



Pengukuran Kinerja Kubernetes Cluster pada Nested Virtualization Berbasis KVM

Widya Tri Wulan Sari¹, Sugeng Purwanto E.S.G.S^{2*}, Muhammad Arif Fadhly Ridha³

^{1,3}Politeknik Caltex Riau, Teknologi Informasi, Pekanbaru, Indonesia

²Politeknik Caltex Riau, Teknik Rekayasa Komputer, Pekanbaru, Indonesia

¹widya18ti@mahasiswa.pcr.ac.id, ²sugeng@pcr.ac.id, ³fadhly@pcr.ac.id

*Corresponding Author

Diserahkan: 12 September 2022

Diterima: 19 Desember 2022

Diterbitkan: 31 Mei 2023

ABSTRAK

Kubernetes sebagai sistem orkestrasi container open-source yang dapat diimplementasikan dalam infrastruktur fisik dan infrastruktur tervisualisasi. Dalam implementasi virtualisasi, masih terdapat sisa sumber daya yang tidak dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menerapkan Nested Virtualization. Penelitian ini melakukan pengukuran kinerja untuk menganalisis penggunaan sumber daya (CPU, memori, disk dan network) kubernetes cluster pada teknologi nested virtualization berbasis KVM. Hasil penggunaan memori keadaan stanby dan busy kubernetes cluster pada nested virtualization lebih tinggi yaitu mencapai 42% dibandingkan dengan hanya kubernetes cluster yaitu 30%. Penggunaan CPU dalam keadaan stanby dan busy pada kubernetes cluster lebih tinggi yaitu 65% dibandingkan kubernetes cluster pada Nested Virtualization yaitu 36%. Hasil latency tinggi yaitu 237 ms pada kubernetes cluster dibandingkan kubernetes cluster pada Nested Virtualization yaitu 40 ms. Kecepatan baca dan tulis disk pada teknologi kubernetes cluster yaitu 410 MB/sec dan 397 Mb/sec, sementara kubernetes cluster pada Nested Virtualization yaitu mencapai 116 MB/sec dan 597 MB/sec. Kecepatan network untuk download dan upload pada kubernetes cluster lebih besar yaitu 39.1 Mbit/s dan 53/94 Mbit/s sementara kubernetes cluster pada Nested Virtualization yaitu 35.54 Mbit/s dan 53.58 Mbit/s.

Kata kunci: Cloud Computing, Kubernetes cluster, KVM, Nested Virtualization,

ABSTRACT

Kubernetes is an open-source container orchestration system that can be implemented in both physical and visualized infrastructure. In the implementation of virtualization, there are remaining resources that are not utilized optimally. One way to solve this problem is to implement Nested Virtualization. This study measures performance to analyze the resource usage (CPU, memory, disk, and network) of the Kubernetes cluster on KVM-based nested virtualization technology. The results of using standby and busy Kubernetes cluster memory in nested virtualization are higher, reaching 42% compared to only the Kubernetes cluster, which is 30%. CPU usage in standby and busy conditions in a Kubernetes cluster is higher at 65% compared to a Kubernetes cluster in Nested Virtualization, which is 36%. The high latency result is 237 ms on a Kubernetes cluster compared to a Kubernetes cluster on Nested Virtualization which is 40 ms. The disk read and write speeds of Kubernetes cluster technology are 410 MB/sec and 397 Mb/sec, while the Kubernetes cluster in Nested Virtualization is 116 MB/sec and 597 MB/sec. The network speed for downloading and uploading in a Kubernetes cluster is higher, namely, 39.1 Mbit/s and 53/94 Mbit/s, while the Kubernetes cluster in Nested Virtualization is 35.54 Mbit/s and 53.58 Mbit/s.

Keywords: Cloud computing, KVM, Nested Virtualization, Kubernetes cluster

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi, Kubernetes hadir sebagai sistem *orkestrasi container open source* yang menyediakan kerangka kerja bagi *developer* untuk mengatur *container* dalam skala besar. Teknologi *container* merupakan cara *modern* saat ini dilakukan oleh para *developer* untuk mengemas aplikasi dalam bentuk virtualisasi, sehingga bisa lebih mudah didistribusikan dengan cepat dan efektif [1] Kubernetes menyediakan *application programming interface* (API) terpadu untuk mendeploy aplikasi web, *batch task*, dan *database* [2].

