

# ANALISIS PENGEMBANGAN PUSAT DATA BERBASIS KOMPUTASI AWAN

Jaya Kuncara Rosa Susila<sup>\*1</sup>, Muhammad Afit<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>Universitas Muhammadiyah Bandung,

Jl. Palasari 9A Bandung 40263, West Java, Indonesia

<sup>\*1</sup>[jaya.kuncara@umbandung.ac.id](mailto:jaya.kuncara@umbandung.ac.id), <sup>\*1</sup>[muhammad.afit@umbandung.ac.id](mailto:muhammad.afit@umbandung.ac.id)

## Abstrak

*The data center becomes one of the important components in today's business environment that is expected to provide the best possible service even in uncontrolled circumstances, such as disaster situations, so that the business of the company will survive and profit for the company will continue. Support for the reliability of the data center of the new technology is cloud computing where this technology is a combination of two technologies of distributed computing and virtualization, in addition to these technologies there are other advantages of cloud computing technology in terms of service. This research focuses on analysis of data center development based on cloud computing technology where expected from this technology can reduce the weakness caused by conventional data center system. The method used in this study is to compare the workload of conventional servers with cloud computing servers using stress test devices, load balancers and others. The results of this study indicate that servers with cloud computing can still work optimally even though working together in a single hardware.*

**Keywords:** data center, cloud computing, virtualization, stress test, load balancing

## I. PENDAHULUAN

Pusat data (*pusat data*) telah menjadi kebutuhan di berbagai domain seperti hosting web, aplikasi perusahaan, situs *ecommerce*, dan masih banyak lagi. Sebuah pusat data terdiri dari beberapa atau banyak server yang saling terhubung secara arsitektur jaringan dan terpusat pada satu tempat khusus. Tempat yang khusus ini sudah diatur oleh sebuah standar sehingga ada beberapa kategori pusat data tersebut. Pusat data konvensional menggunakan satu server untuk menjalankan satu aplikasi, maka dari itu penamaannya juga mengacu pada aplikasi yang dijalankan oleh server tersebut. Pusat data modern menggunakan arsitektur tervirtualisasi di mana aplikasi berjalan di dalam server virtual yang dipetakan ke setiap server fisik di pusat data. Mesin virtual (VM) ini berjalan di atas hypervisor, yang bertanggung jawab untuk mengalokasikan sumber daya fisik seperti memori dan CPU untuk masing-masing VM. Dengan virtualisasi, beberapa mesin virtual (VM) dikonsolidasikan untuk dijalankan pada satu mesin (disebut *host*) dengan bantuan lapisan Hypervisor atau Virtual Machine Monitor (VMM). Hypervisor memiliki akses ke semua sumber daya perangkat keras yang mendasarinya sedemikian rupa sehingga OS tamu yang berjalan di VMs memiliki ilusi berjalan di mesin fisiknya sendiri.

Kebutuhan akan proses yang efisien dalam suatu komputasi tak lepas dari kehandalan perangkat keras, seperti prosesor, RAM, dan Harddisk. Persoalan perangkat keras ini berpengaruh pada harga, semakin tinggi spesifikasinya maka semakin mahal harganya. Dari

permasalahan ini maka muncul lah komputasi terdistribusi, dimana beberapa komputer digabung secara arsitektur jaringan untuk mendapatkan performa komputasi yang lebih tinggi. Komputasi awan adalah paradigma komputasi terdistribusi yang muncul yang menjanjikan untuk menawarkan layanan permintaan yang dapat disesuaikan secara biaya kepada pengguna, tanpa perlu investasi infrastruktur besar di muka. Melalui penggunaan virtualisasi, komputasi awan menyediakan infrastruktur back-end yang dapat dengan cepat naik turun tergantung pada beban kerja.

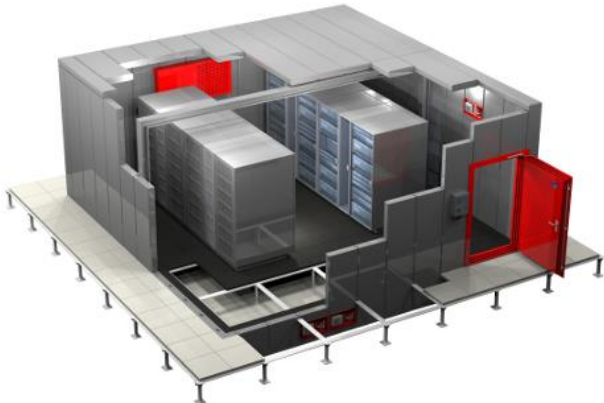
Pusat data adalah infrastruktur tulang punggung untuk memfasilitasi pengembangan komputasi awan. Kinerja cloud bergantung pada perhitungan, penyimpanan, dan kapasitas jaringan yang disediakan di pusat data. Konsekuensinya, permintaan beban kerja sistem awan tercermin dengan baik oleh permintaan sumber daya di pusat data tersebut. Tulisan ini membahas mengenai analisis pengembangan pusat data berbasis komputasi awan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan tingkat performansi yang sama baiknya antara komputasi awan dengan komputasi tradisional pada server sehingga dapat memberikan saran untuk mengembangkan infrastruktur yang baik pada pusat data.

