

# Analisis Kinerja Simulator Komputasi Awan *Cloudsim* dengan Konfigurasi Perubahan *Virtual Machine*

M. Fajar Wirayudha<sup>1</sup>, Ahmad Satriadi<sup>1</sup>, Giri Wahyu Wiriasto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro – Universitas Mataram, 83127 – Lombok, Indonesia

---

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received January 17, 2024

Revised March 20, 2024

Accepted March 27, 2024

### Keywords:

Cloud Computing

Cloudsim

Simulation

Virtual Machine

## ABSTRACT

Cloud computing simulation plays a crucial role in understanding and optimizing system performance before implementation. This research focuses on analyzing the performance of CloudSim simulation by varying virtual machine (VM) parameters. The altered parameters include processor speed (MIPS), RAM size, and CPU count. The research objective is to comprehend the impact of these changes on overall cloud system performance. The experimental method involves initializing CloudSim, creating data centers and brokers, and configuring VMs and cloudlets. Simulation results are analyzed to reveal the relationship between VM parameters and cloudlet execution time. This study aims to provide practical guidelines for optimizing VM configurations in cloud environments, enhancing system efficiency and responsiveness. The research findings have implications for the development of more adaptive and effective cloud systems in the future, serving as a foundation for further advancements in this field. In the experiments, it was demonstrated that changes in MIPS values of 100, 200, and 500 affect the number of cloudlets between 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, and 8. The larger the MIPS value used, the fewer cloudlets can be executed. Similarly, in the experiment on the influence of CPUs on cloudlets, the greater the number of CPUs used, the fewer cloudlets can be executed.

---

## Corresponding Author:

Giri Wahyu Wiriasto, Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram, Jalan Majapahit 63 Kota Mataram, 83127 - Lombok, Indonesia

Email: [giriwahyuwiriasto@unram.ac.id](mailto:giriwahyuwiriasto@unram.ac.id)

---

## 1. PENDAHULUAN

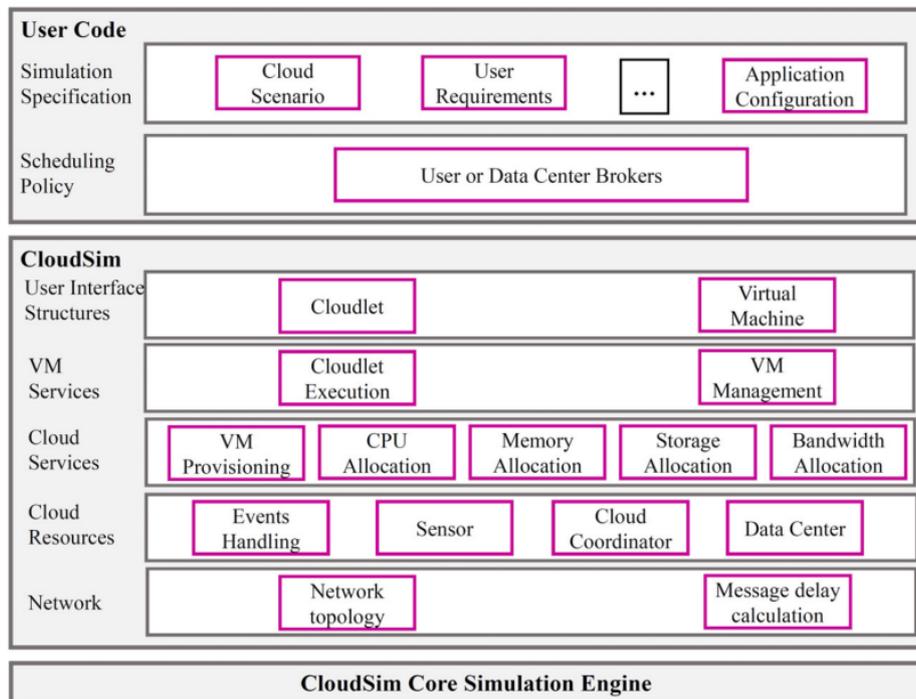
Dalam era transformasi digital, teknologi komputasi awan menjadi fondasi utama bagi berbagai aplikasi dan layanan. Simulasi menjadi alat yang sangat berharga untuk memahami dan mengoptimalkan kinerja sistem awan sebelum implementasi di lingkungan nyata. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam terhadap kinerja simulasi CloudSim dengan memfokuskan perhatian pada perubahan parameter virtual machine (VM) [1]. Teknologi komputasi awan telah menjadi katalisator utama untuk percepatan inovasi di berbagai sektor, mulai dari bisnis hingga penelitian. Pemodelan dan simulasi sistem awan menjadi penting untuk memahami bagaimana parameter sistem, khususnya virtual machine, dapat memengaruhi kinerja secara keseluruhan. Dengan memanfaatkan alat simulasi seperti CloudSim [2], penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang mendalam tentang dampak variasi parameter VM terhadap efisiensi dan responsivitas sistem awan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis bagaimana perubahan pada virtual machine, seperti kecepatan prosesor (MIPS), ukuran RAM, dan jumlah CPU, dapat mempengaruhi kinerja sistem awan yang dijalankan di atas platform CloudSim. Analisis ini diharapkan dapat memberikan panduan yang lebih baik dalam pemilihan dan konfigurasi VM agar sesuai dengan kebutuhan spesifik lingkungan awan [3]. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas dan kebutuhan aplikasi di era digital ini, penting bagi penyedia layanan awan dan pengelola sistem untuk dapat memilih dan mengonfigurasi VM dengan optimal. Parameter VM seperti kecepatan prosesor (MIPS), ukuran RAM, dan jumlah CPU memiliki dampak signifikan pada kinerja sistem awan [4]. Oleh karena itu, pemahaman