Kubernetes dapat diimplementasikan dalam infrastruktur fisik dan infrastruktur tervisualisasi. Virtualisasi merupakan bagian dari tren keseluruhan dalam perusahaan TI. Teknologi virtualisasi membuat teknologi versi maya (*virtual*) terhadap sumber daya teknologi informasi seperti sistem operasi, server, storage atau sumber daya jaringan. Yang bertujuan untuk memusatkan tugas administratif sembari meningkatkan skalabilitas dan beban kerja[3]. Salah satu teknologi virtualisasi yang sering digunakan yaitu KVM atau Kernel – Based Virtual Machine. KVM merupakan mesin virtual atau MV yang berjalan di kernel sistem operasi Linux dengan perangkat tipe X86 dengan performa dan kemampuan skalabilitas lebih baik saat membutuhkan resource yang besar [4]. Penelitian Implementasi teknologi Kubernetes pada infrastruktur virtualisasi dilakukan oleh [5]. Hasil penelitiannya mendapat data saat dilakukan *stress request* pada server KVM penggunaan memori saat *busy* pada 20 *user* sebesar 68%, 40 *user* sebesar 68% dan 60 *user* sebesar 67%. *Persentase* penggunaan CPU saat dilakukan *stress request* pada server KVM 20 *user* sebesar 59%, 40 *user* sebesar 60% dan 60 *user* sebesar 62%. Berdasarkan penelitian diatas diketahui bahwa penggunaan sumber daya yang digunakan untuk Kubernetes *cluster* pada lingkungan ter virtualisasi masih banyak yang belum dimanfaatkan secara optimal.

Salah satu cara untuk memaksimalkan penggunaan sumber daya adalah dengan membangun Teknologi *Nested Virtualization* pada implementasinya. Teknologi *Nested Virtualization* merujuk pada mode virtualisasi yang beroperasi di dalam lingkungan yang telah ter virtualisasi. Teknologi *nested virtualization* menjalankan *virtual machine* di dalam *virtual machine* yang lain. Dengan kata lain, *nested virtualization* merupakan kemampuan untuk menjalankan *hypervisor* di dalam *Virtual Machine* (VM) dimana VM tersebut juga beroperasi di atas *hypervisor* [6].

Pada penelitian ini, dibangun Kubernetes *cluster* di atas infrastruktur *nested virtualization* dan Kubernetes *cluster* dibangun di atas infrastruktur virtualisasi biasa dengan melakukan instalasi *tools* KVM. Kemudian, dilakukan pengukuran kinerja dan membandingkan serta menganalisa sumber daya dengan parameter berupa CPU, *memory*, disk dan *network*. Berdasarkan hasil analisis tersebut diketahui bagaimana kinerja Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* apakah terjadi penurunan pada masing-masing sumber daya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun beberapa penelitian terdahulu yang sesuai dengan fokus penelitian ini. Penelitian-penelitian tersebut juga meneliti tentang implementasi menggunakan container Kubernetes dan tools virtualisasi KVM untuk mengetahui performa masing-masing teknologi. Pada Penelitian pertama [7] dengan tujuan membandingkan teknologi konvensional dan kubernetes *cluster* menggunakan virtualisasi KVM. Dalam hasil pengujian *performance* penggunaan CPU dan memori saat *standby* menghasilkan rata-rata 0,33% dan 83%. Dan dalam keadaan *busy* penggunaan CPU menghasilkan rata-rata 0,96% pada 100 *client*, 0,97% 200 *client*, 1,02% 300 pada *client*, 1,03% pada 400 *client* dan 1,06% pada 500 *client*. Dan penggunaan memori saat *busy* menghasilkan rata-rata 86% pada 100, 200, 300, 400 dan 500 *client*.

Penelitian kedua [8] dengan tujuan untuk membandingkan performansi sumberdaya CPU dan memori antara teknologi kubernetes *cluster* menggunakan KVM dengan teknologi kubernetes *cluster* menggunakan vagrant. Hasil pengujian dilakukan kubernetes *cluster* dapat dibangun di dalam virtual mesin vagrant dan KVM. Saat dilakukan *stress request* penggunaan CPU dan memori pada virtualisasi

vagrant lebih besar dari virtualisasi KVM pada saat diakses 20, 40 dan 60 *user*. Dalam hasil pengujian *performance* CPU sebelum *busy* menghasilkan rata-rata 28%, 27%, 40% dan 29% saat *busy* menghasilkan 75%, 72% dan 79%. Dan penggunaan memori sebelum *busy* rata-rata 70%, 75% dan 77% saat *busy* menghasilkan 73%, 75% dan 77%.