## II. METODE PENELITIAN

Pusat data (*Pusat data* atau *Datacenter*) adalah repositori terpusat, baik fisik atau virtual, untuk penyimpanan, manajemen, dan penyebaran data dan informasi yang diselenggarakan di sekitar badan

pengetahuan tertentu atau yang berkaitan dengan bisnis tertentu. Infrastruktr pusat data pada dasarnya adalah perangkat yang kompleks dan besar yang mengkonsumsi daya listrik dan menghasilkan panas. Sistem pendingin pusat data menghilangkan panas yang menghabiskan energi tambahan dalam proses, yang panasnya juga harus dihilangkan. Maka tidak mengherankan jika sebagian besar biaya konstruksi pusat data sebanding dengan jumlah daya yang dikirim dan jumlah panas yang harus dihilangkan.

Sebuah pusat data akan beroperasi selama 7 × 24, artinya ada 7 hari yang setiap harinya ada 24 jam untuk melayani pengguna server tersebut. Dari sini dibutuhkan kriteria-kriteria dalam membangun sebuah pusat data. Diantara kriteria tersebut adalah ketersediaan (*availability*), Skalabiliti (*scalability*), Fleksibiliti (*flexibility*), dan keamanan (*security*). Selain hal tersebut perlu juga diperhatikan beberapa hal seperti: kapasitas daya, kapasitas pendinginan, pengkabelan, kontrol suhu dan kelembaban, sistem api dan asap, dan keamanan fisik.



Gambar 1. Desain ruang sebuah pusat data (sumber: <http://sitem.co.th/strong-room-for-data-center/>)

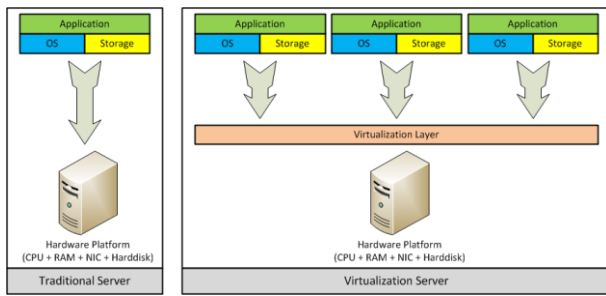
Arsitektur pusat data terus berkembang, beradaptasi dengan persyaratan baru, dan menggunakan teknologi baru. Model paling banyak dipakai adalah model server/client dan n-tier yang mengacu pada bagaimana aplikasi-aplikasi menggunakan elemen didalam pusat data tersebut secara fungsional untuk berkomunikasi. Model server/client, pada kenyataannya, telah berkembang menjadi model n-tier, dimana saat ini banyak dipakai oleh vendor-vendor penyedia aplikasi perangkat lunak.

Ada 4 tier dalam perancangan pusat data yang setiap tier-nya menawarkan tingkat ketersediaan yang berbeda disesuaikan dengan kebutuhan pusat data menurut *Telecommunication Industry Association 942 (TIA 942)*.

Tabel dibawah ini menunjukkan perbedaan dari keempat tier yang ada.

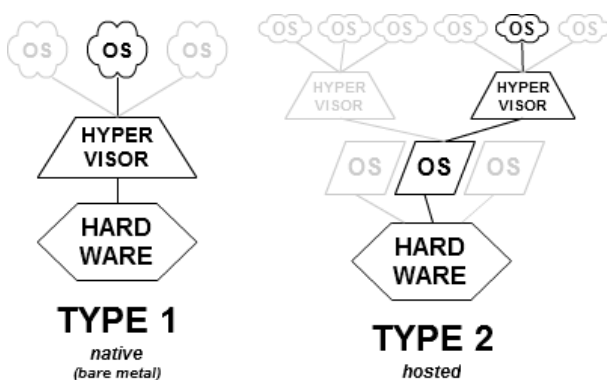
| Parameter                                            | Tier – 1                            | Tier – 2                           | Tier – 3                                                                       | Tier – 4                                              |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Tingkat ketersediaan                                 | 99,671 %                            | 99,741 %                           | 99,982 %                                                                       | 99,995 %                                              |
| Sifat terhadap gangguan                              | Rentan                              | Agak rentan                        | Rentan terhadap gangguan yang tidak terencana                                  | Tidak rentan                                          |
| Distribusi pendinginan dan kelistrikan               | Satu jalur dan tidak ada redundansi | Satu jalur dengan redundansi (N+1) | Banyak jalur, hanya satu yang digunakan, termasuk didalamnya sistem redundansi | Banyak jalur, termasuk sistem redundansi-nya. 2*(N+1) |
| Ketersediaan <i>raised floor, UPS, dan generator</i> | Boleh ada atau tidak                | Ada                                | Ada                                                                            | Ada                                                   |
| Waktu implementasi                                   | 3 bulan                             | 3 – 6 bulan                        | 15 – 20 bulan                                                                  | 15 – 20 bulan                                         |
| <i>Downtime</i> per tahun                            | 28,8 jam                            | 22,0 jam                           | 1,6 jam                                                                        | 0,4 jam                                               |
| Skala pusat data                                     | Kecil                               | Sedang                             | Besar (skala perusahaan)                                                       | Besar (skala perusahaan)                              |