mendalam tentang bagaimana perubahan pada parameter ini memengaruhi kinerja keseluruhan menjadi esensial dalam merancang dan mengelola lingkungan awan yang efisien.

## 2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

### 2.1. Arsitektur Cloudsim

Arsitektur: Gambar 1 menunjukkan struktur CloudSim yang terdiri dari tiga lapisan utama: (1) Kode Pengguna yang menyediakan parameter konfigurasi untuk host, cloudlet, Mesin Virtual (VM), jumlah pengguna, dan algoritma penjadwalan broker, (2) Cloudsim yang mengelola eksekusi elemen inti seperti cloudlet dan pusat data selama simulasi, dan (3) inti CloudSim mesin simulasi yang memodelkan antrian dan komunikasi antar komponen[5].



Gambar 1 Arsitektur Cloudsim [6]

## 3. Hasil dan Pembahasan

Program ini menunjukkan penggunaan CloudSim Toolkit untuk mensimulasikan komputasi awan. Program ini menginisialisasi CloudSim, pusat data, broker, empat VM, dan delapan cloudlet dengan variasi sumber daya. Setiap cloudlet ditempatkan di VM tertentu. Program ini menjalankan simulasi dan menampilkan detail seperti ID, status, dan waktu eksekusi.

### 3.1. Algoritma dan program simulasi cloudsim

CloudSim merupakan toolkit simulasi yang dirancang khusus untuk komputasi awan dan sistem terdistribusi. Berikut ini merupakan langkah yang dilakukan untuk menjalankan script dasar dari cloudsim adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi CloudSim dengan jumlah pengguna, objek kalender untuk menangani waktu, dan status pelacakan kejadian.
2. Pembuatan Datacenter dengan nama "Datacenter\_0".
3. Pembuatan Broker.

4. Pembuatan empat mesin virtual (VM) dengan deskripsi yang telah ditentukan. Setiap VM memiliki ID, jumlah MIPS (Million Instructions Per Second), ukuran, RAM, bandwidth, jumlah CPU, dan jenis Virtual Machine Monitor (VMM) yang digunakan.
5. Penambahan keempat VM ke dalam daftar vmlist.
6. Pengiriman daftar VM ke broker.
7. Pembuatan delapan cloudlet dengan properti yang telah ditentukan, seperti ID, jumlah CPU yang dibutuhkan, panjang, dan ukuran file.