Penelitian ketiga [9] yang dilakukan dengan tujuan membandingkan performa layanan model konvensional dan kubernetes *cluster* dalam virtualisasi LXD. Hasil pengujian dilakukan kubernetes *cluster* dapat digunakan di dalam virtualisasi LXD dengan kubernetes *cluster* menunjukkan jumlah *latency* lebih rendah dibandingkan dengan konvensional. Teknologi konvensional menggunakan sumber daya lebih besar pada CPU dan memori dibandingkan dengan penggunaan sumber daya kubernetes *cluster*. Pada kubernetes *cluster* hasil penggunaan memori saat *standby* 28% dan saat *busy* 39%, 41%, dan 42%.

Penelitian keempat [10] yang dilakukan dengan tujuan untuk Meneliti pengamanan dalam membangun nested virtualization menggunakan tools virtualization LXC dengan mendapat hasil penurunan performa di bawah angka 5-10% dibandingkan ketika menjalankan langsung pada server fisik.

Penelitian kelima [11] dengan tujuan penelitian melakukan uji komparasi performansi pada layanan yang menggunakan rancangan kubernetes tidak ditemukan persentase failure request saat diberi beban dan rata-rata diselesaikan 100% selama range waktu 1-4 detik. Dari data-data tersebut, dapat disimpulkan bahwa cluster kubernetes dengan optimalisasi dapat mengurangi persentase request failure dan meningkatkan availability layanan.

2.2 Nested Virtualization

Nested virtualization menjalankan *instance virtual machine* (VM) di dalam VM lain sehingga dapat membentuk lingkungan virtualisasi sendiri. Dengan *nested virtualization*, host fisik dan *hypervisor*-nya adalah lingkungan level 0 (L0). Lingkungan L0 dapat melakukan hosting beberapa VM level 1 (L1). Pada setiap VM L1 terdapat *hypervisor* lain, yang digunakan untuk menginstal VM level 2 (L2)[12].

2.3 KVM

KVM berasal dari *Kernel-Based Virtual Machine*, sebuah teknologi virtualisasi yang dikembangkan oleh Linux untuk membagi server fisik menjadi beberapa *resource dedicated*. KVM termasuk jenis *full-virtualization*.

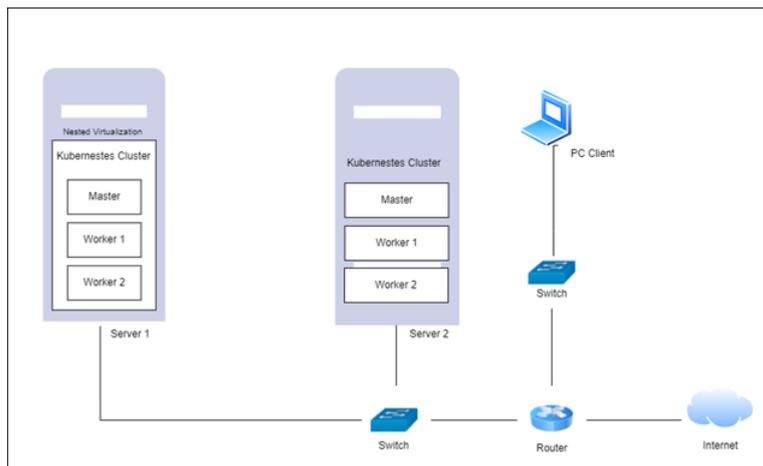
2.4 Kubernetes

Kubernetes merupakan platform *open source* dibentuk pada tahun 2014 untuk mengelola manajemen *workloads* aplikasi yang di kontainerisasi. Platform ini pertama kali dikembangkan oleh Google dan kini dikelola oleh *Cloud Native Computing Foundation* (CNCF). Kubernetes menyediakan manajemen environment yang berpusat pada *container*. Dan melakukan *orkestrasi* terhadap *computing*, *networking*, dan infrastruktur penyimpanan. Kubernetes berfungsi untuk melakukan penjadwalan serta menjalankan *container* pada aplikasi di kelompok mesin virtual dan fisik. Kubernetes memiliki kelebihan yaitu telah menyediakan kebutuhan pengguna yang dipasang pada container sehingga tidak perlu menginstal banyak server yang di dalamnya seperti environment, aplikasi dan kebutuhan lainnya.