Dasar dari konsep komputasi awan adalah virtualisasi. Virtualisasi adalah teknik yang digunakan untuk membuat suatu objek maya dari sebuah objek nyata, namun memiliki kemampuan yang sama (atau hampir sama) kuatnya dengan objek nyatanya. Penggunaan virtualisasi biasanya digunakan untuk membuat sumber daya perangkat keras yang dapat diupgrade tanpa harus menggeser perangkat lunak dan data dari satu tempat ke tempat lain. Virtualisasi meningkatkan ketersediaan aplikasi dan dapat mempersingkat waktu pemulihan bencana serta secara signifikan meningkatkan kesiapan kesinambungan bisnis. Bentuk dari virtualisasi adalah *full-virtualization*, *paravirtualization*, dan *hardware-assisted-virtualization*. Keuntungan penggunaan virtualisasi pada sistem pusat data diantaranya penurunan panas, mengurangi biaya, redeploy cepat, kemudahan dalam backup data, pengujian dapat lebih baik, aman dari bencana, dan kemudahan untuk migrasi kedalam sistem komputasi awan. Gambar berikut ini merupakan ilustrasi dari penerapan konsep virtualisasi.



Gambar 2. Ilustrasi perbandingan arsitektur server tradisional dan virtualisasi

Hypervisor merupakan suatu landasan bagi virtualisasi atau software khusus yang menyebabkan berbagai sistem operasi dapat berjalan secara simultan pada sebuah komputer. Secara teknis virtualisasi diwujudkan dengan menambahkan satu bagian (layer) perangkat lunak (software) yang disebut dengan nama hypervisor. Hypervisor ini berfungsi sebagai Virtual Machine Manager (VMM) yaitu bagian yang melakukan abstraksi dari perangkat keras fisik menjadi perangkat keras virtual dalam rangka mendistribusikan beban kerja dari semua mesin virtual (VM) ke masing-masing perangkat keras secara proporsional. Ada dua bentuk hypervisor yaitu *Native (Bare-Metal) Hypervisor* dan *Hosted Hypervisor*. Gambar berikut ini merupakan ilustrasi dari dua bentuk hypervisor.



Gambar 3. Klasifikasi hypervisor.

Nama komputasi awan adalah sebuah metafora untuk internet. Sebuah bentuk awan (*Cloud*) digunakan untuk mewakili internet dalam diagram jaringan untuk menyembunyikan topologi yang fleksibel dan infrastruktur dasar yang abstrak. Komputasi awan menggunakan internet untuk memberikan layanan komputasi yang berbeda, termasuk perangkat keras, lingkungan pemrograman dan perangkat lunak. Beserta beragam kelebihannya, diperkirakan komputasi awan akan menjadi basis teknologi informasi dengan model yang “berbasis sebagai sebuah layanan”, gunakan serta

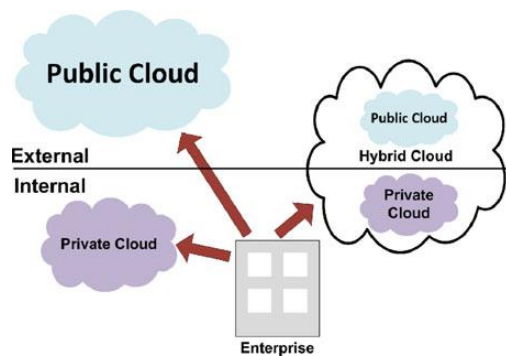
bayar sesuai kebutuhan, on demand, scalable, dan hemat biaya investasi serta operasional. NIST (*National Institute of Standard and Technology*), mendefinisikan komputasi awan sebagai sebuah model yang memungkinkan adanya penggunaan sumber daya secara bersama-sama dan mudah, menyediakan jaringan akses dimana-mana, dapat dikonfigurasi, dan layanan yang digunakan sesuai kebutuhan (*on demand*). Sebagai sebuah teknologi perbaikan dari teknolog-teknologi sebelumnya, tentu terdapat SLA (*Service Level Agreement*) antara penyedia layanan berbasis cloud dengan pengguna akhir.