Berikut script dasar program cloudsims yang telah dimodifikasi untuk menjalankan skenario pengujian yang dilakukan dalam percobaan,

```
public static void main(String[] args) {
    Log.println("Starting CloudSimExample2...");

    // Langkah pertama: Inisialisasi paket CloudSim.
    int num_user = 1;
    Calendar calendar = Calendar.getInstance();
    boolean trace_flag = false;
    CloudSim.init(num_user, calendar, trace_flag);

    // Langkah kedua: Membuat Datacenter
    Datacenter datacenter0 = createDatacenter("Datacenter_0");

    // Langkah ketiga: Membuat Broker
    DatacenterBroker broker = createBroker();
    int brokerId = broker.getId();

    // Langkah keempat: Membuat empat mesin virtual (VM)
    ArrayList<Vm> vmlist = new ArrayList<Vm>();

    // Deskripsi VM
    int vmid = 0;
    int mips = 500;
    long size = 10000; //ukuran gambar (MB)
    int ram = 512; //vm memory (MB)
    long bw = 1000;
    int pesNumber = 1; //jumlah CPU
    String vmm = "Xen"; //nama VMM

    // Membuat 4 VM
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        Vm vm = new Vm(vmid, brokerId, mips, pesNumber, ram + (i * 256), bw, size
* (i + 1), vmm, new CloudletSchedulerTimeShared());
        vmlist.add(vm);
        vmid++;
    }

    // Mengirimkan daftar vm ke broker
    broker.submitVmList(vmlist);

    // Langkah kelima: Membuat delapan Cloudlet
    ArrayList<Cloudlet> cloudletList = new ArrayList<Cloudlet>();

    // Cloudlet properties
    int id = 0;
    pesNumber = 1;
    long length = 250000;
    long fileSize = 300;
    long outputSize = 300;
    UtilizationModel utilizationModel = new UtilizationModelFull();

    // Membuat 3 Cloudlet
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
```

```

Cloudlet cloudlet = new Cloudlet(id, length, pesNumber, fileSize,
outputSize, utilizationModel, utilizationModel);
cloudlet.setUserId(brokerId);
cloudletList.add(cloudlet);
id++;
}
}

```

Pada inialisasi *CloudSim*, dirancang algoritma satu pusat data dengan satu host yang memiliki satu CPU/Core, kemudian membuat satu *broker* sebagai perantara, dan empat mesin virtual (VM) dengan konfigurasi berbeda. Delapan *cloudlet* juga dibuat dengan panjang pekerjaan dan jumlah CPU yang berbeda. Setiap *cloudlet* diikat ke VM tertentu, menunjukkan alokasi sumber daya yang ditentukan. Setelah mempersiapkan semua entitas, simulasi dimulai dan hasilnya ditampilkan, termasuk ID cloudlet, status, pusat data ID, VM ID, waktu eksekusi, waktu mulai, dan waktu selesai. Skrip program ini memberikan pemahaman dasar tentang penggunaan *CloudSim* untuk simulasi cloud computing, dan dapat dijadikan dasar untuk pengembangan simulasi yang lebih kompleks di masa mendatang [7].

### 3.2. Hasil simulasi

Untuk simulasi *cloudsim* yang dilakukan akan diukur dari beberapa parameter yaitu mips, RAM dan jumlah CPU terdapat pada bagian program [8].

```

//deskripsi VM
int vmid = 0;
int mips = 100;
long size = 10000; //ukuran gambar (MB)
int ram = 512; //vm memory (MB)
long bw = 1000;
int pesNumber = 1; //jumlah CPU
String vmm = "Xen"; //nama VMM

```

1. Paramater *mips* diubah dan parameter lain tetap

Mips = 100

```

===== OUTPUT =====
Cloudlet ID   STATUS   Data center ID   VM ID   Time   Start Time   Finish Time
3             SUCCESS   2                 3       1250   0.1          1250.1
7             SUCCESS   2                 3       1250   0.1          1250.1
1             SUCCESS   2                 1       2500   0.1          2500.1
5             SUCCESS   2                 1       2500   0.1          2500.1
0             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
4             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
2             SUCCESS   2                 2       10000  0.1          10000.1
6             SUCCESS   2                 2       10000  0.1          10000.1
CloudSimExample2 finished!

```

Gambar 2 Hasil simulasi pada saat Mips (100)

Pada gambar 2 dapat dilihat Ketika mips bernilai 100 maka 8 cloudlet dengan 4 virtual machine akan sukses dijalankan dengan waktu pemrosesan yang bervariasi.

