pada tahap ini Penulis akan melakukan konfigurasi untuk penyimpanan dari cloudstack. Pertama akan dilakukan instalasi storage driver yang akan digunakan dengan perintah:

```
$ sudo apt-get install nfs-kernel-server quota
$ echo "/export  *(rw,async,no_root_squash,no_subtree_check)" >
↪  /etc/exports
$ sudo mkdir -p /export/primary /export/secondary
$ sudo exportfs -a
```

Perintah `sudo apt-get install nfs-kernel-server quota` digunakan untuk menginstal perangkat lunak server NFS dan modul Quota pada sistem Linux. Selanjutnya, perintah `echo "/export *(rw,async,no_root_squash,no_subtree_check)" > /etc/exports` digunakan untuk menetapkan konfigurasi eksport NFS dengan opsi akses tertentu. Kemudian, perintah `sudo mkdir -p /export/primary /export/secondary` membuat direktori yang akan diakses oleh klien NFS. Terakhir, perintah `sudo exportfs -a` mengekspor semua direktori yang telah dikonfigurasi sebelumnya untuk diakses oleh klien NFS. Dengan demikian, rangkaian perintah ini mempersiapkan server NFS untuk berbagi data melalui jaringan. Setelah itu Penulis melakukan konfigurasi NFS server dengan perintah:

```
$ sed -i -e ⌋
↪  's/^RPCMOUNTDOPTS="--manage-gids"$/RPCMOUNTDOPTS="-p 892 --manage-gids"/g'⌋
↪
↪  /etc/default/nfs-kernel-server
$ sed -i -e
↪  's/^STATDOPTS=$/STATDOPTS="--port 662 --outgoing-port 2020"/g'
↪  /etc/default/nfs-common
$ echo "NEED_STATD=yes" >> /etc/default/nfs-common
$ sed -i -e 's/^RPCRQUOTADOPTS=$/RPCRQUOTADOPTS="-p 875"/g'
↪  /etc/default/quota
$ service nfs-kernel-server restart
```

Perintah-perintah tersebut digunakan untuk mengubah konfigurasi pada server NFS dan Quota pada sistem Linux. Pertama, menggunakan `sed`, konfigurasi NFS Mount Daemon dan NFS Stat Daemon diubah untuk menggunakan port yang ditentukan dan mengaktifkan manajemen GID. Selanjutnya, sistem Stat Daemon diaktifkan dengan menambahkan opsi yang sesuai ke file konfigurasi NFS Common. Kemudian, konfigurasi RPC Quota Daemon diubah untuk menggunakan port yang ditentukan. Terakhir, layanan NFS Kernel Server di-restart untuk menerapkan perubahan konfigurasi yang telah dilakukan.

3.2.1.5 Konfigurasi KVM

Tahap selanjutnya adalah konfigurasi KVM dan cloudstack agent. Pertama Penulis melakukan install KVM dan CloudStack agent dengan perintah:

```
$ sudo apt-get install qemu-kvm cloudstack-agent
```

Setelah KVM dan CloudStack agent terinstall Penulis akan melakukan konfigurasi KVM. Pertama Penulis akan mengubah konfigurasi `libvirt` dengan perintah:

```
$ sudo sed -i -e 's/\#vnc_listen.*$/vnc_listen = "0.0.0.0"/g'
↪  /etc/libvirt/qemu.conf
$ sudo echo LIBVIRTD_ARGS=\"--listen\" >> /etc/default/libvirtd
$ sudo systemctl mask libvirtd.socket libvirtd-ro.socket
↪  libvirtd-admin.socket libvirtd-tls.socket libvirtd-tcp.socket
$ sudo systemctl restart libvirtd
```

Perintah tersebut digunakan untuk mengkonfigurasi `libvirt`, sebuah toolkit untuk mengelola virtualisasi di Linux. Pertama, perintah `sed` digunakan untuk mengubah pengaturan dalam file konfigurasi `qemu.conf` agar libvirt dapat menerima koneksi VNC dari semua interface jaringan. Kemudian, argumen `--listen` ditambahkan ke konfigurasi libvirtd melalui file `/etc/default/libvirtd`, yang membuat libvirt mendengarkan koneksi dari interface jaringan. Selanjutnya, perintah `systemctl mask` digunakan untuk menonaktifkan unit-unit systemd yang terkait dengan libvirtd, seperti socket-soket yang tidak diperlukan, untuk menghindari penggunaan yang tidak diinginkan. Terakhir, layanan libvirtd di-restart agar perubahan konfigurasi dapat diterapkan.

Selanjutnya Penulis melakukan konfigurasi default untuk libvirtd dengan perintah:

```
$ echo 'listen_tls=0' >> /etc/libvirt/libvirtd.conf
$ echo 'listen_tcp=1' >> /etc/libvirt/libvirtd.conf
$ echo 'tcp_port = "16509"' >> /etc/libvirt/libvirtd.conf
$ echo 'mdns_adv = 0' >> /etc/libvirt/libvirtd.conf
$ echo 'auth_tcp = "none"' >> /etc/libvirt/libvirtd.conf
$ systemctl restart libvirtd
```

Perintah-perintah tersebut digunakan untuk mengkonfigurasi default pada file konfigurasi libvirt (libvirtd.conf). Pertama, dengan menambahkan `listen_tls=0`, libvirt diminta untuk tidak mendengarkan koneksi TLS, sehingga mematikan mode tersebut. Kemudian, `listen_tcp=1` mengaktifkan libvirt untuk mendengarkan koneksi TCP/IP. Penambahan `tcp_port = "16509"` menetapkan port TCP yang akan digunakan oleh libvirt. Selanjutnya, dengan `mdns_adv = 0`, mDNS advertise untuk penemuan otomatis layanan libvirt dimatikan. Terakhir, `auth_tcp = "none"` mengatur libvirt untuk menerima koneksi TCP/IP tanpa melakukan otentikasi. Setelah perubahan-perubahan ini diterapkan, layanan libvirt di-restart agar konfigurasi baru dapat mulai digunakan. Konfigurasi default ini hanya diperlukan Penulis saat setup awal, karena saat menambahkan host KVM dalam CloudStack, konfigurasi yang lebih aman menggunakan TLS akan diterapkan secara otomatis.

Kemudian Penulis menambahkan konfigurasi berikut ini di `/etc/sysctl.conf` lalu menjalankan `sysctl -p`. Konfigurasi ini perlu ditambahkan pada host tertentu ditempat menjalankan docker dan service lainnya.

```
$ nano /etc/sysctl.conf
$ echo 'net.bridge.bridge-nf-call-arptables = 0' >> /etc/sysctl.conf
$ echo 'net.bridge.bridge-nf-call-iptables = 0' >> /etc/sysctl.conf
$ sysctl -p
```

Pad perintah ini pertama, akan dibuka file `/etc/sysctl.conf` menggunakan teks editor nano. Kemudian, dengan menambahkan baris `net.bridge.bridge-nf-call-arptables = 0` dan `net.bridge.bridge-nf-call-iptables = 0` ke dalam file tersebut, Ini akan mematikan fungsi kernel yang biasanya dipanggil saat menggunakan Docker dan jembatan jaringan (bridge). Ini penting karena beberapa layanan, seperti Docker, kadang memerlukan konfigurasi khusus agar berjalan dengan lancar di lingkungan host. Terakhir, dengan menjalankan perintah `sysctl -p`, perubahan konfigurasi yang telah dibuat akan diterapkan tanpa harus me-reboot sistem, sehingga memungkinkan kernel untuk memuat ulang konfigurasi yang baru diterapkan.

Setelah itu Penulis akan mengenerate host id dengan uuid, hal ini dapat dilakukan dengan perintah:

```
$ sudo apt-get install uuid
$ UUID=$(uuid)
$ echo host_uuid = \"$UUID\" >> /etc/libvirt/libvirtd.conf
$ systemctl restart libvirtd
```

Perintah ini digunakan untuk meng-generate UUID *(Universally Unique Identifier)* untuk host dan mengintegrasikannya ke dalam konfigurasi `libvirtd`. Perintah `UUID=$(uuid)` digunakan untuk meng-generate UUID secara acak dan menyimpannya dalam variabel `UUID`. UUID adalah string panjang yang unik secara global dan digunakan untuk mengidentifikasi entitas secara unik di sistem. Kemudian, perintah `echo host_uuid = $UUID >> /etc/libvirt/libvirtd.conf` menambahkan baris `host_uuid = "<nilai UUID>"` ke dalam file konfigurasi `libvirtd.conf`. Fungsi baris ini adalah untuk menyimpan UUID host di konfigurasi `libvirtd`, yang akan digunakan oleh `libvirt` untuk mengidentifikasi host secara unik dalam lingkungan virtualisasi. Terakhir, perintah `systemctl restart libvirtd` digunakan untuk merestart layanan libvirtd agar perubahan konfigurasi yang telah dilakukan dapat diterapkan.