Dari pengertian komputasi awan oleh NIST, maka muncul lima karakteristik dari komputasi awan tersebut, diantaranya adalah *on-demand self service*, *broadcast network access*, *resource pooling*, *rapid elasticity*, dan *measured service*. Pada *on-demand self service*, pengguna layanan dapat secara mandiri menyediakan semua keperluan dan kapabilitas terkait dengan komputasi awan, seperti ketersediaan jaringan, kebutuhan penyimpanan, waktu server, kebutuhan memori, kebutuhan aplikasi dan lain sebagainya. Dengan *broadcast network access*, kapabilitas yang tersedia pada jaringan komputer akan memudahkan dalam penyediaan layanan kepada para pengguna dari berbagai platform dan media akses. Dari *resource pooling*, sumber daya komputasi dapat diperoleh dari berbagai sumber pada spesifikasi perangkat yang berbeda. Slogan yang diberikan komputasi awan adalah *pay-as-you-go*, dimana pengguna dapat dengan mudah menambah atau menurunkan sumberdaya komputasi disesuaikan dengan kebutuhan, sesuai dengan karakteristik *resource pooling*. Dan yang terakhir, pada *measured service*, semua layanan pada komputasi awan dapat terukur, pengukuran layanan dapat dilakukan melalui QoS dan QoE.

Arsitektur komputasi awan mengacu pada komponen dan sub-komponen yang diperlukan seperti *platform front-end (thick client, thin client)*, perangkat seluler, browser), *platform back-end (server, penyimpanan data besar, mesin virtual, mekanisme keamanan, layanan, model deployment)*, pengiriman data, serta jaringan dan periperalnya (Internet, Intranet, Intercloud, hub, switch). Secara umum, ada beberapa komponen pada sistem arsitektur ini, yaitu *node-controller (NC)*, *cluster-controller (CC)*, dan *cloud-controller (CLC)*.

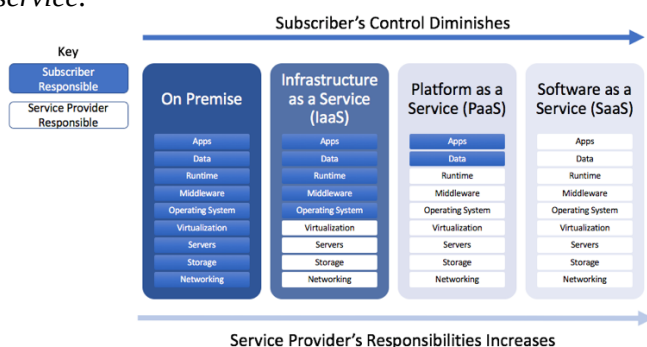
Berdasarkan siapa yang memiliki dan mengelolanya maka komputasi awan dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu awan publik (*public cloud*), awan privat (*private cloud*), awan hibrid (*hybrid cloud*), dan awan

komunitas (*community cloud*). Awan publik (atau awan eksternal) merupakan bentuk paling umum dari komputasi awan, di mana layanan disediakan untuk masyarakat umum dengan cara *pay-as-you-go*. Disebut Awan privat (atau awan internal) ketika penggunaan komputasi awan tersebut terbatas pada kegiatan internal suatu perusahaan/organisasi dan menggunakan akses yang tertutup/khusus. Komposisi dari awan privat dan awan publik disebut awan hybrid, di mana ada pemisahan terhadap data atau aplikasi yang disimpan pada awan publik dan awan privat. Awan komunitas sebenarnya sifatnya seperti awan publik, hanya saja aksesnya dibatasi untuk satu komunitas saja.



Gambar 4. Klasifikasi komputasi awan dilihat dari siapa yang mengelolanya

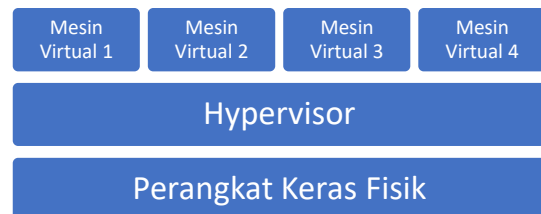
Sistem komputasi awan terbagi juga menjadi beberapa model dilihat dari layanan yang diberikan. Diawal kemunculannya hanya ada 3 model layanan, namun seiring dengan perkembangan kebutuhan penggunaanya, saat ini model layanan yang diberikan juga beragam, diantaranya adalah *Storage-as-a-service*, *Database-as-a-service*, *Information-as-a-service*, *Process-as-a-service*, *Application-as-a-service*, *Platform-as-a-service*, *Integration-as-a-service*, *Security-as-a-service*, *Management/governance-as-a-service*, *Testing-as-a-service*, *Infrastructure-as-a-service*.