3. HASIL PEMBAHASAN

3.1 Perancangan

Dalam Gambar 1 dimana pada topologi tersebut terdapat 2 buah server dengan Sistem Operasi Ubuntu 20.04. Masing – masing server akan dibangun Kubernetes *cluster* dimana pada server-1 Kubernetes cluster dibangun diatas infrastruktur nested virtualization dan server-2 akan membangun Kubernetes *cluster* diatas infrastruktur virtualisasi biasa. Untuk membangun infrastruktur virtual penulis akan menggunakan *tools* KVM yang diinstall pada masing – masing server. Di Dalam masing – masing



Gambar 1 Arsitektur Perancangan

Kubernetes *cluster* akan terdapat *Master* node dan *Worker* node. Kedua buah server akan dihubungkan dengan menggunakan perangkat *switch* dan *router*.

3.2 Metode Pengujian

3.2.1 Pengujian pada Virtualisasi Kubernetes Cluster

Parameter pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Kinerja CPU dan Memori
Pengukuran kinerja CPU dan memori dilakukan agar dapat mengetahui kinerja pada virtualisasi kubernetes *cluster* disaat *standby* dan *busy* yang dilakukan 5 kali percobaan menggunakan SNMP.
- 2) Kinerja Disk
Pengukuran kinerja disk dilakukan untuk mengetahui kecepatan baca dan tulis disk menggunakan *hdparm* dan *dd tools* yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan pengukuran file sebesar 1GB.
- 3) Kinerja Jaringan (*Network*)
Pengujian ini bertujuan untuk menguji virtual ethernet di masing-masing virtual mesin dilakukan dengan menginstall *speedtest-cli tools*.

3.2.2 Pengujian pada Layanan Webserver

Parameter pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

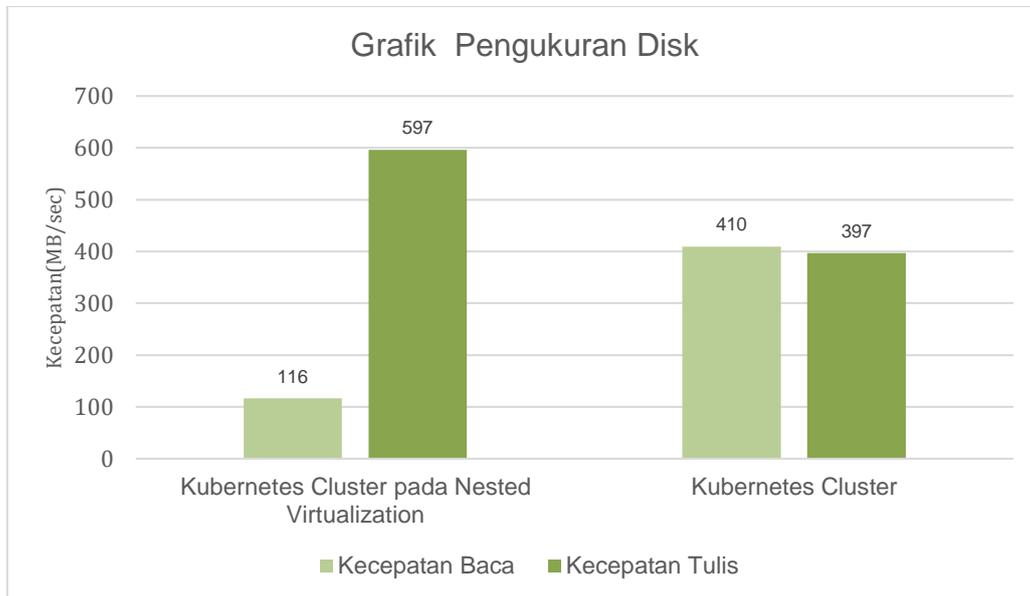
- 1) Kinerja CPU dan Memori
Pengukuran kinerja CPU dan memori dilakukan agar dapat mengetahui kinerja pada *nested virtualisasi* kubernetes cluster disaat *stanby* dan *busy* yang dilakukan 5 kali percobaan dengan menggunakan SNMP.
- 2) Kinerja Disk
Pengukuran kinerja disk dilakukan untuk mengetahui kecepatan baca dan tulis disk menggunakan *hdparm* dan *dd tools* yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan pengukuran file sebesar 1GB.
- 3) Kinerja Jaringan (*Network*)
Pengujian ini bertujuan untuk menguji virtual ethernet di masing-masing virtual mesin dilakukan dengan menginstall *speedtest-cli tools*.