3.2.1.6 Konfigurasi Firewall

Untuk melakukan konfigruasi firewall Penulis menggunakan perintah:

```
# configure firewall rules to allow useful ports
$ NETWORK=192.168.0.0/24
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p udp --dport 111
↪  -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport 111
↪  -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport 2049
↪  -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport
↪  32803 -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p udp --dport
↪  32769 -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport 892
↪  -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport 875
↪  -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport 662
↪  -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport 8250
↪  -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport 8080
↪  -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport 9090
↪  -j ACCEPT
$ iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p tcp --dport
↪  16514 -j ACCEPT

$ sudo apt-get install iptables-persistent
```

Perintah tersebut bertujuan untuk mengonfigurasi aturan firewall pada sistem menggunakan iptables, dengan fokus pada pembukaan port-port yang umum digunakan untuk layanan-layanan yang digunakan. Pertama, baris `NETWORK=192.168.0.0/24` mendefinisikan jaringan yang diizinkan melalui aturan firewall. Selanjutnya, setiap perintah `iptables -A INPUT ... -j ACCEPT` menambahkan aturan iptables untuk mengizinkan koneksi baru pada port tertentu dari jaringan yang telah ditentukan sebelumnya. Misalnya, perintah `iptables -A INPUT -s $NETWORK -m state --state NEW -p udp --dport 111 -j ACCEPT` mengizinkan koneksi UDP baru pada port 111 dari jaringan yang telah ditentukan.

Aturan-aturan tersebut dirancang untuk membuka akses ke port-port yang umum digunakan oleh layanan-layanan seperti NFS, RPC, dan

layanan manajemen tertentu. Setelah semua aturan ditambahkan, perintah `apt-get install iptables-persistent` digunakan untuk menginstal paket `iptables-persistent`, yang bertujuan agar konfigurasi aturan firewall yang telah dibuat akan dipertahankan dan diterapkan secara otomatis setiap kali sistem di-boot. Dengan demikian, langkah-langkah ini membantu menjaga keamanan sistem dengan memperbolehkan akses hanya ke port-port yang diperlukan dan memastikan bahwa aturan firewall tidak hilang setelah reboot.

Setelah itu kita harus menonaktifkan `apparmor` pada `libvirtd`, dikarenakan CloudStack melakukan berbagai macam hal yang memungkinkan bisa terblokir oleh mekanisme pertahanan seperti `apparmor` [21]. Untuk mematikan apparmor Penulis melakukan perintah:

```
$ ln -s /etc/apparmor.d/usr.sbin.libvirtd /etc/apparmor.d/disable/
$ ln -s /etc/apparmor.d/usr.lib.libvirt.virt-aa-helper
↪  /etc/apparmor.d/disable/
$ apparmor_parser -R /etc/apparmor.d/usr.sbin.libvirtd
$ apparmor_parser -R /etc/apparmor.d/usr.lib.libvirt.virt-aa-helper
```

Perintah-perintah tersebut bertujuan untuk menonaktifkan `apparmor` pada layanan `libvirtd` (Libvirt daemon). Langkah pertama adalah membuat symlink (tautan simbolis) dari file konfigurasi `apparmor` yang berkaitan dengan `libvirtd` dan helpernya ke dalam direktori `/etc/apparmor.d/disable/`. Dengan melakukan ini, `apparmor` diarahkan untuk mengabaikan atau menonaktifkan aturan-aturan yang telah didefinisikan untuk `libvirtd`. Selanjutnya, perintah `apparmor_parser -R` digunakan untuk me-refresh aturan-aturan `apparmor` yang terkait dengan `libvirtd` dan helpernya, sehingga aturan-aturan yang telah dinonaktifkan dengan symlink dapat diaplikasikan secara efektif.

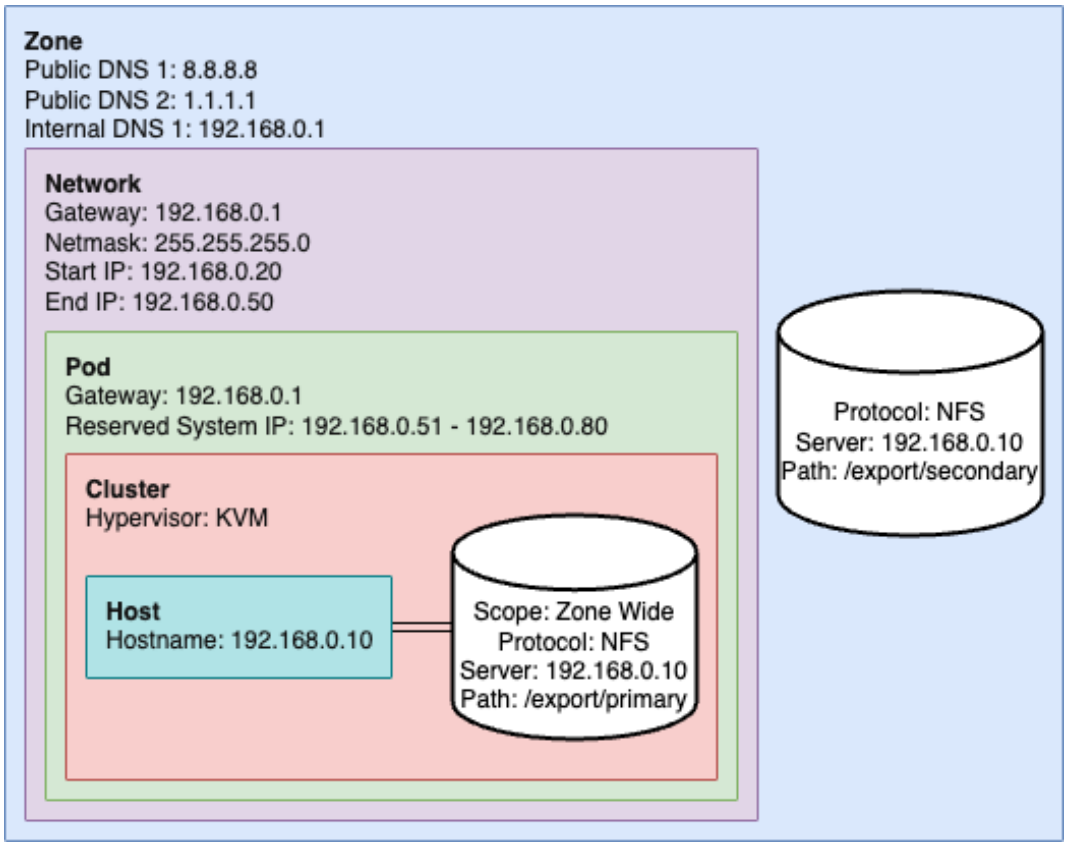
Perlu Penulis ingat bahwa menonaktifkan `apparmor` dapat meningkatkan risiko keamanan sistem karena menghilangkan lapisan proteksi yang diberikan oleh `apparmor` terhadap layanan tersebut.

3.2.1.7 Menjalankan CloudStack

Sampai tahap ini instalasi CloudStack sudah selesai dan untuk menjalankan CloudStack Penulis menggunakan perintah ini:

```
$ sudo cloudstack-setup-management
```

Setelah server manajemen sudah UP, CloudStack dapat Penulis akses di `http://192.168.0.10:8080` (IP dari **cloudbr0**) dan masuk dengan kredensial default yaitu admin/admin. Saat masuk pertama kali akan dilanjutkan dengan pengaturan Apache CloudStack. Dikonfigurasi Penulis akan mengatur Zone, Network, Pod, Cluster, Host, Primary Storage, dan Secondary Storage.



Gambar 3.3: Konfigurasi Apache CloudStack

Pada gambar 3.3, terlihat konfigurasi Apache CloudStack yang Penulis terapkan. Pada Zone, Penulis menggunakan public DNS yaitu `8.8.8.8` dan `1.1.1.1`, yang merupakan DNS publik dari Google dan Cloudflare. Sementara untuk DNS internal, Penulis menggunakan IP `192.168.0.1` yang merupakan IP gateway di jaringan Home Network. Untuk Network, Penulis menetapkan IP `192.168.0.1` sebagai gateway untuk mengarahkan seluruh traffic dari CloudStack ke jaringan *Home Network* Penulis. Netmask yang Penulis gunakan adalah `255.255.255.0`, dimana memiliki total IP yang dapat dipakai hingga 254 IP dalam jaringan *Home Network* untuk CloudStack.

Rentang IP di Network Penulis tetapkan dari `192.168.0.20` hingga `192.168.0.50`, yang artinya terdapat 30 IP yang tersedia untuk VM yang akan dibuat. Pada Pod, Penulis menggunakan IP `192.168.0.1` sebagai gateway dan

Reserved System IP dari `192.168.0.51` hingga `192.168.0.80`. *Reserved System IP* ini merupakan sistem yang dibuat oleh CloudStack secara otomatis yang menjalankan fungsi seperti manajemen jaringan, *load balancing*, dan lain-lain. Pada Cluster, Penulis menggunakan KVM sebagai Hypervisor dengan Host IP di `192.168.0.10`, yang merupakan IP dari host yang akan digunakan oleh CloudStack.

Untuk Primary Storage, Penulis menggunakan protokol NFS dengan cakupan Zone Wide pada server `192.168.0.10` dan path `/export/primary`, yang mana Primary Storage adalah penyimpanan yang nanti akan digunakan untuk operasi *Virtual Machine* secara langsung. Sedangkan untuk Secondary Storage, Penulis menggunakan protokol NFS pada server `192.168.90.10` dengan path `/export/secondary`, yang mana Secondary Storage adalah penyimpanan yang digunakan untuk menyimpan data yang jarang diakses secara langsung oleh *Virtual Machine* ataupun sistem dari CloudStack.

Setelah konfigurasi selesai, Penulis melihat data di `Navigation>Infrasturcture>Summary` dan memastikan seluruh komponen sudah dinyalakan. Untuk langkah selanjutnya Penulis akan menambahkan file iso yang diinginkan untuk membuat instance.