Mips = 200

```

===== OUTPUT =====
Cloudlet ID   STATUS   Data center ID   VM ID   Time   Start Time   Finish Time
1             SUCCESS   2                 1       1250   0.1          1250.1
5             SUCCESS   2                 1       1250   0.1          1250.1
0             SUCCESS   2                 0       2500   0.1          2500.1
4             SUCCESS   2                 0       2500   0.1          2500.1
2             SUCCESS   2                 2       5000   0.1          5000.1
6             SUCCESS   2                 2       5000   0.1          5000.1
CloudSimExample2 finished!

```

Gambar 3 Hasil simulasi pada saat Mips (200)

Pada gambar 3 dapat dilihat ketika mips bernilai 100 dari 8 cloudlet dengan 4 virtual machine hanya 6 cloudlet yang sukses dijalankan ini karena pada VM3 pemrosesan yang dilakukan gagal. Ketika Anda meningkatkan nilai MIPS, VM akan memiliki kapasitas pemrosesan yang lebih besar. Namun, hal ini juga dapat berdampak pada alokasi sumber daya di host fisik. Jika host fisik tidak memiliki kapasitas pemrosesan yang cukup untuk menangani VM dengan nilai MIPS yang tinggi, alokasi VM dapat gagal, yang tercermin dalam pesan "Allocation of VM to Host failed by MIPS." Ketika menggunakan nilai MIPS yang lebih tinggi, VM membutuhkan lebih banyak sumber daya dari host fisik, seperti CPU, untuk menjalankan instruksi yang lebih banyak. Jika sumber daya host fisik tidak mencukupi, VM tidak dapat dialokasikan, dan inilah yang menyebabkan kegagalan alokasi.

Mips = 500

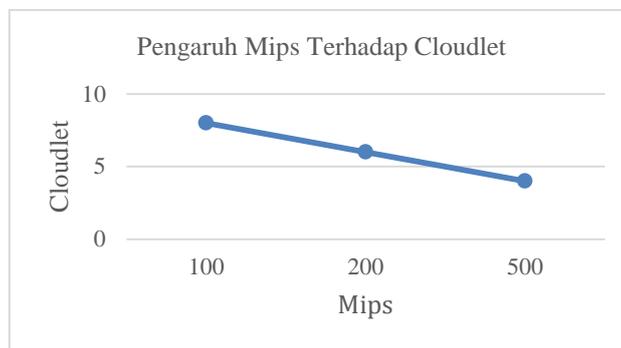
```

===== OUTPUT =====
Cloudlet ID   STATUS   Data center ID   VM ID   Time   Start Time   Finish Time
0             SUCCESS   2                 0       1000   0.1          1000.1
4             SUCCESS   2                 0       1000   0.1          1000.1
2             SUCCESS   2                 2       2000   0.1          2000.1
6             SUCCESS   2                 2       2000   0.1          2000.1
CloudSimExample2 finished!

```

Gambar 4 Hasil simulasi pada saat Mips (500)

Pada gambar 4 dapat dilihat ketika mips bernilai 500 dari 8 cloudlet dengan 4 virtual machine hanya 4 cloudlet yang sukses dijalankan ini karena pada VM3 dan VM1 pemrosesan yang dilakukan gagal. Ketika Anda meningkatkan nilai MIPS, VM akan memiliki kapasitas pemrosesan yang lebih besar. Namun, hal ini juga dapat berdampak pada alokasi sumber daya di host fisik. Jika host fisik tidak memiliki kapasitas pemrosesan yang cukup untuk menangani VM dengan nilai MIPS yang tinggi, alokasi VM dapat gagal, yang tercermin dalam pesan "Allocation of VM to Host failed by MIPS". Ketika menggunakan nilai MIPS yang lebih tinggi, VM membutuhkan lebih banyak sumber daya dari host fisik, seperti CPU, untuk menjalankan instruksi yang lebih banyak. Jika sumber daya host fisik tidak mencukupi, VM tidak dapat dialokasikan, dan inilah yang menyebabkan kegagalan alokasi.