Gambar 5. Klasifikasi komputasi awan dilihat dari model layanan yang diberikan

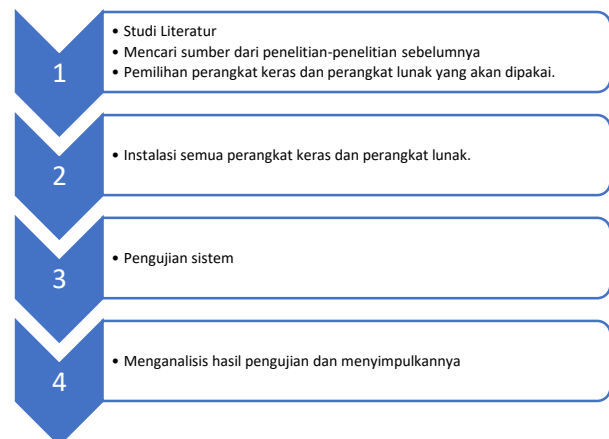
### III. PERANCANGAN DAN DESAIN SISTEM

Penelitian ini bertujuan menganalisis kelayakan suatu komputasi awan yang akan diterapkan pada suatu pusat data. Secara umum yang dilakukan pada penelitian ini adalah membangun dua server yang berbeda yaitu server komputasi awan dengan model layanan IaaS dan server tradisional dengan aplikasi web didalamnya. Pada server komputasi awan kemudian dibuat beberapa mesin virtual diatasnya dengan spesifikasi yang berbeda-beda.



Gambar 6. Ilustrasi penerapan komputasi awan pada suatu mesin fisik.

Desain sistem membutuhkan langkah sistematis untuk menghasilkan sistem yang baik dan sesuai dengan maksud dan tujuan pengembangan. Langkah awal dari perancangan dan desain sistem pada penelitian ini adalah dengan menyiapkan perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan, kemudian menginstal dan mendeploy perangkat lunak dan perangkat keras tersebut sesuai kebutuhan, langkah selanjutnya memilih layanan (*service*) yang dibutuhkan. Berikutnya, menguji kedua server tersebut. Dan yang terakhir adalah membuat kesimpulan.



### IV. IMPLEMENTASI DAN HASIL

Langkah awal yaitu mempersiapkan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan dipakai. Tabel berikut ini adalah daftar kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang perlu disiapkan dan diinstall pada penelitian ini.

Tabel 1. Kebutuhan perangkat lunak dan keras

| Perangkat Keras                      | Perangkat Lunak                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Prosesor yang mendukung virtualisasi | Sistem Operasi untuk server           |
| RAM yang memadai                     | Program Hypervisor dan Komputasi Awan |
| Penyimpanan yang mencukupi           | Program untuk server                  |

Langkah selanjutnya adalah menginstall semua perangkat tersebut dan mempersiapkan pengujian dengan beberapa server dengan spesifikasi yang berbeda. Langkah-langkah berikut diambil untuk membangun pusat data menggunakan komputasi awan.

1. Instal *host domain*, ini menggunakan sistem operasi ubuntu. Ada beberapa pengaturan seperti partisi *hard disk* menggunakan teknologi LVM (*Logical Volume Manager*).
2. Langkah selanjutnya adalah menginstall *OpenStack* sebagai perangkat lunak komputasi awan sekaligus sebagai *hypervisor*.
3. Selanjutnya, instal *guest domain* atau mesin virtual diatas *hypervisor*. Untuk kebutuhan penelitian maka mesin virtual dibuat 4 buah, dengan spesifikasi tiap mesin berbeda-beda.
4. Kemudian install sistem operasi pada mesin virtual. Sistem operasi yang diinstall pada 4 server virtual tersebut sama, yaitu sistem operasi Ubuntu.
5. Selanjutnya, instal beberapa perangkat lunak tambahan untuk membangun server web seperti *SSH*, *Apache*, *PHP*, *MySQL*, *FTP*, dan *webmin*.

Implementasi pada bagian komputasi awan menggunakan layanan tingkat infrastruktur (IaaS). Setelah instalasi *OpenStack* berhasil, maka perlu dilakukan pengelolaan *instance* atau mesin virtual yang ada diatasnya. Pengelolaan ada dua bagian yaitu bagian admin dan bagian proyek. Pada bagian admin pengelolaan dilakukan untuk menambahkan sistem operasi yang akan dijalankan pada mesin virtual tersebut, pengelolaan jaringan internal dan eksternal, dan pengelolaan pemakaian RAM dan penyimpanan pada mesin virtual. Pada bagian proyek, pengelolaan dilakukan untuk mengelola mesin virtual yang sudah berjalan.