3.2.2 Persiapan *Virtual Machine*

Pada tahap ini akan dijelaskan bagaimana cara Penulis membuat *Virtual Machine* yang akan digunakan untuk melakukan pengujian. *Virtual Machine* yang akan dibuat menggunakan image Ubuntu Server 22.04 LTS yang telah diinstal sebelumnya.

3.2.2.1 Image Ubuntu Server 22.04 LTS

Langkah pertama yang Penulis lakukan adalah mengunduh file image ISO Ubuntu Server 22.04 LTS dari situs resmi Ubuntu dan menyimpannya di sistem host. Agar dapat digunakan oleh CloudStack, file ISO ini perlu di-hosting agar dapat diakses melalui alamat IP host. Hosting ini akan dilakukan menggunakan Apache2, sebuah aplikasi web server. Setelah konfigurasi Apache2 selesai dan file image ISO dapat diakses melalui alamat IP, selanjutnya Penulis membuka CloudStack dan menuju ke `Configuration>Global Settings>All Settings`. Di sini, Penulis akan mengisi konfigurasi `"Secstorage allow internal sites"` dengan nilai `192.168.0.0/24` (Home network) dan menyimpan pengaturan tersebut. Setelah itu, Penulis pergi ke `Images>ISOs` dan memilih opsi ”register ISO”. Kemudian

Penulis menambahkan file ISO Ubuntu Server 22.04 LTS yang telah diunduh sebelumnya dengan memasukkan alamat URL image ISO dari sistem host.

3.2.2.2 Membuat Image Template

Setelah ISO image sudah siap digunakan langkah selanjutnya yang Penulis lakukan adalah membuat image template dengan pergi ke `Compute>Instances` dan memilih ”Add Instances”. Konfigurasi *Virtual Machine* yang digunakan Penulis adalah seperti ini:

1. Deployment Infrastructure
   - Pod: Default
   - Cluster: Default
   - Host: Default
2. Template/ISO

   ISO Ubuntu Server 22.04 LTS
3. Compute Offering

   Penulis memilih tipe High Instance dengan spesifikasi:
   - CPU: 4 vCPU
   - Clock Speed: 2.0 GHz
   - Memory: 4096 MB
4. Data Disk

   Pada penelitian ini *Virtual Machine* akan diberikan data disk berukuran 20GB.
5. Networks

   Di bagian jaringan, Penulis membuat jaringan baru untuk digunakan oleh *Virtual Machine* dengan menggunakan template "`Network Offering used for CloudStack Kubernetes Service`" dan mengatur Gateway menjadi `192.168.0.1` (Gateway Home Network) serta Netmask menjadi `255.255.255.0`. Untuk DNS 1, Penulis menggunakan `1.1.1.1` (Cloudflare DNS), dan untuk DNS 2, Penulis menggunakan `8.8.8.8` (Google DNS).

Setelah instance siap digunakan, Penulis membuka konsol dari instance dan melakukan instalasi standar Ubuntu Server 22.04 LTS. Setelah instalasi Ubuntu Server selesai, Penulis melanjutkan dengan instalasi program-program yang akan digunakan untuk penelitian. Program-program yang digunakan termasuk `ffmpeg` untuk melakukan kompresi video, `python` untuk melakukan benchmark enkripsi, dekripsi, dan validasi integritas data.

Setelah selesai menginstal semua program yang diperlukan, langkah berikutnya yang dilakukan Penulis adalah membuat image template dari *Virtual Machine* yang baru dibuat dengan cara pergi ke `Storage>Volumes` dan memilih opsi `Create template from volume`. Template ini akan sangat berguna untuk memudahkan pembuatan *Virtual Machine* baru dengan konfigurasi dan aplikasi yang sudah disiapkan jika terjadi masalah atau jika dibutuhkan pembuatan *Virtual Machine* baru.

3.3 Tuning Hypervisor KVM

Untuk melakukan tuning pada Hypervisor KVM, Penulis menggunakan tools virsh, sebuah command line tool yang disediakan oleh virtualization API libvirt untuk mengelola hypervisor seperti KVM, Xen, VMware ESXi, dan lain-lain. Tuning Hypervisor KVM dilakukan dengan menambahkan flag atau instruksi yang tidak terdapat pada konfigurasi KVM default.

fpu vme **de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush mmx fxsr sse sse2** ht **syscall nx** mmxext fxsr_opt pdpe1gb rdtscp **lm** constant_tsc **rep_good nopl** nonstop_tsc **cpuid extd_apicid** aperfmperf rapl **pni** pclmulqdq monitor ssse3 fma **cx16** sse4_1 sse4_2 movbe popcnt aes xsave avx f16c rdrand **lahf_lm** cmp_legacy **svm** extapic cr8_legacy abm sse4a misalignsse **3dnowprefetch** osvw ibs skinit wdt tce topoext perfctr_core perfctr_nb bpext perfctr_llc mwaitx cpb cat_l3 cdp_l3 hw_pstate ssbd mba ibrs ibpb stibp **vmmcall** fsgsbase bmi1 avx2 smep bmi2 cqm rdt_a rdseed adx smap clflushopt clwb sha_ni xsaveopt xsavec xgetbv1 cqm_llc cqm_occup_llc cqm_mbm_total cqm_mbm_local clzero irperf xsaveerptr rdpru wbnoinvd cppc arat npt lbrv svm_lock nrip_save tsc_scale vmcb_clean flushbyasid decodeassists pausefilter pfthreshold avic v_vmsave_vmload vgif v_spec_ctrl umip rdpid overflow_recov succor smca

Gambar 3.4: Seluruh flag instruksi di Host

Terlihat pada Gambar 3.4 adalah daftar lengkap flag instruksi yang tersedia di sistem host, dengan teks yang ditebalkan menunjukkan flag instruksi yang sudah diaktifkan secara default oleh hypervisor KVM. Namun, tampak bahwa KVM tidak mengaktifkan semua flag instruksi meskipun sistem host mendukung flag-flag tersebut. Untuk melihat flag yang sudah diaktifkan pada virtual machine dapat dilakukan dengan menggunakan perintah `lscpu`.

```
fpu de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 cl
flush mmx fxsr sse sse2 ht syscall nx lm rep_good nopl cpuid extd_apic
id tsc_known_freq pni cx16 x2apic hypervisor lahf_lm cmp_legacy svm 3d
nowprefetch vmmcall
```

Gambar 3.5: Flag default KVM

Terlihat pada gambar 3.5 sama dengan Gambar 3.4 di text yang ditebalkan. Dalam penelitian ini, flag yang akan diuji adalah `ssse3`, `sse4.1`, `sse4.2`, `sse4a`, `dan aes`. Semua flag SSE akan digunakan untuk percobaan kompresi video, sementara sse4.2 akan digunakan untuk validasi integritas data dengan CRC32, dan flag AES akan digunakan untuk enkripsi menggunakan AES. Harapannya, tuning ini akan memberikan peningkatan kinerja yang signifikan dibandingkan dengan konfigurasi default dari KVM.

Untuk melakukan tuning flag pada Hypervisor KVM, langkah pertama yang harus dilakukan adalah melihat daftar lengkap virtual machine yang sedang berjalan di sistem. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan perintah:

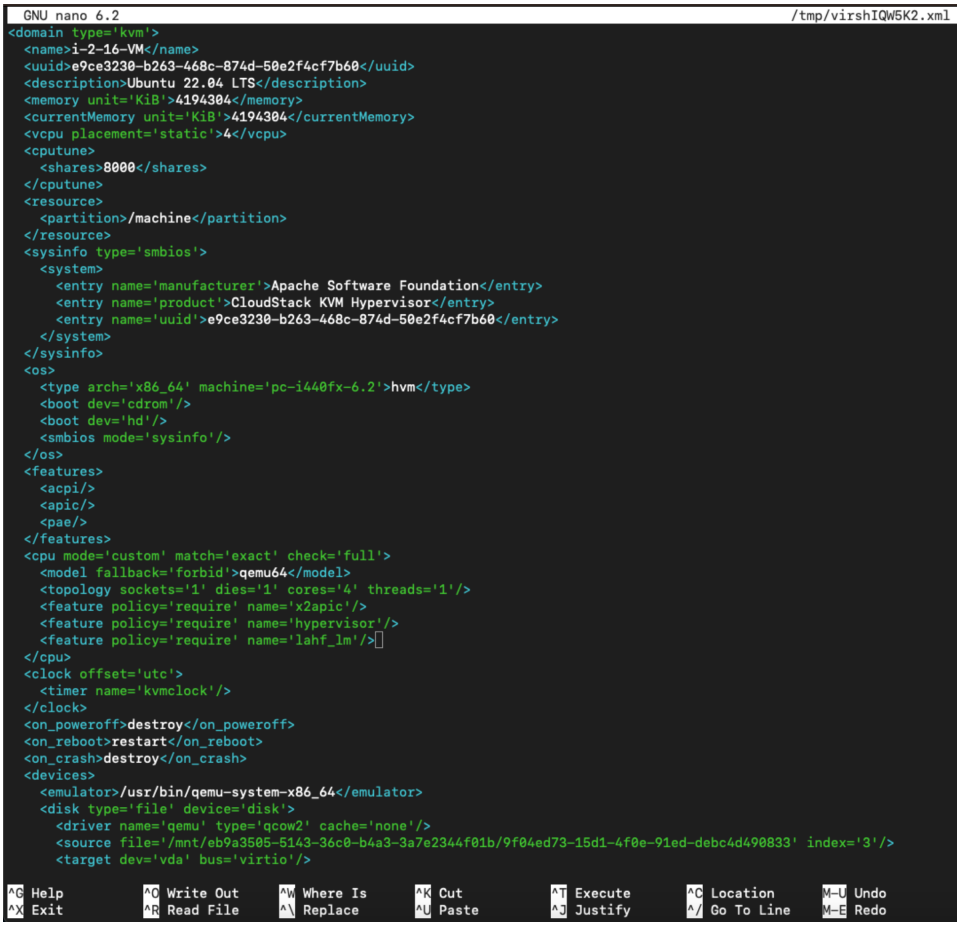
```
virsh list
```

Keluaran dari perintah ini adalah:

```
root@cloudstack-server:~# virsh list
 Id   Name         State
-------------------------
 2    v-1-VM       running
 3    s-2-VM       running
 20   r-12-VM      running
 31   i-2-16-VM    running
```

Gambar 3.6: Keluaran perintah `virsh list`

Pada Gambar 3.6 terlihat daftar virtual machine yang sedang berjalan di sistem. Dari daftar ini, virtual machine yang akan di-tuning adalah `i-2-16-VM`. Setelah mendapatkan nama virtual machine yang akan di-tuning (`i-2-16-VM`), gunakan perintah `virsh edit i-2-16-VM` untuk melihat konfigurasi virtual machine tersebut.