3.3 Hasil dan Analisis

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan pada kedua *server* yaitu Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* dan Kubernetes *cluster*, maka selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap hasil dari pengujian.

3.3.1 Analisis Disk

Pengujian ini memperoleh hasil kecepatan tulis disk dan kecepatan baca disk sebesar 1GB. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali pada masing-masing server.

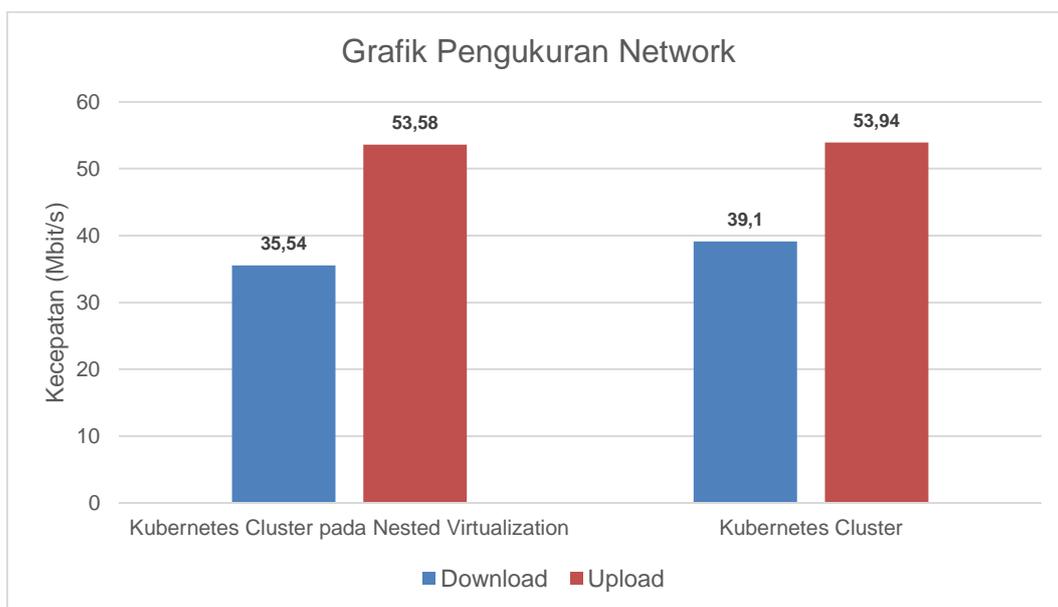


Gambar 2. Grafik Pengukuran Disk

Grafik pada Gambar 2 diatas merupakan hasil rata-rata kecepatan tulis dan kecepatan baca disk berdasarkan skenario pengujian yang telah dilakukan pada masing-masing server. Kecepatan baca pada teknologi Kubernetes *cluster* lebih tinggi yaitu 410 MB/sec dibandingkan pada teknologi Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* yaitu 116 MB/sec. Sedangkan untuk kecepatan tulis pada Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* yaitu 597 MB/sec lebih tinggi dibandingkan kecepatan pada kubernetes *cluster* yaitu 397 MB/sec. Angka kecepatan yang baik dan bagus ialah angka yang tinggi.

3.3.2 Analisis Network

Pengujian ini memperoleh hasil kecepatan *download* dan *upload* pada virtual ethernet server masing-masing.