Jika sudah dikelola semuanya maka selanjutnya melakukan pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan efektivitas spesifikasi server yang baik dari beberapa mesin virtual yang sudah diinstall. Untuk pengujian yang dilakukan menggunakan 3 skrip berbeda, di mana setiap skrip akan dijalankan beberapa kali percobaan, kemudian hasil rata-ratanya diambil.

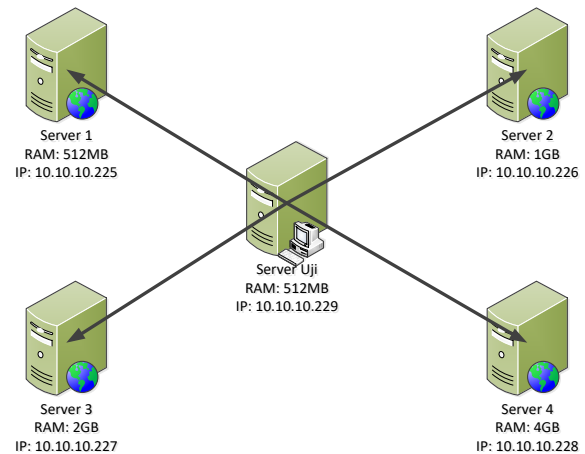


Figure 1. Design of performance testing 4 server with different of RAM

Table 1. Hasil pengujian menggunakan skrip pertama

| Server   | Test Math | Test String Manipulation | Test Loops | Test IfElse | Total time |
|----------|-----------|--------------------------|------------|-------------|------------|
| Server-1 | 1.946     | 1.904                    | 1.76       | 1.261       | 6.894      |
| Server-2 | 1.935     | 1.877                    | 1.719      | 1.236       | 6.848      |
| Server-3 | 1.867     | 1.838                    | 1.807      | 1.244       | 6.727      |
| Server-4 | 1.934     | 1.854                    | 1.714      | 1.221       | 6.719      |

Table 2. Hasil pengujian menggunakan skrip kedua

| Server    | Total time |         |         | Score   |         |         | Median of Total time | Median of Score |
|-----------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|-----------------|
|           | #1 test    | #2 test | #3 test | #1 test | #2 test | #3 test |                      |                 |
| Serv er-1 | 24         | 24      | 23      | 42361   | 41063   | 43202   | 24                   | 42361           |
| Serv er-2 | 20         | 23      | 22      | 48895   | 42867   | 45301   | 22                   | 45301           |
| Serv er-3 | 21         | 21      | 21      | 48116   | 48569   | 48228   | 21                   | 48228           |
| Serv er-4 | 20         | 21      | 20      | 48966   | 48292   | 48871   | 20                   | 48871           |

Table 3. Hasil pengujian menggunakan skrip ketiga

| Percentage served | Median  |         |         |         |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|
|                   | server1 | server2 | server3 | server4 |
| 1                 | 4.068   | 4.139   | 4.074   | 4.038   |
| 2                 | 4.146   | 4.23    | 4.153   | 4.196   |
| 3                 | 4.203   | 4.289   | 4.216   | 4.223   |
| 4                 | 4.234   | 4.329   | 4.25    | 4.253   |
| 5                 | 4.265   | 4.368   | 4.294   | 4.384   |
| 6                 | 4.342   | 4.467   | 4.396   | 4.496   |
| 7                 | 4.468   | 4.611   | 4.606   | 6.611   |