Gambar 3.7: Perintah `virsh edit i-2-16-VM` untuk melihat konfigurasi virtual machine `i-2-16-VM`

Pada gambar 3.7 terlihat konfigurasi virtual machine `i-2-16-VM`. Dari konfigurasi ini kita akan fokus pada bagian:

```
...

<cpu mode='custom' match='exact' check='full'>
    <model fallback='forbid'>qemu64</model>
    <topology sockets='1' dies='1' cores='4' threads='1'/>
    <feature policy='require' name='x2apic'/>
    <feature policy='require' name='hypervisor'/>
    <feature policy='require' name='lahf_lm'/>
</cpu>

...
```

Kode 3.3: Konfigurasi flag default

Kode 3.3 menampilkan konfigurasi flag default dari hypervisor KVM. Langkah berikutnya adalah menambahkan flag instruksi yang tidak termasuk dalam konfigurasi KVM default. Untuk melakukan ini, dilakukan duplikasi konfigurasi tersebut ke dalam sebuah file baru, seperti dalam penelitian ini yang akan disimpan di file `tuned_kvm.xml`. Setelah disimpan di file `tuned_kvm.xml`, selanjutnya dilakukan penambahan fitur yang diinginkan.

```
...

<cpu mode='custom' match='exact' check='full'>
    <model fallback='forbid'>qemu64</model>
    <topology sockets='1' dies='1' cores='4' threads='1'/>
    <feature policy='require' name='x2apic'/>
    <feature policy='require' name='hypervisor'/>
    <feature policy='require' name='lahf_lm'/>
    <feature policy='require' name='ssse3'/>
</cpu>

...
```

Kode 3.4: Konfigurasi flag ssse3

Pada kode 3.4, fitur `ssse3` ditambahkan dengan menambahkan baris `<feature policy='require' name='ssse3'/>` pada kode tersebut. Setelah mengubah file `tuned_kvm.xml`, Penulis menyimpan perubahan pada file tersebut. Selanjutnya, mematikan mesin virtual dengan menggunakan perintah `destroy`:

```
virsh destroy i-2-16-VM
```

Setelah virtual machine dimatikan, langkah selanjutnya adalah membuat virtual machine baru berdasarkan konfigurasi yang telah diubah sebelumnya. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan perintah:

```
virsh create tuned_kvm.xml
```

Dengan perintah ini maka *Virtual Machine* `i-2-16-VM` akan dibuat menggunakan konfigurasi `tuned_kvm.xml`. Kita dapat melihat perubahan pada *Virtual Machine* `i-2-16-VM` dengan menggunakan perintah `lscpu` pada console virtual machine.

```
fpu de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 cl
flush mmx fxsr sse sse2 ht syscall nx lm rep_good nopl cpuid extd_apic
id tsc_known_freq pni ssse3 cx16 x2apic hypervisor lahf_lm cmp_legacy
svm 3dnowprefetch vmmcall
```

Gambar 3.8: Flag tuned dengan ssse3

Dengan ini menandakan bahwa flag `ssse3` pada *Virtual Machine* `i-2-16-VM` sudah diaktifkan dan Hypervisor KVM sudah berhasil dituning.

3.3.1 Konfigurasi Hypervisor KVM untuk Kompresi Video

Pengujian kompresi video akan menggunakan konfigurasi seperti terlihat pada kode 3.5 yaitu dengan menggunakan flag ssse3, sse4.1, sse4.2, dan sse4a. Pemilihan flag-flag ini didasarkan pada instruksi SIMD (Single Instruction, Multiple Data) yang digunakan untuk operasi vektor pada data. Instruksi SIMD memungkinkan prosesor melakukan operasi secara bersamaan pada beberapa elemen data, sehingga mempercepat proses kompresi video dengan memanfaatkan kemampuan tersebut.

```
...

<cpu mode='custom' match='exact' check='full'>
    <model fallback='forbid'>qemu64</model>
    <topology sockets='1' dies='1' cores='4' threads='1'/>
    <feature policy='require' name='x2apic'/>
    <feature policy='require' name='hypervisor'/>
    <feature policy='require' name='lahf_lm'/>
    <feature policy='require' name='ssse3'/>
    <feature policy='require' name='sse4.1'/>
    <feature policy='require' name='sse4.2'/>
    <feature policy='require' name='sse4a'/>
</cpu>

...
```

Kode 3.5: Konfigurasi Hypervisor KVM untuk Kompresi Video

3.3.2 Konfigurasi Hypervisor KVM untuk Validasi Integritas Data

Untuk melakukan pengujian dengan validasi integritas data akan digunakan konfigurasi seperti pada kode 3.6. Flag yang akan digunakan adalah sse4.2. Flag ini dipilih

dikarenakan salah satu kemampuan yang dimiliki oleh flag ini adalah mendukung instruksi CRC32 yang akan digunakan untuk validasi integritas data.

```
...

<cpu mode='custom' match='exact' check='full'>
    <model fallback='forbid'>qemu64</model>
    <topology sockets='1' dies='1' cores='4' threads='1'/>
    <feature policy='require' name='x2apic'/>
    <feature policy='require' name='hypervisor'/>
    <feature policy='require' name='lahf_lm'/>
    <feature policy='require' name='sse4.2'/>
</cpu>

...
```

Kode 3.6: Konfigurasi Hypervisor KVM untuk Validasi Integritas Data

3.3.3 Konfigurasi Hypervisor KVM untuk Enkripsi AES

Untuk melakukan pengujian dengan enkripsi AES akan digunakan konfigurasi seperti pada kode 3.7. Flag yang akan digunakan adalah aes. Flag ini dipilih dikarenakan salah satu kemampuan yang dimiliki oleh flag ini adalah mendukung instruksi AES yang akan digunakan untuk enkripsi AES.

```
...

<cpu mode='custom' match='exact' check='full'>
    <model fallback='forbid'>qemu64</model>
    <topology sockets='1' dies='1' cores='4' threads='1'/>
    <feature policy='require' name='x2apic'/>
    <feature policy='require' name='hypervisor'/>
    <feature policy='require' name='lahf_lm'/>
    <feature policy='require' name='aes'/>
</cpu>

...
```

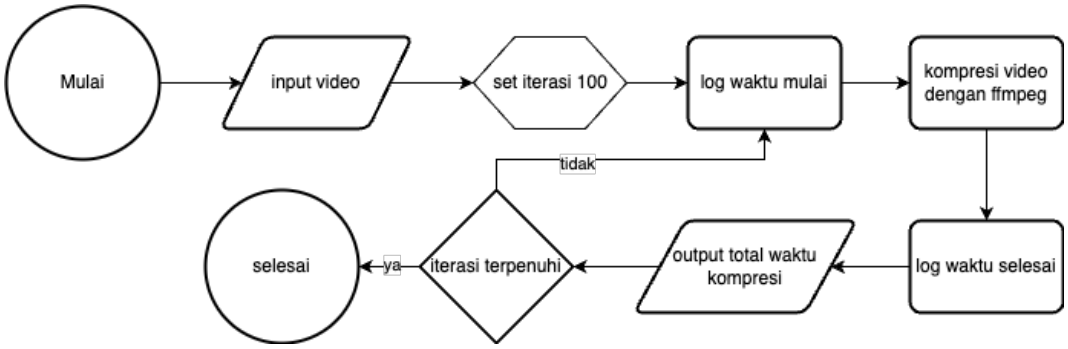
Kode 3.7: Konfigurasi Hypervisor KVM untuk Enkripsi AES

3.4 Skenario Pengujian Tuning

Pada bagian ini akan dijelaskan skenario pengujian yang akan dilakukan untuk mengukur dampak tuning yang dilakukan pada Hypervisor KVM terhadap kinerja virtual machine. Pengujian akan dilakukan dengan menggunakan tiga skenario yang berbeda, yaitu kompresi video, validasi integritas data, dan enkripsi dan dekripsi AES. Setiap skenario akan dijalankan pada virtual machine yang telah dituning dengan konfigurasi yang sesuai.