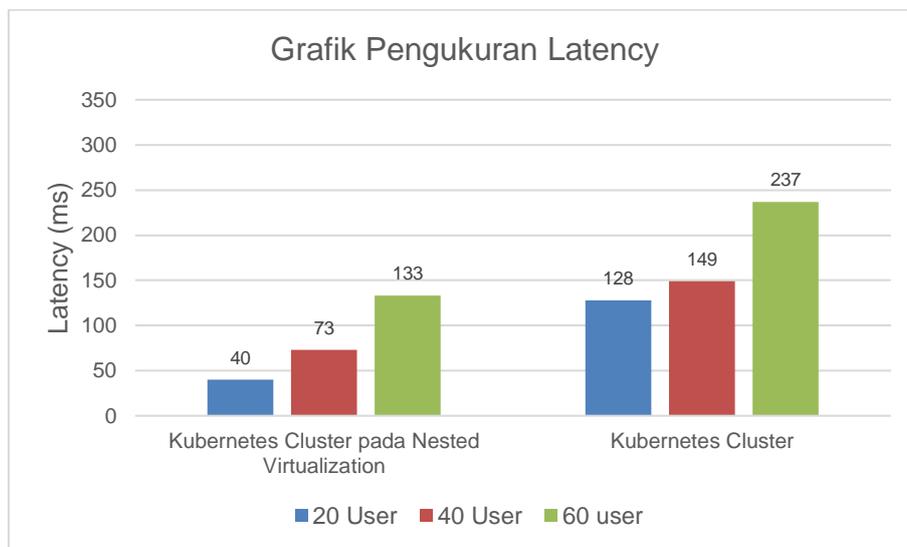


Gambar 3. Grafik Pengukuran *Network*

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh grafik seperti pada Gambar 3 yang merupakan hasil kecepatan *download* dan *upload* dari masing-masing server. Pada server Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* menunjukkan kecepatan *download* 35.54 Mbit/s dan *upload* 53.58 Mbit/s lebih rendah dari Kubernetes *cluster* dengan kecepatan *download* 39.1 Mbit/s dan kecepatan *upload* 53.94 Mbit/s. Angka kecepatan yang baik dan bagus ialah angka yang tinggi, hal ini memicu sebuah server lebih cepat untuk memproses atau bekerja.

3.3.3 Analisis Stress Testing

Data untuk pengujian yang dilakukan pada saat *stress testing* terhadap web server pada masing-masing server. Dalam hal ini pengukuran tingkat *latency* yang dilakukan dengan 5 kali tahapan pengujian yaitu 20 user, 40 user, dan 60 user dengan masing-masing pengujian dilakukan 5 kali percobaan dalam mengambil data.



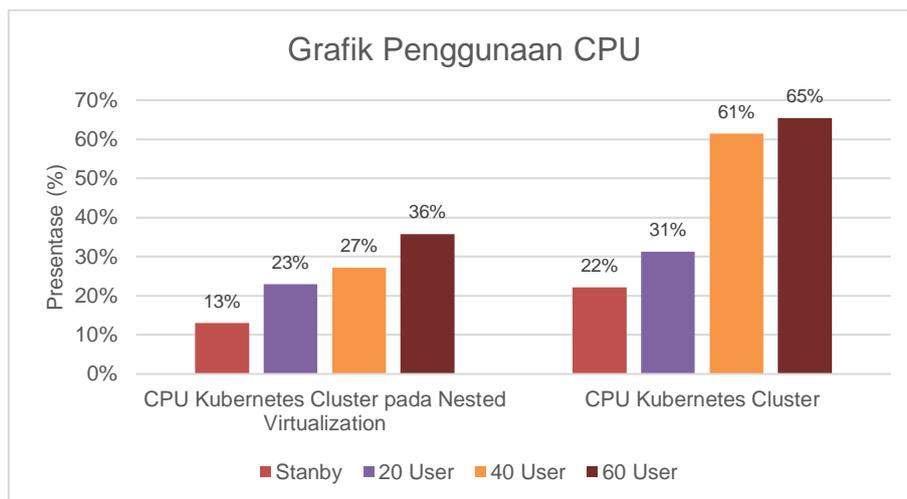
Gambar 4. Grafik Pengukuran Latency

Berdasarkan pungguian *stress testing* yang dilakukan diperoleh grafik seperti Gambar 4 yang merupakan hasil rata-rata jumlah *latency* dari semua pengujian yang dilakukan pada masing-masing server. Pada teknologi Kubernetes *Cluster* memperoleh hasil *latency* paling tinggi yakni pada angka 237m/s dan angka paling rendahnya berada pada server Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* 40m/s. Proses pelayanan permintaan penggunaan pada kedua server ialah webserver dengan memasuki node-node pada server masing-masing sehingga semakin besar permintaan akses maka semakin besar angka *latency* dan semakin lama server memproses tanggapan mengakses halaman. Semakin tinggi angka *latency* menyebabkan tingkat *delay* pada web server semakin besar dan jika angka *latency* rendah maka tingkat *delay* pada web server semakin kecil dan lebih cepat diakses.