|    |         |         |         |         |
|----|---------|---------|---------|---------|
| 8  | 5.698   | 8.145   | 7.611   | 23.791  |
| 9  | 13.085  | 48.382  | 39.925  | 76.284  |
| 10 | 60.142  | 88.318  | 90.276  | 108.739 |
| 11 | 100.512 | 119.657 | 120.596 | 129.757 |
| 12 | 128.161 | 138.94  | 148.261 | 148.489 |
| 13 | 147.758 | 160.358 | 164.411 | 167.243 |
| 14 | 160.965 | 176.092 | 184.109 | 180.452 |
| 15 | 180.129 | 188.343 | 196.181 | 192.64  |
| 16 | 196.075 | 200.38  | 211.66  | 204.452 |
| 17 | 208.057 | 212.624 | 224.416 | 216.032 |
| 18 | 220.373 | 224.522 | 235.97  | 224.431 |
| 19 | 232.217 | 236.207 | 244.621 | 235.969 |
| 20 | 244.063 | 244.927 | 256.391 | 244.76  |
| 21 | 256.018 | 256.599 | 267.466 | 256.803 |
| 22 | 264.388 | 267.765 | 276.701 | 268.359 |
| 23 | 273.28  | 276.54  | 288.271 | 276.93  |
| 24 | 284.244 | 284.532 | 300.083 | 287.712 |
| 25 | 292.856 | 295.408 | 309.23  | 296.525 |
| 26 | 303.323 | 305.602 | 320.405 | 305.272 |
| 27 | 312.59  | 316.48  | 332.144 | 318.354 |
| 28 | 320.588 | 324.935 | 340.634 | 328.497 |
| 29 | 330.276 | 336.419 | 349.903 | 336.536 |
| 30 | 340.357 | 344.531 | 357.443 | 347.955 |
| 31 | 348.587 | 352.627 | 368.205 | 356.188 |
| 32 | 358.266 | 360.645 | 375.988 | 364.234 |
| 33 | 366.752 | 368.516 | 383.524 | 371.425 |
| 34 | 373.388 | 376.677 | 390.611 | 378.689 |
| 35 | 380.957 | 384.545 | 396.38  | 384.955 |
| 36 | 388.574 | 392.288 | 401.965 | 392.408 |
| 37 | 396.726 | 399.475 | 407.874 | 398.073 |
| 38 | 404.598 | 405.807 | 412.461 | 404.019 |
| 39 | 412.875 | 412.769 | 417.75  | 408.039 |
| 40 | 420.288 | 420.341 | 422.63  | 412.134 |
| 41 | 426.482 | 424.903 | 426.628 | 415.627 |
| 42 | 432.812 | 432.223 | 429.411 | 420.295 |
| 43 | 440.208 | 436.03  | 432.962 | 424.594 |
| 44 | 442.969 | 439.396 | 436.27  | 431.072 |
| 45 | 448.646 | 444.154 | 439.411 | 435.805 |
| 46 | 455.78  | 452.567 | 444.719 | 440.32  |
| 47 | 460.663 | 460.805 | 451.786 | 444.382 |
| 48 | 467.824 | 464.723 | 456.278 | 448.633 |
| 49 | 472.805 | 467.82  | 460.473 | 454.186 |
| 50 | 479.311 | 472.397 | 466.537 | 458.189 |
| 51 | 484.464 | 480.188 | 472.378 | 461.334 |
| 52 | 488.984 | 486.594 | 476.807 | 467.887 |
| 53 | 496.026 | 492.466 | 482.176 | 472.654 |
| 54 | 500.465 | 499.291 | 487.134 | 479.485 |
| 55 | 504.707 | 506.951 | 492.553 | 484.556 |
| 56 | 509.153 | 512.922 | 498.51  | 491.573 |
| 57 | 514.837 | 520.427 | 504.269 | 496.394 |
| 58 | 520.43  | 525.119 | 510.46  | 500.548 |
| 59 | 524.573 | 531.788 | 517.492 | 507.126 |
| 60 | 528.512 | 536.495 | 524.623 | 512.367 |
| 61 | 532.831 | 541.266 | 532.244 | 518.191 |
| 62 | 539.812 | 548.259 | 540.058 | 524.125 |

|     |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|
| 63  | 544.643  | 552.708  | 547.24   | 528.735  |
| 64  | 552.074  | 560.254  | 553.708  | 535.192  |
| 65  | 557.322  | 564.725  | 564.139  | 540.517  |
| 66  | 564.234  | 571.343  | 571.989  | 546.742  |
| 67  | 568.841  | 576.311  | 576.533  | 552.564  |
| 68  | 575.598  | 581.393  | 580.954  | 557.037  |
| 69  | 580.898  | 588.545  | 587.99   | 563.903  |
| 70  | 588.878  | 596.34   | 592.417  | 568.756  |
| 71  | 596.522  | 601.331  | 597.575  | 575.835  |
| 72  | 603.474  | 608.682  | 605.399  | 580.522  |
| 73  | 610.155  | 616.413  | 612.995  | 587.002  |
| 74  | 619.347  | 624.107  | 622.118  | 592.245  |
| 75  | 627.887  | 632.549  | 628.772  | 600.044  |
| 76  | 633.515  | 640.952  | 636.928  | 605.681  |
| 77  | 640.472  | 651.419  | 644.993  | 615.671  |
| 78  | 648.581  | 659.102  | 655.723  | 623.365  |
| 79  | 658.915  | 668.294  | 664.395  | 630.539  |
| 80  | 667.35   | 677.253  | 676.215  | 640.644  |
| 81  | 675.581  | 687.993  | 685.814  | 652.655  |
| 82  | 683.859  | 699.882  | 699.507  | 664.771  |
| 83  | 694.196  | 711.217  | 714.932  | 675.677  |
| 84  | 705.283  | 722.896  | 728.222  | 684.509  |
| 85  | 719.13   | 736.597  | 740.314  | 694.567  |
| 86  | 731.727  | 751.799  | 755.16   | 707.057  |
| 87  | 744.773  | 775.136  | 771.145  | 719.993  |
| 88  | 760.761  | 800.402  | 789.338  | 732.268  |
| 89  | 776.794  | 831.077  | 807.654  | 746.922  |
| 90  | 800.157  | 857.881  | 830.652  | 764.733  |
| 91  | 829.952  | 886.718  | 849.808  | 786.063  |
| 92  | 859.401  | 920.631  | 881.259  | 804.531  |
| 93  | 894.104  | 949.913  | 909.933  | 831.689  |
| 94  | 934.155  | 982.355  | 953.086  | 855.631  |
| 95  | 992.57   | 1027.694 | 1004.767 | 889.232  |
| 96  | 1050.527 | 1082.434 | 1056.931 | 922.211  |
| 97  | 1158.136 | 1158.944 | 1116.227 | 957.431  |
| 98  | 1286.351 | 1282.302 | 1216.218 | 1004.98  |
| 99  | 1478.674 | 1463.135 | 1374.798 | 1082.93  |
| 100 | 1760.699 | 1664.808 | 1647.219 | 1212.643 |