3.4.1 Skenario Pengujian Kompresi Video

Pada pengujian kompresi video akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ffmpeg untuk melakukan kompresi video. Flow untuk melakukan pengujian dengan kompresi video dapat terlihat di gambar 3.9. Pengujian ini akan mengukur waktu yang diperlukan untuk melakukan kompresi video dengan menggunakan konfigurasi tuning yang telah dilakukan pada Hypervisor KVM. Pengujian ini akan dilakukan dengan menggunakan video yang berjudul `Times Square Day Wide` yang memiliki durasi 10 detik dan resolusi 4k. Video ini akan dikompresi menggunakan codec h265 dengan preset medium. Pengujian akan dijalankan sebanyak 10 kali dan diukur waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses kompresi video. Script bash lengkap yang digunakan untuk melakukan pengujian kompresi video dapat dilihat di **kode .1** pada lampiran.

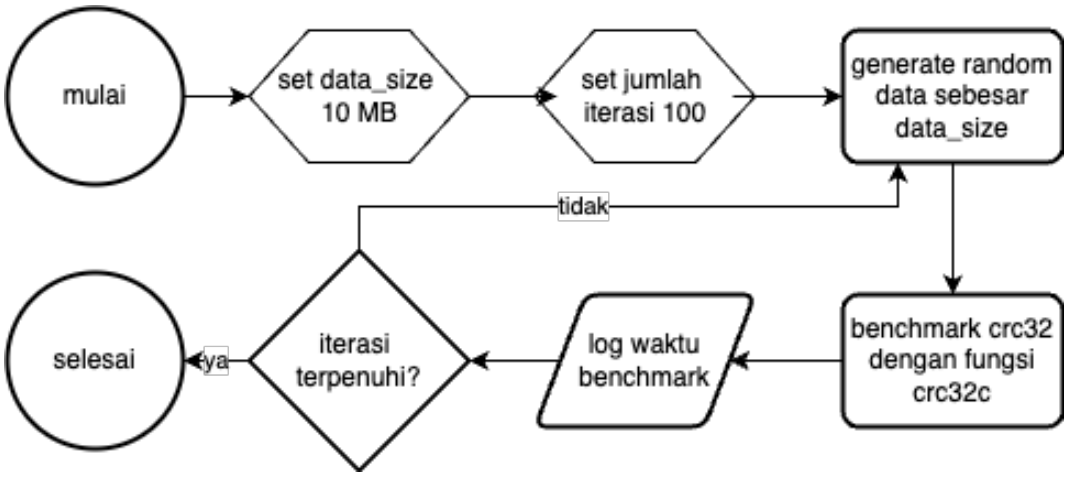


Gambar 3.9: Flowchat Kode Pengujian Kompresi Video

3.4.2 Skenario Pengujian Validasi Integritas Data

Pada pengujian validasi integritas data akan dilakukan dengan menggunakan library crc32c dari python untuk melakukan perhitungan CRC32 pada file. Flow untuk melakukan pengujian validasi integritas data dapat dilihat pada gambar 3.10. Pengujian ini akan mengukur waktu yang diperlukan untuk melakukan perhitungan

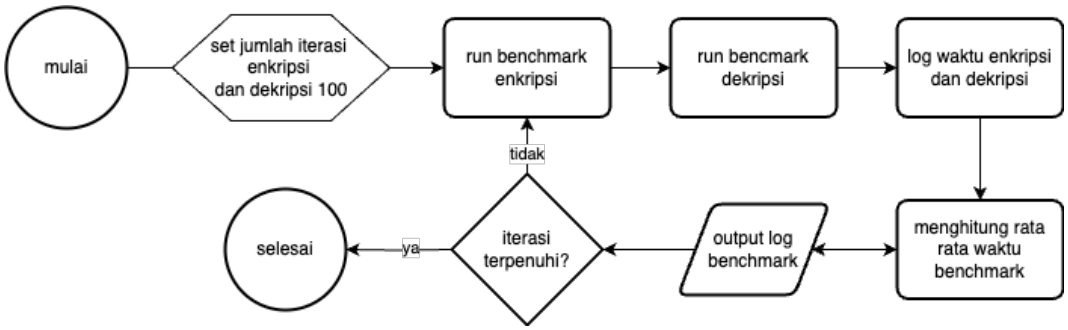
CRC32 pada file dengan ukuran 10 MB. Pengujian ini akan dijalankan sebanyak 10 kali dan setiap pengujian akan dilakukan iterasi sebanyak 1000 kali kemudian diukur waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses perhitungan CRC32. Kode python lengkap yang digunakan untuk melakukan pengujian validasi integritas data dapat dilihat di **kode .2** pada lampirn.



Gambar 3.10: Flowchat Kode Pengujian Validasi Integritas Data

3.4.3 Skenario Pengujian Enkripsi AES

Pada pengujian enkripsi AES akan dilakukan dengan menggunakan library cryptography dari python untuk melakukan enkripsi AES. Flow untuk melakukan pengujian dengan enkripsi dan dekripsi AES dapat dilihat pada gambar 3.11 Pengujian ini akan mengukur waktu yang diperlukan untuk melakukan enkripsi AES pada data teks Gambar 1. Pengujian ini akan dijalankan sebanyak 10 kali dan diukur waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses enkripsi AES. Skrip python yang digunakan untuk melakukan pengujian enkripsi AES dapat dilihat di **kode .3** pada lampiran.



Gambar 3.11: Flowchat Kode Pengujian Enkripsi dan Dekripsi AES

3.5 Skenario Analisis

Analisis akan dilakukan dengan melakukan perhitungan menggunakan formula speedup. Diasumsikan bahwa T(1) adalah waktu eksekusi Test dengan konfigurasi default, dan T(p) adalah waktu eksekusi Test dengan konfigurasi yang telah dituning[22].

Formula speedup dinyatakan sebagai berikut:

$$S(p) = \frac{T(1)}{T(p)} \tag{3.1}$$

Berdasarkan rumus 3.1, jika nilai S(p) semakin besar, maka konfigurasi yang dituning semakin bagus. Hal ini menandakan bahwa tuning Hypervisor dapat mempercepat proses yang dilakukan. Sebaliknya, jika S(p) semakin kecil, maka konfigurasi yang dituning semakin lambat. Jika nilai S(p) sama, maka efek dari konfigurasi yang dituning sama dengan konfigurasi default.

Dalam analisis pengujian dengan kompresi video, Penulis akan membandingkan waktu eksekusi antara konfigurasi Hypervisor yang tidak dituning (default) dan konfigurasi yang telah dituning. Perbandingan ini akan dilakukan dengan menggunakan formula speedup. Konfigurasi yang optimal adalah konfigurasi yang memiliki nilai speedup tertinggi, yang menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan dalam proses kompresi video.

Untuk analisis pengujian validasi integritas data, Penulis akan menggunakan pendekatan yang serupa dengan analisis kompresi video. Akan dibandingkan waktu eksekusi antara konfigurasi Hypervisor yang tidak dituning (default) dan konfigurasi yang telah dituning menggunakan formula speedup. Nilai S(p) yang lebih besar menunjukkan bahwa konfigurasi yang dituning lebih efisien dalam memverifikasi integritas data dibandingkan dengan konfigurasi default.

Dalam analisis pengujian enkripsi AES, Penulis akan menggunakan metode yang sama seperti analisis sebelumnya, yaitu dengan membandingkan waktu eksekusi antara konfigurasi Hypervisor yang tidak dituning (default) dan konfigurasi yang telah dituning menggunakan formula speedup. Nilai S(p) yang lebih besar menunjukkan bahwa konfigurasi yang dituning lebih efisien dalam melakukan enkripsi AES dibandingkan dengan konfigurasi default.

Dengan menganalisis nilai speedup, penulis dapat mengevaluasi dan membandingkan kinerja berbagai konfigurasi Hypervisor dalam melakukan tugas-tugas seperti kompresi video, validasi integritas data, dan enkripsi AES. Konfigurasi dengan nilai speedup tertinggi akan menjadi pilihan yang optimal untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi dalam setiap tugas yang diuji.

BAB 4
HASIL PENGUJIAN TUNING PARAMETER HYPERVISOR KVM DENGAN CLOUDSTACK AGENT

Pada bab ini, hasil dari pengujian tuning Hypervisor KVM akan dijelaskan. Proses pengujian tersebut melibatkan penggunaan program benchmark yang telah dijelaskan secara rinci pada bab 3. Dalam pengujian ini, Penulis mengeksplorasi berbagai parameter dan konfigurasi yang dapat diterapkan pada Hypervisor KVM untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Selain itu, Penulis juga melakukan analisis terhadap data pengujian.