Gambar 5 Pengaruh Mips Terhadap Cloudlet

Berdasarkan pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara skor MIPS dengan jumlah Cloudlet yang berhasil dijalankan. Jika nilai MIPS semakin tinggi, maka jumlah Cloudlet yang dapat berhasil dijalankan akan semakin berkurang. Hal ini terjadi karena peningkatan nilai MIPS menuntut lebih banyak sumber daya dari host fisik, yang mungkin tidak selalu tersedia dalam jumlah yang memadai untuk mendukung operasi Cloudlet yang lebih banyak.

2. Paramater RAM diubah dan parameter lain tetap.

RAM = 512

```

===== OUTPUT =====
Cloudlet ID   STATUS   Data center ID   VM ID   Time   Start Time   Finish Time
3             SUCCESS   2                 3       1250   0.1          1250.1
7             SUCCESS   2                 3       1250   0.1          1250.1
1             SUCCESS   2                 1       2500   0.1          2500.1
5             SUCCESS   2                 1       2500   0.1          2500.1
0             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
4             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
2             SUCCESS   2                 2       10000  0.1          10000.1
6             SUCCESS   2                 2       10000  0.1          10000.1
CloudSimExample2 finished!

```

Gambar 6 Hasil simulasi pada saat RAM (512)

Pada gambar 6 dapat dilihat Ketika RAM bernilai 512 maka 8 cloudlet dengan 4 virtual machine akan sukses dijalankan yang berarti akomodasi atau pembagian memori berjalan dengan baik dan memenuhi kebutuhan untuk setiap virtual machine yang dibuat dengan waktu pemrosesan yang bervariasi.

RAM = 1024

```

===== OUTPUT =====
Cloudlet ID   STATUS   Data center ID   VM ID   Time   Start Time   Finish Time
1             SUCCESS   2                 1       2500   0.1          2500.1
5             SUCCESS   2                 1       2500   0.1          2500.1
0             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
4             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
CloudSimExample2 finished!

```

Gambar 7 Hasil simulasi pada saat RAM (1024)

Pada gambar 7 dapat dilihat Ketika RAM bernilai 1024 dari 8 cloudlet dengan 4 virtual machine hanya 4 cloudlet yang sukses dijalankan ini karena pada VM3 dan VM4 pemrosesan yang dilakukan gagal. Kapasitas Memori VM yang Terbatas VM mungkin memiliki kapasitas memori yang tidak mencukupi untuk menangani cloudlet tertentu setelah perubahan RAM. Misalnya, cloudlet dengan kebutuhan memori yang lebih besar mungkin tidak dapat diakomodasi oleh VM yang kapasitas memorinya telah digunakan oleh cloudlet lain.

RAM = 2048

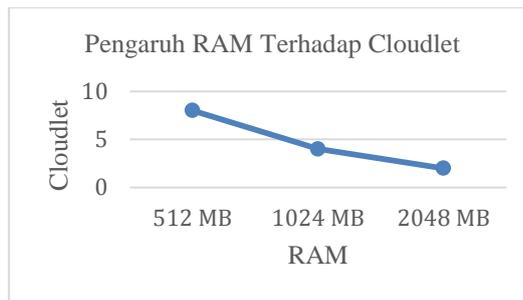
```

===== OUTPUT =====
Cloudlet ID   STATUS   Data center ID   VM ID   Time   Start Time   Finish Time
0             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
4             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
CloudSimExample2 finished!

```

Gambar 8 Hasil simulasi pada saat RAM (2048)

Pada gambar 6 dapat dilihat Ketika RAM bernilai 2048 dari 8 cloudlet dengan 4 virtual machine hanya 2 cloudlet yang sukses dijalankan ini karena pada VM2, VM3 dan VM4 pemrosesan yang dilakukan gagal. Kapasitas Memori VM yang Terbatas VM mungkin memiliki kapasitas memori yang tidak mencukupi untuk menangani cloudlet tertentu setelah perubahan RAM.



Gambar 9 Pengaruh RAM Terhadap Cloudlet

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa peningkatan kapasitas RAM dari 512MB ke 1024MB dan 2048 mengakibatkan penurunan jumlah Cloudlet yang berhasil dijalankan. Meskipun peningkatan RAM diharapkan meningkatkan kapasitas pemrosesan, realitanya alokasi memori mungkin tidak optimal, memungkinkan beberapa VM menguasai sumber daya dan menghambat VM lain dalam memproses cloudlet yang memerlukan memori lebih besar. Sehingga, meskipun kapasitas memori meningkat, alokasi yang kurang efisien dapat menghambat operasi virtualisasi yang efektif.