3.3.4 Analisis CPU dan Memory

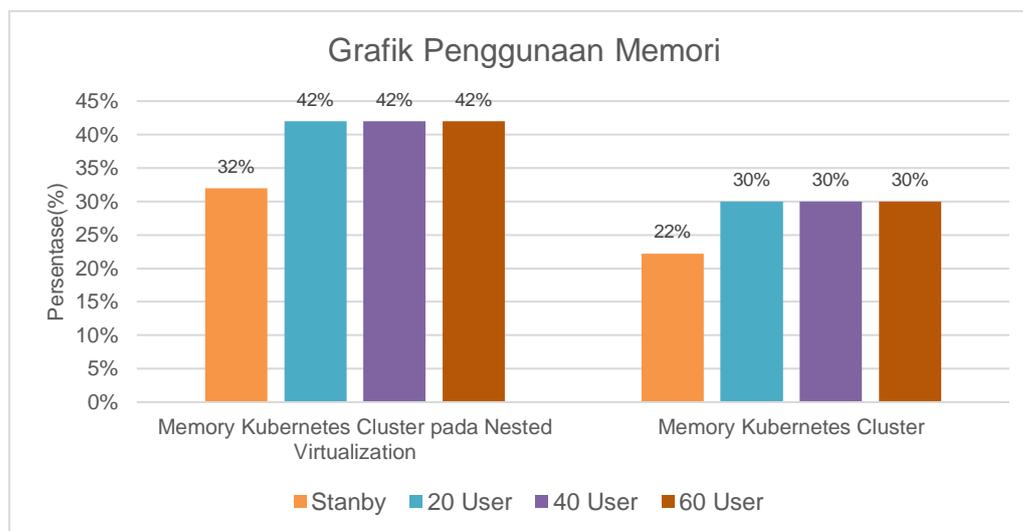
Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada saat keadaan *server standby* dan *busy* diperoleh data penggunaan CPU. Penggunaan CPU dilakukan dengan keadaan *standby*, 20 user, 40 user, dan 60 user dengan masing-masing pengujian dilakukan 5 kali percobaan dalam mengambil data.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh grafik seperti pada Gambar 5 yang merupakan hasil rata-rata *persentase* penggunaan CPU dari semua pengujian yang dilakukan pada server Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* dan Kubernetes *cluster* dalam keadaan *standby* dan *busy*. Pada saat keadaan *standby*, teknologi Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* menunjukkan penggunaan CPU terendah yaitu 13% sedangkan penggunaan CPU tertinggi adalah teknologi Kubernetes *cluster* yaitu 22%.



Gambar 5. Grafik penggunaan CPU dan memori saat *standby* dan *busy*

Pada saat keadaan *busy*, teknologi Kubernetes *cluster* pada *Nested virtualization* menunjukkan penggunaan CPU terendah yaitu 23% sedangkan penggunaan CPU tertinggi adalah Kubernetes *cluster* yaitu 65%. Pengujian dengan beban 20, 40 dan 60 *user* menunjukkan peningkatan penggunaan CPU yang signifikan baik pada Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* maupun pada Kubernetes *cluster*, hal ini berarti semakin banyak *user* yang mengakses maka akan meningkatkan penggunaan CPU. Selanjutnya adalah analisis penggunaan memori pada masing-masing *server* pada saat *standby* dan diakses oleh 20 *user*, 40 *user*, dan 60 *user*.



Gambar 6. Grafik penggunaan Memori saat *Standby* dan *Busy*

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh grafik seperti pada Gambar 6 yang merupakan hasil rata-rata *persentase* penggunaan memori dari semua pengujian yang dilakukan pada *server* Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* dan Kubernetes *cluster* dalam keadaan *standby* dan *busy*.

Pada saat keadaan *standby*, *server* Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* menunjukkan penggunaan memori tertinggi yaitu 32% karena ada node-node yang berjalan didalam *nested virtual machine* sedangkan penggunaan memori terendah adalah teknologi Kubernetes *cluster* yaitu 22% karena node-node yang berjalan diatas *virtual machine* tidak *nested*.