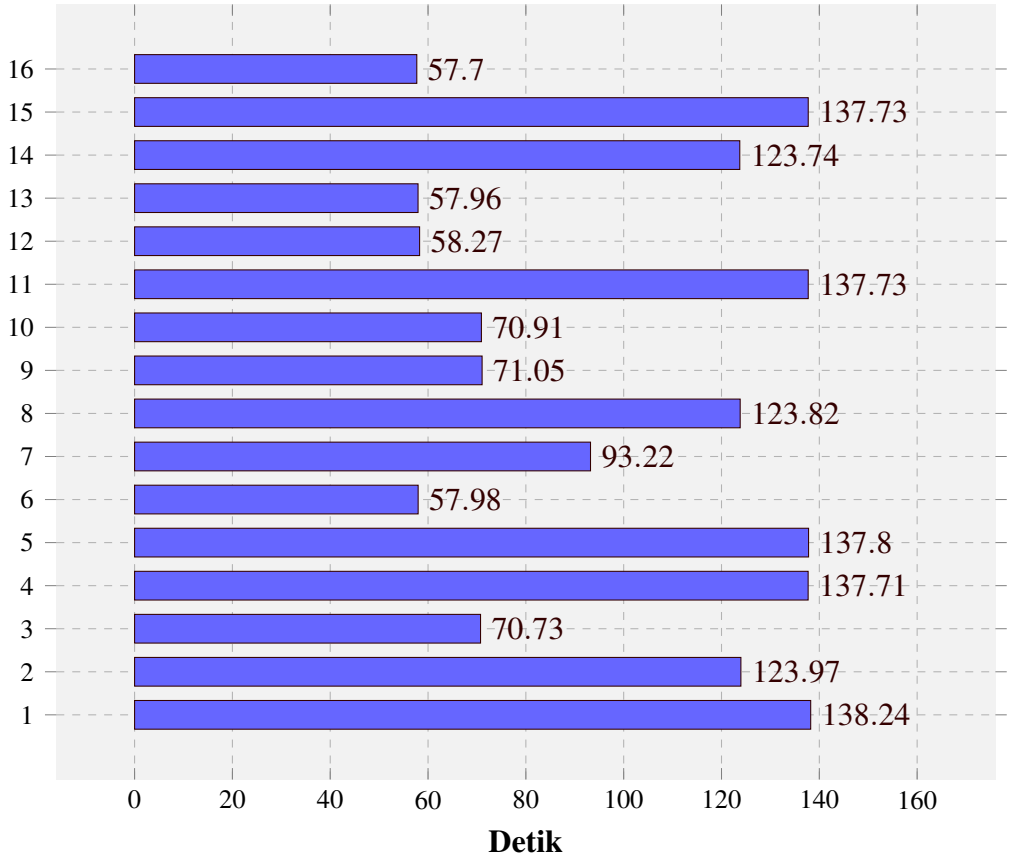
4.1 Hasil Tuning Hypervisor KVM dengan Kompresi Video

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil pengujian tuning Hypervisor KVM dengan menggunakan program benchmark yang telah dibuat sebelumnya dengan melakukan kompresi video.

Dibawah ini merupakan daftar konfigurasi yang digunakan dalam pengujian tuning Hypervisor KVM dengan kompresi video:

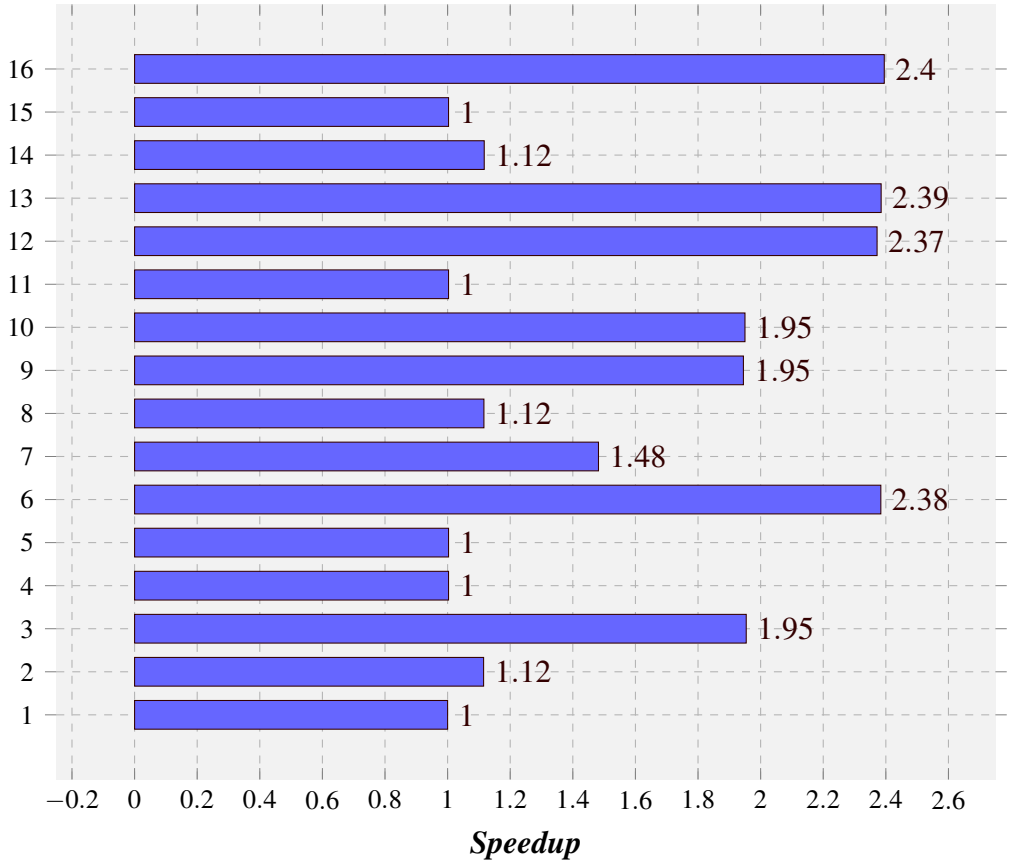
1. Default
2. SSSE3
3. SSE4.1
4. SSE4.2
5. SSE4a
6. SSSE3+SSE4.1
7. SSSE3+SSE4.2
8. SSSE3+SSE4a
9. SSE4.1+SSE4.2
10. SSE4.1+SSE4a
11. SSE4.2+SSE4a
12. SSSE3+SSE4.1+SSE4.2
13. SSSE3+SSE4.1+SSE4a
14. SSSE3+SSE4.2+SSE4a
15. SSE4.1+SSE4.2+SSE4a
16. SSSE3+SSE4.1+SSE4.2+SSE4a

Gambar 4.1: Konfigurasi yang digunakan dalam pengujian tuning Hypervisor KVM dengan kompresi video



Gambar 4.2: Grafik Waktu Rata-rata Pengujian dengan Kompresi Video

Grafik 4.2 menampilkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kompresi video pada berbagai konfigurasi berdasarkan gambar 4.1. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa konfigurasi dengan waktu rata-rata terlama adalah konfigurasi Default dengan waktu rata-rata 138.24 detik, sedangkan konfigurasi dengan waktu rata-rata tercepat adalah konfigurasi SSSE3 + SSE4.1 + SSE4.2 + SSE4a dengan waktu rata-rata 57.7 detik.



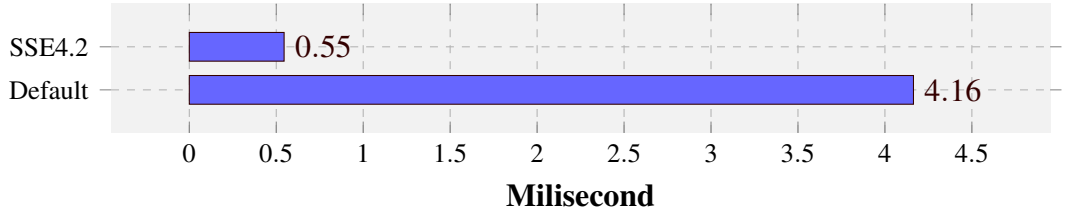
Gambar 4.3: Grafik *speedup* Tes Kompresi Video

Grafik 4.3 menampilkan *speedup* dari berbagai konfigurasi berdasarkan gambar gambar 4.1. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa konfigurasi dengan *speedup* tertinggi adalah SSSE3 + SSE4.1 + SSE4.2 + SSE4a dengan nilai *speedup* 2.4, disertai dengan rata-rata waktu kompresi selama 57.7 detik. Keempat flag ini memberikan peningkatan performa yang signifikan untuk melakukan kompresi video. Namun jika dilihat dari hasil lainnya, flag yang sangat berpengaruh adalah SSSE3 dan SSE4.1, dimana untuk SSSE3 saja memiliki nilai *speedup* sebesar 1.12, dan untuk SSE4.1 saja memiliki nilai *speedup* paling besar yaitu di 1.95. SSSE3 memberikan peningkatan performa karena fiturnya yang dirancang khusus untuk HD audio/video decoding/encoding, sementara SSE4.1 menambahkan instruksi baru seperti `MPSADBW`, penting untuk beberapa codec *High Definition*, dan memungkinkan perhitungan perbedaan blok 8×8 dalam waktu kurang dari tujuh siklus.

4.2 Hasil Tuning Hypervisor KVM dengan Validasi Integritas Data

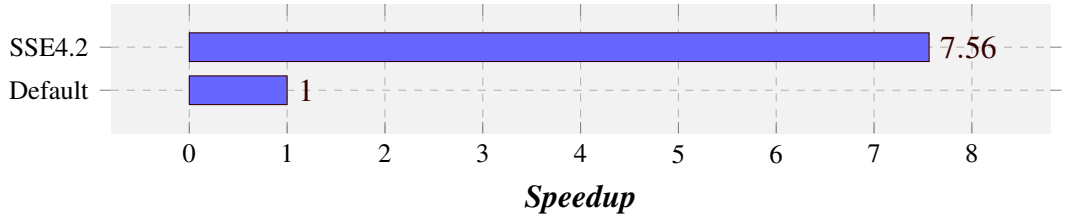
Pada bagian ini akan dijelaskan hasil pengujian tuning hypervisor KVM dengan validasi integritas data dengan menggunakan program benchmark kode .2.

Flag yang digunakan untuk konfigurasi dalam pengujian tuning Hypervisor KVM dengan validasi integritas data adalah SSE4.2.



Gambar 4.4: Grafik Waktu Rata-rata Pengujian dengan Validasi Integritas Data

Grafik 4.4 menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan validasi integritas data pada berbagai konfigurasi yang diuji. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa konfigurasi dengan waktu rata-rata terlama adalah konfigurasi Default dengan waktu rata-rata 4.16 ms, sedangkan konfigurasi dengan waktu rata-rata tercepat adalah konfigurasi SSE4.2 dengan waktu rata-rata 0.55 ms.