### 3. Jumlah CPU diubah dan parameter lain tetap

Jumlah CPU = 1

```
===== OUTPUT =====
Cloudlet ID   STATUS   Data center ID   VM ID   Time   Start Time   Finish Time
3             SUCCESS   2                 3       1250   0.1          1250.1
7             SUCCESS   2                 3       1250   0.1          1250.1
1             SUCCESS   2                 1       2500   0.1          2500.1
5             SUCCESS   2                 1       2500   0.1          2500.1
0             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
4             SUCCESS   2                 0       5000   0.1          5000.1
2             SUCCESS   2                 2       10000  0.1          10000.1
6             SUCCESS   2                 2       10000  0.1          10000.1
CloudSimExample2 finished!
```

Gambar 10 Hasil simulasi pada jumlah CPU 1

Jumlah CPU = 2

```
===== OUTPUT =====
Cloudlet ID   STATUS   Data center ID   VM ID   Time   Start Time   Finish Time
1             SUCCESS   2                 1       1250   0.1          1250.1
5             SUCCESS   2                 1       1250   0.1          1250.1
0             SUCCESS   2                 0       2500   0.1          2500.1
4             SUCCESS   2                 0       2500   0.1          2500.1
2             SUCCESS   2                 2       5000   0.1          5000.1
6             SUCCESS   2                 2       5000   0.1          5000.1
CloudSimExample2 finished!
```

Gambar 11 Hasil simulasi pada jumlah CPU 2

Jumlah CPU = 4

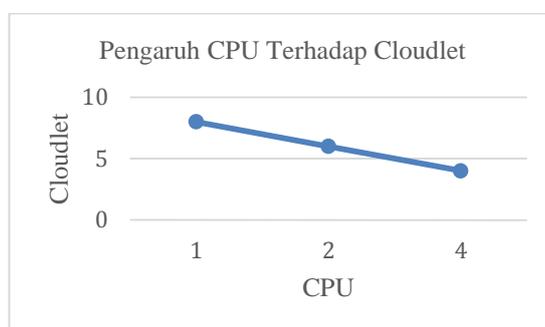
```
===== OUTPUT =====
Cloudlet ID   STATUS   Data center ID   VM ID   Time   Start Time   Finish Time
0             SUCCESS   2                 0       2500   0.1          2500.1
4             SUCCESS   2                 0       2500   0.1          2500.1
2             SUCCESS   2                 2       5000   0.1          5000.1
6             SUCCESS   2                 2       5000   0.1          5000.1
CloudSimExample2 finished!
```

Gambar 11 Hasil simulasi pada jumlah CPU 4

Pada gambar 10, 11 dan 12 terjadi perbedaan output Ketika jumlah CPU bertambah terjadi kegagalan dalam mengeksekusi 8 cloudlet ini dapat disebabkan oleh:

1. Overhead Penjadwalan: Penjadwalan dan alokasi sumber daya mungkin menyebabkan overhead, sehingga tidak semua CPU digunakan secara efisien.
2. Ketersediaan Sumber Daya: Meskipun CPU ditingkatkan, namun ketersediaan sumber daya lain seperti RAM dan bandwidth mungkin menjadi pembatas dalam eksekusi beberapa cloudlet.

Berdasarkan Gambar 12 dapat disimpulkan bahwa peningkatan jumlah CPU dari 1 menjadi 2 dan 4 menghasilkan perubahan dalam eksekusi cloudlet, di mana 6 cloudlet berhasil dijalankan saat CPU berjumlah 2 dan 4 Cloudlet saat CPU berjumlah 4. Ini menunjukkan bahwa alokasi CPU yang lebih besar memungkinkan untuk pemrosesan yang lebih efisien dan peningkatan dalam menangani beban kerja. Namun, walaupun CPU ditingkatkan, masih ada faktor lain seperti overhead penjadwalan dan ketersediaan sumber daya seperti RAM dan bandwidth yang dapat mempengaruhi efisiensi total sistem. Sehingga, sementara peningkatan CPU membantu dalam pemrosesan, penting juga untuk mempertimbangkan keseimbangan dan ketersediaan sumber daya lain untuk operasi yang optimal.