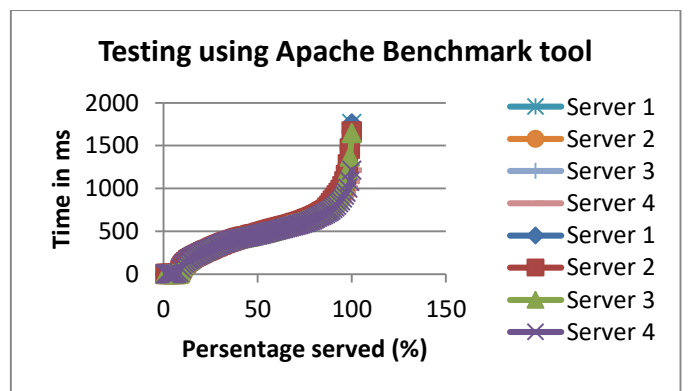


Figure 2 Stress test using apache benchmark tool

## V. KESIMPULAN

Analisis hasil uji pada perangkat keras yang digunakan di prototipe pusat data dengan sistem komputasi awan telah berjalan dengan baik. Hasil pengujian kinerja untuk kinerja di atas lapisan server virtual OpenStack juga telah menunjukkan kinerja yang baik. Hasil pengujian pada kinerja RAM (*Random Access Memory*), yaitu pengujian kinerja, menunjukkan bahwa kapasitas RAM yang lebih besar akan berfungsi lebih cepat. Ini ditunjukkan oleh waktu yang dibutuhkan untuk melakukan tes lebih pendek.

#### REFERENSI

- [1] B. Furht and A. Escalante, *Handbook of Cloud Computing*, New York: Springer, 2010.
- [2] D. C. Marinescu, *Cloud Computing Theory and Practice*, Waltham: Elsevier, 2013.
- [3] N. Antonopoulos and L. Gillam, *Cloud Computing Principles, Systems and Applications*, Verlag: Springer, 2010.
- [4] K. Jackson, C. Bunch and E. Sigler, *OpenStack Cloud Computing Cookbook*, Birmingham: Packt Publishing, 2015.
- [5] T. Fajrin, "Analisis Sistem Penyimpanan Data Menggunakan Sistem Cloud Computing Studi Kasus SMK N 2 Karanganyar," *IJNS – Indonesian Journal on Networking and Security*, vol. 1, no. 1, pp. 31-35, 2012.
- [6] A. A. Ginting, A. Virgono and B. Irawan, "Perancangan dan Implementasi Server untuk Sistem Komputasi Awan di Intranet Kampus Institut Teknologi Telkom," in *Seminar Nasional Informatika 2013*, Yogyakarta, 2013.
- [7] W. S. Prabowo, M. H. Muslim and S. B. Iryanto, "Pusat Data Virtual Pemerintahan Berbasis Komputasi Awan (Studi Empiris pada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Komunikasi dan Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 1-12, 2015.
- [8] M. Fathurahman and K. Ramli, "Efisiensi Kinerja Pengelolaan Energi pada Arsitektur Data Center Komputasi Awan Menggunakan Greencloud," *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 6-14, 2012.
- [9] H. Al Fatta and R. Marco, "Analisis Pengembangan dan Perancangan Sistem Informasi Akademik Smart Berbasis Cloud Computing pada Sekolah Menengah Umum Negeri (SMUN) di Daerah Istimewa Yogyakarta," *Jurnal Telematika*, vol. 8, pp. 63-91, 2015.
- [10] V. Salapura, "Cloud Computing: Virtualization and Resiliency for Data Center Computing," IEEE, New York, 2012.
- [11] M. K. A. M. Alnazir, A. B. A, H. A. Ali and A. A. Omer Yousif, "Performance Analysis of Cloud Computing for Distributed Data Center using Cloud-SIM," in *International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering*, Khartoum, 2017.
- [12] C. Xu, B. Duan, H. Xu and Q. Tian, "A Data Center research based on Cloud computing," in *International Conference on Computer Science and Network Technology*, Gansu, 2011.