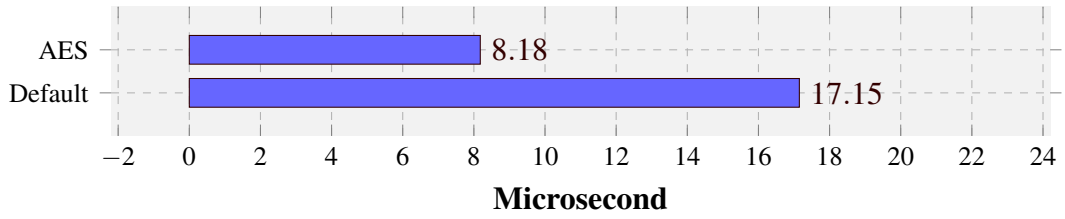
Gambar 4.5: Grafik *speedup* Tes Validasi Integritas Data

Grafik 4.5 menunjukkan *speedup* dari setiap konfigurasi yang diuji. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa konfigurasi yang memiliki *speedup* tertinggi adalah konfigurasi SSE4.2 dengan nilai *speedup* 7.56, dengan rata-rata waktu untuk melakukan validasi integritas data selama 0.55 ms. Flag SSE4.2 terbukti meningkatkan performa dalam perhitungan CRC32 karena SSE4.2 memiliki fungsi yang dibuat secara khusus untuk melakukan perhitungan CRC32.

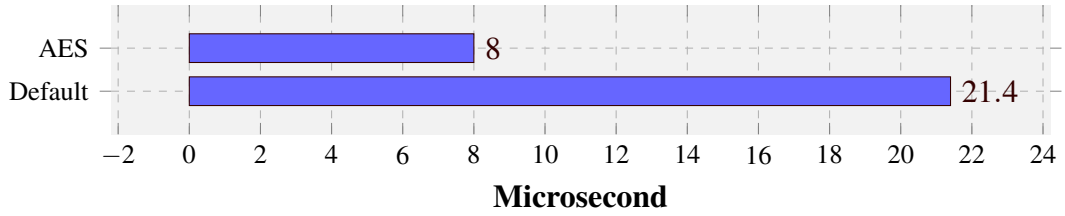
4.3 Hasil Tuning Hypervisor KVM dengan Enkripsi dan Dekripsi AES

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil pengujian tuning hypervisor KVM dengan enkripsi AES dengan menggunakan program benchmark kode .3.

Flag yang digunakan untuk konfigurasi dalam pengujian tuning Hypervisor KVM dengan enkripsi dan dekripsi AES adalah AES.

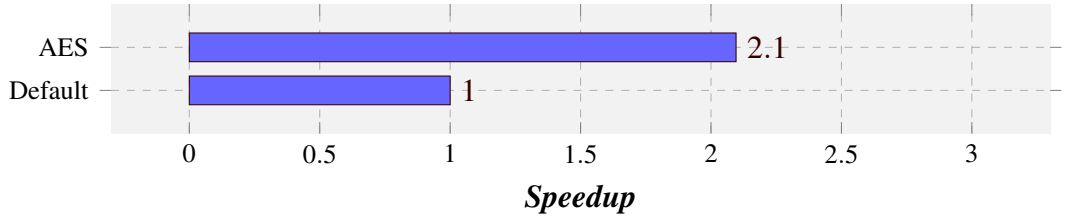


Gambar 4.6: Grafik Rata-Rata Waktu Tes Enkripsi AES

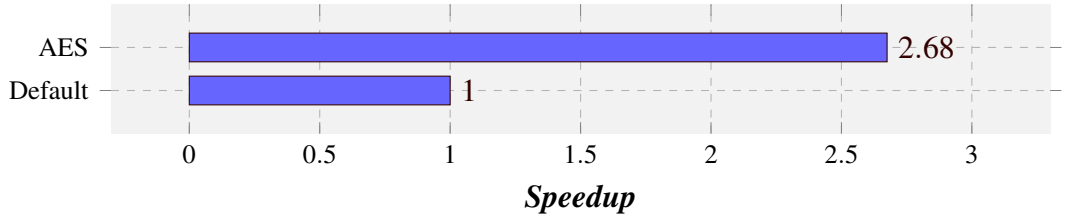


Gambar 4.7: Grafik Rata-Rata Waktu Tes Dekripsi AES

Grafik 4.6 dan 4.7 menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan enkripsi dan dekripsi AES pada berbagai konfigurasi yang diuji. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa konfigurasi dengan waktu rata-rata terlama adalah konfigurasi Default dengan waktu rata-rata 17.15 μs untuk enkripsi dan 21.4 μs untuk dekripsi, sedangkan konfigurasi dengan waktu rata-rata tercepat adalah konfigurasi AES dengan waktu rata-rata 8.18 μs untuk enkripsi dan 8 μs untuk dekripsi.



Gambar 4.8: Grafik *speedup* Tes Enkripsi AES



Gambar 4.9: Grafik *speedup* Tes Dekripsi AES

Grafik 4.8 dan 4.9 memperlihatkan *speedup* dari berbagai konfigurasi yang diuji. Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa konfigurasi dengan *speedup* tertinggi adalah dengan konfigurasi penambahan flag AES yang mencapai *speedup* 2.1 untuk proses enkripsi dan 2.68 untuk proses dekripsi, dengan rata-rata waktu masing-masing 8.18 μs untuk enkripsi dan 8 μs untuk dekripsi. Penggunaan flag AES terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja pada proses enkripsi dan dekripsi karena AES menyediakan fungsi-fungsi seperti *AESENC* dan *AESENCLAST* yang mendukung proses enkripsi, serta fungsi *AESDEC* dan *AESDECLAST* yang mendukung proses dekripsi. Selain itu, terdapat juga fungsi *AESKEYGENASSIST* yang membantu dalam pembuatan kunci, semuanya dirancang secara khusus untuk mendukung proses enkripsi dan dekripsi menggunakan algoritma AES.

BAB 5
KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian hasil tuning hypervisor dari tiga skenario berbeda yang telah dilakukan, dapat disimpulkan berbagai hal:

1. Flag default yang disediakan oleh hypervisor bersifat minimal, sehingga perlu dilakukan tuning untuk meningkatkan performa sesuai dengan kebutuhan dari pengguna.

2. Dari hasil pengujian tuning hypervisor dengan kompresi video dengan menggunakan tools ffmpeg, kombinasi feature flag yang paling baik untuk digunakan adalah SSSE3, SSE4.1, SSE4.2, dan SSE4a dengan kecepatan kompresi video sebesar 2.4 kali lebih cepat dibandingkan dengan flag default.

3. Dari hasil pengujian tuning hypervisor dengan validasi integritas data menggunakan fungsu CRC32, penambahan feature flag sse4.2 dapat mempercepat proses validasi integritas file sebesar 7.56 kali lebih cepat dibandingkan dengan flag default.

4. Dari hasil pengujian tuning hypervisor dengan enkrispi AES, penambahan feature flag aes dapat mempercepat proses enkripsi AES sebesar 2.1 kali lebih cepat dibandingkan dengan flag default.

5. Dari hasil pengujian tuning hypervisor dengan dekripsi AES, penambahan feature flag aes dapat mempercepat proses dekripsi AES sebesar 2.68 kali lebih cepat dibandingkan dengan flag default.

6. Dengan melakukan tuning hypervisor yang tepat, performa dalam menjalankan aplikasi dapat ditingkatkan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

7. Untuk melakukan tuning hypervisor KVM pada Virtual Machine di lingkungan Apache CloudStack dapat dilakukan dengan menggunakan virsh dan mengubah konfigurasi XML dari Virtual Machine yang diinginkan.

5.1 Saran

Setelah dilakukan penelitian dan pengujian terhadap tuning hypervisor untuk *Virtual Machine* di Apache Cloudstack, Penulis menemukan beberapa sayran yang bisa

menjadi pertimbangan untuk meningkatkan penelitian pada topik ini kedepannya:

- Menggunakan jenis CPU yang berbeda untuk melakukan tuning hypervisor, karena setiap jenis CPU memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda.
- Melakukan evaluasi pengaruh tuning hypervisor terhadap kinerja aplikasi yang berbeda, misalnya, aplikasi web, basis data, atau aplikasi real-time.
- Memberikan contoh kasus penggunaan yang lebih kompleks, seperti penggunaan hypervisor untuk kebutuhan *machine learning* atau *big data* dan menganalisis efek dari tuning hypervisor pada kasus tersebut.
- Untuk konteks penelitian tuning hypervisor, dapat digunakan jenis Cloud Management Platform (CMP) yang berbeda, seperti OpenStack, ManageIQ, atau Cloudify.
- Membandingkan efektivitas tuning hypervisor pada lingkungan virtualisasi yang berbeda, seperti (*full virtualization*), paravirtualisasi, atau kontainerisasi.
- Menggunakan flag AVX/AVX2 untuk melakukan pengujian tuning dengan kompresi video. Dikarenakan AVX merupakan flag pembaruan dari SSE.

DAFTAR REFERENSI

[1] P. Mell and T. Grance. The nist definition of cloud computing. *National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory*, 2011.

[2] Apache Software Foundation. Apache cloudstack: About. https://cloudstack.apache.org/about.html. Accessed: 2023-11-19.

[3] M. Scarfone, K. Souppaya and P. Hoffman. Guide to security for full virtualization technologies. *National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory*, 2011.