Gambar 12 Pengaruh CPU Terhadap Cloudlet

#### 4. Kesimpulan

Peningkatan parameter nilai MIPS, RAM dan jumlah CPU, VM akan memiliki kapasitas pemrosesan yang lebih besar. Namun, hal ini juga dapat berdampak pada alokasi sumber daya di host fisik. Jika host fisik tidak memiliki kapasitas pemrosesan yang cukup untuk menangani VM dengan nilai MIPS yang tinggi, alokasi VM dapat gagal. Ketika menggunakan nilai MIPS, RAM dan jumlah CPU yang lebih tinggi, VM membutuhkan lebih banyak sumber daya dari host fisik, seperti CPU, untuk menjalankan instruksi yang lebih banyak. Jika sumber daya host fisik tidak mencukupi, VM tidak dapat dialokasikan, dan inilah yang menyebabkan kegagalan alokasi. ketika mengurangi nilai MIPS, RAM dan jumlah CPU, VM memerlukan lebih sedikit sumber daya, dan host fisik mampu menangani alokasi VM dengan nilai MIPS yang lebih rendah, yang menyebabkan keberhasilan alokasi. Dalam percobaan ditunjukkan perubahan nilai MIPS 100, 200 dan 500 mempengaruhi jumlah cloudlet antara 1 cloudlet, 2, 3,4,5,6,7 dan 8. Semakin besar nilai MIPS yang digunakan jumlah cloudlet yang dapat dijalankan semakin kecil. Begitu juga pada percobaan pengaruh CPU terhadap cloudlet, semakin besar jumlah CPU yang digunakan, maka semakin sedikit jumlah cloudlet yang dapat dijalankan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Rodrigo, R. Calheiros, A. Beloglazov, Cesar A. F. De Rose, and R. Buyya, "CloudSim: A Toolkit for Modeling and Simulation of Cloud Computing Environments and Evaluation of Resource Provisioning Algorithms", Software: Practice and Experience (SPE), Volume 41, Number 1, Pages: 23-50, ISSN: 0038-0644, Wiley Press, New York, USA, January, 2011.
- [2] Buyya, R., R. Ranjan et al. InterCloud: Utility-oriented Federation of Cloud Computing Environments for Scaling of Application Services. Proceedings of the 10th International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing, Busan, South Korea, 2010, 328-336.

- [3] Calheiros, R., R. Ranjan, A. Beloglazov, C. A. F. De Rose, and R. Buyya. CloudSim: A Toolkit for Modeling and Simulation of Cloud Computing Environments and Evaluation of Resource Provisioning Algorithms. *Software: Practice and Experience (SPE)*, 41, January 2011, Number 1, 23-50, ISSN: 0038-0644, New York, USA, Wiley Press
- [4] N. Mansouri, B. Mohammad Hasani Zade, M.M. Javidi, Hybrid task scheduling strategy for cloud computing by modified particle swarm optimization and fuzzy theory, *Comput. Ind. Eng.* 130 (2019) 597–633.
- [5] B. Wickremasinghe, R.N. Calheiros, R. Buyya, CloudAnalyst: a CloudSim-based visual modeller for analysing cloud computing environments and applications, *Proceedings of the 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, 2010, pp. 446–452.
- [6] R.N. Calheiros, R. Ranjan, A. Beloglazov, C.A.F. De Rose, R. Buyya, CloudSim: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithm, *Softw. Pract. Exp.* 41 (1) (2011) 23–50.
- [7] F. Fakhfakh, H. Hadj Kacem, A. Hadj Kacem, Simulation tools for cloud computing: a survey and comparative study, *Proceedings of the IEEE/ACIS 16th International Conference on Computer and Information Science*, 2017, pp. 221–226.
- [8] F. Fakhfakh, H. Hadj Kacem, A. Hadj Kacem, Simulation tools for cloud computing: a survey and comparative study, *Proceedings of the IEEE/ACIS 16th International Conference on Computer and Information Science*, 2017, pp. 221–226.
- [9] jie jay. 2021. <https://github.com/Cloudslab/cloudsim/releases>. Date accessed: 06 december 2023.