Pada saat keadaan *busy*, teknologi Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* menunjukkan penggunaan memori tertinggi yaitu 42% sedangkan penggunaan memori terendah adalah teknologi Kubernetes *cluster* yaitu 30%. Pengujian dengan beban 20, 40 dan 60 *user* menunjukkan *resources* yang stabil baik pada Kubernetes *cluster* pada *nested virtualization* maupun pada Kubernetes *cluster*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini, yaitu:

- 1) Penggunaan CPU *Kubernetes cluster* pada nested *virtualization* dalam keadaan busy lebih rendah 29% dikarenakan pembagian pekerjaan menyeluruh untuk setiap node dalam menerima permintaan pengguna dari *Kubernetes cluster*.
- 2) Penggunaan memori *Kubernetes cluster* pada nested *virtualization* dalam keadaan *busy* lebih tinggi 12% dari *Kubernetes cluster* yang disebabkan node-node yang berjalan didalam nested *virtualisasi* sehingga menggunakan resource memori lebih banyak dan mengalami penurunan kinerja.
- 3) Latency *Kubernetes cluster* pada nested *virtualization* dalam keadaan busy lebih rendah 104 ms dengan tingkat delay pada web server semakin kecil dan lebih cepat diakses dari *Kubernetes cluster*.
- 4) Kecepatan *download* dan *upload* *Kubernetes cluster* pada nested *virtualization* lebih rendah 3.56 dan 0.36 Mbit/s menyebabkan lebih lambat server untuk memproses atau bekerja dari *Kubernetes cluster*.
- 5) Kecepatan baca *disk* *Kubernetes cluster* pada nested *virtualization* lebih rendah 294 MB/sec dari *Kubernetes cluster* dan kecepatan tulis disk *Kubernetes cluster* pada nested *virtualization* lebih tinggi 200 MB/sec dari *Kubernetes cluster*. Dengan kecepatan baca/tulis angka yang tinggi maka lebih baik *server* menangani data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nabila, M, "Mengenal Kubernetes dan Manfaatnya Bantu Startup Lebih Lincah," 2021, Dailysocia, <https://dailysocial.id/post/mengenal-kubernetes-dan-manfaatnya-bantu-startup-lebih-lincah>.
- [2] Ghozali, S, "Cara Kerja Kubernetes Adalah, Keuntungan, Arsitektur, Komponen," 2021, Datacomm Cloud Business, https://datacommcloud.co.id/kubernetes-adalah/?https://datacommcloud.co.id/kubernetes/?utm_campaign=KaaS%20-%20Focus&utm_term=kubernetes%20architecture&utm_source=GoogleMobile&utm_medium=Paid-Ads&gclid=CjwKCAiAxJSPBhAoEiwAeO_fP5YvTurIU9JI6-AoInCXajP62aeI.
- [3] Herwanto, Riko, Purbo, Onno W, & Aziz RZ.Abd, 2020, "Cloud Computing, Manajemen dan Perencanaan Kapasitas".
- [4] Aprilia Putri, "Mengenal Apa itu KVM VPS dan Keunggulannya", 2021, niagahoster.co.id, <https://www.niagahoster.co.id/blog/kvm-adalah/>.
- [5] Muttakin, M. R., & Ridha, M. A., "Implementasi Kubernetes Cluster Menggunakan Vagrant", ABEC Indonesia, 218-227, 2021.
- [6] Wahyudin, A. S., Aziz, M.A., Firdaus, E. A., & Kusuma, K.A, "Pengamanan Nested Virtualization Server Untuk E-Learning Moodle Pada Proxmox VE Menggunakan Metode High Availability", Buana Ilmi, 20-28, 2021.
- [7] Surbakti, N. K, "Implementasi Kubernetes Cluster Menggunakan KVM", ABEC Indonesia, 209-217, 2021.
- [8] Muttakin, M. R., & Ridha, M. A., "Implementasi Kubernetes Cluster Menggunakan Vagrant", ABEC Indonesia, 218-227, 2021.
- [9] Putri, S. S., & Ridha, M. A, "Impelementasi Kubernetes Cluster Menggunakan LXD Container", 140-148, 2021.
- [10] Muttakin, M. R., & Ridha, M. A., "Implementasi Kubernetes Cluster Menggunakan Vagrant", ABEC Indonesia, 218-227, 2021.
- [11] Nugroho, M. A., & Subiyantoro, C, "Analisis Cluster Container Pada Kubernetes Dengan Infrastruktur Google Cloud Platform", JIPI, 84-93, 2018.
- [12] Google Cloud, "About Nested Virtualization", 2022, <https://cloud.google.com/compute/docs/instances/nested-virtualization/overview>.