[4] Amazon Web Services Inc. What is kvm (kernel-based virtual machine)? https://aws.amazon.com/what-is/kvm/. Accessed: 2023-11-19.

[5] Rajkumar Buyya, James Broberg, and Andrzej M. Goscinski. *Cloud computing: Principles and Paradigms*. Wiley, March 2011.

[6] TechTarget. Cloudstack. https://www.techtarget.com/whatis/definition/CloudStack, July 2019. Accessed: 2023-11-20.

[7] Jordan MacPherson. What is a hypervisor? - types, benefits and how does it work? https://www.parkplacetechnologies.com/blog/what-is-hypervisor-types-benefits/, April 2023. Accessed: 2023-11-20.

[8] Amazon Web Services Inc. What's the difference between type 1 and type 2 hypervisors? https://aws.amazon.com/compare/the-difference-between-type-1-and-type-2-hypervisors/. Accessed: 2023-11-20.

[9] Luca Abeni and Dario Faggioli. Using xen and kvm as real-time hypervisors. *Journal of Systems Architecture*, 106:101709, June 2020.

[10] J.V. Pradilla and C.E. Palau. *Micro Virtual Machines (MicroVMs) for Cloud-assisted Cyber-Physical Systems (CPS)*, page 125–142. Elsevier, 2016.

[11] IBM. What are virtual machines? — IBM — ibm.com. https://www.ibm.com/topics/virtual-machines. [Accessed 30-11-2023].

[12] Faiz Muqorrir Kaffah, Yana Aditia Gerhana, Ihsan Miftahul Huda, Ali Rahman, Khaerul Manaf, and Beki Subaeki. E-mail message encryption using advanced encryption standard (aes) and huffman compression engineering. In *2020 6th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, pages 1–6, 2020.

[13] National Institute of Standards and Technology (U.S.). Advanced encryption standard (aes). May 2023.

[14] Xinmiao Zhang and Yok Jye Tang. Low-complexity parallel cyclic redundancy check. In *2021 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, pages 1–5, 2021.

[15] Nandivada Sridevi, K. Jamal, and Kiran Mannem. Implementation of cyclic redundancy check in data recovery. In *2021 Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*, pages 17–24, 2021.

[16] libvirt: virsh — libvirt.org. https://libvirt.org/manpages/virsh.html. [Accessed 06-12-2023].

[17] SSE (Streaming SIMD Extensions) — Microprocessor Types and Specifications — InformIT — informit.com. https://www.informit.com/articles/article.aspx?p=130978&seqNum=8. [Accessed 17-12-2023].

[18] Michael Matz, Jan Hubicka, Andreas Jaeger, and Mark Mithcell. System v application binary interface amd64 architecture processor supplement. https://refspecs.linuxbase.org/elf/x86_64-abi-0.99.pdf, 2010. [Accessed 17-12-2023].

[19] M. Hassaballah, S. Omran, and Y. B. Mahdy. A review of simd multimedia extensions and their usage in scientific and engineering applications. *The Computer Journal*, 51(6):630–649, January 2008.

[20] Intel. Sse4 programming reference, 2007. Intel 64 and IA-32 Architectures.

[21] Apache Software Foundation. Host kvm installation c 2014; apache cloudstack 4.15.0.0 documentation — docs.cloudstack.apache.org. https://docs.cloudstack.apache.org/en/4.15.0.0/installguide/hypervisor/kvm.html. [Accessed 24-03-2024].

[22] Cetin, Nurhan and Nagel, Kai. Large scale transportation simulations on beowulf clusters. Technical report, 2001.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

```
#!/bin/bash

# Specify the path to your input video file
input_file="timessquaredaywide.mp4"

# Specify the output directory
output_directory="output"

# Specify the number of times to run the benchmark
num_runs=10

# Loop to run the benchmark command multiple times
for i in $(seq 1 $num_runs)
do
    start_time=$(date +%s.%N)
    log_file="$output_directory/log_$i.txt"

    echo "Running benchmark $i..."

    # Add your ffmpeg compression command here
    ffmpeg -i "$input_file" -c:v libx265 -preset medium -crf 32 -c:a aac
    ↪  -strict -2 "$output_directory/output_$i.mp4" > "$log_file" 2>&1

    end_time=$(date +%s.%N)
    elapsed_time=$(awk "BEGIN {print $end_time - $start_time}")

    echo "Benchmark $i completed in $elapsed_time seconds. Log saved to $
    ↪  log_file."
done
```

Kode .1: Kode Pengujian Kompresi Video

```
import os
import time
import crc32c

def benchmark_crc32c(data, iterations):
    # Perform CRC32 calculation
    start_time = time.time()
    for _ in range(iterations):
        crc32c.crc32c(data)
    end_time = time.time()

    # Calculate average time per iteration
    avg_time = (end_time - start_time) / iterations
    return avg_time

def main():
    # Define parameters
    data_size = 10 * 1024 * 1024  # Size of the data (10 MB)
    num_iterations = 1000  # Number of iterations to average the time

    for i in range(10):
        # Generate random data
        data = bytearray(os.urandom(data_size))

        # Run the benchmark
        avg_time_crc32c = benchmark_crc32c(data, num_iterations)
        print(
            f"Run {i +
            ↪  1} Average time for CRC32 calculation: {avg_time_crc32c
            ↪  * 1000} ms"
        )

main()
```

Kode .2: Kode Pengujian Validasi Integritas Data

```
from cryptography.hazmat.primitives.ciphers import Cipher,
↪  algorithms, modes
from cryptography.hazmat.primitives import padding
from cryptography.hazmat.backends import default_backend
import time

# Generate a random AES key and plaintext
key = b"sixteenbytekey12"
plaintext = # Gambar Potongan Plaintext Data untuk AES Encryption
↪  Benchmark

# Function to perform AES encryption benchmark
def aes_encrypt_benchmark(key, plaintext):
    backend = default_backend()
    cipher = Cipher(algorithms.AES(key), modes.ECB(), backend=backend)
    encryptor = cipher.encryptor()

    padder = padding.PKCS7(algorithms.AES.block_size).padder()
    padded_plaintext = padder.update(plaintext) + padder.finalize()

    start_time = time.time()
    ciphertext = encryptor.update(padded_plaintext) + encryptor.finalize()
    end_time = time.time()

    return ciphertext, end_time - start_time

# Function to perform AES decryption benchmark
def aes_decrypt_benchmark(key, ciphertext):
    backend = default_backend()
    cipher = Cipher(algorithms.AES(key), modes.ECB(), backend=backend)
    decryptor = cipher.decryptor()

    start_time = time.time()
    padded_plaintext = decryptor.update(ciphertext) + decryptor.finalize()
    end_time = time.time()

    unpadder = padding.PKCS7(algorithms.AES.block_size).unpadder()
    plaintext = unpadder.update(padded_plaintext) + unpadder.finalize()

    return end_time - start_time
```

```
def run_benchmark():
    # Benchmark AES encryption
    ciphertext, aes_time_encrypt = aes_encrypt_benchmark(key, plaintext)
    # print(f"AES Encryption Time: {(aes_time_encrypt * 1000):.5f} ms")

    # Benchmark AES decryption
    aes_time_decrypt = aes_decrypt_benchmark(key, ciphertext)
    # print(f"AES Decryption Time: {(aes_time_decrypt * 1000):.5f} ms")
    return aes_time_encrypt, aes_time_decrypt

def main():
    iterations = 1000

    for i in range(10):
        encrypt_time = 0
        decrypt_time = 0
        for _ in range(iterations):
            encrypt_time_iter, decrypt_time_iter = run_benchmark()
            encrypt_time += encrypt_time_iter
            decrypt_time += decrypt_time_iter

        avg_encrypt_time = encrypt_time / iterations
        avg_decrypt_time = decrypt_time / iterations

        print(f"Run {i+1} Average AES Encryption Time: {(avg_encrypt_tim
        ↪  e *
        ↪  1000):.5f} ms")
        print(
            f"Run {i+1} Average AES Decryption Time: {(avg_decrypt_time
            ↪  * 1000):.5f} ms\n"
        )

main()
```

Kode .3: Kode Pengujian Enkripsi AES

The Advanced Encryption Standard (AES) is a symmetric-key encryption algorithm that has become the de facto standard for securing sensitive data worldwide. Developed by Belgian cryptographers Joan Daemen and Vincent Rijmen, AES was adopted by the U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST) in 2001 after a rigorous evaluation process involving numerous submissions from around the globe. AES replaced the aging Data Encryption Standard (DES) and its variants, which were becoming increasingly vulnerable to brute-force attacks due to advances in computing power. AES operates on fixed block sizes of 128 bits and supports key lengths of 128, 192, or 256 bits, with the latter providing the highest level of security. Its sophisticated mathematical structure, based on substitution-permutation networks, makes it highly resistant to various cryptanalytic attacks, including differential and linear cryptanalysis. AES employs multiple rounds of substitution, permutation, and key mixing operations to scramble the plaintext data, making it virtually impossible to decrypt without the correct key. One of the key strengths of AES is its versatility and flexibility. It can be implemented in hardware or software, making it suitable for a wide range of applications, from securing communication channels to protecting data at rest. AES has been extensively studied and scrutinized by cryptographers worldwide, and its strength lies in its ability to withstand known attacks while maintaining high performance. Consequently, AES has been widely adopted in various industries, including government, finance, healthcare, and telecommunications, as well as in protocols and standards such as TLS/SSL, IPsec, and wireless encryption standards like WPA2.

Gambar 1: Plaintext Data untuk AES Encryption Benchmark