

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMA MYSQL PADA LINGKUNGAN VIRTUALISASI PADA LINUX DEBIAN DAN UBUNTU BERBASIS WEB SERVER NGINX

Atta Zulfahrizan, Muhammad Raffi Akbar Tanjung, Muhammad Zidane Al-Kautsar, Dedy Kiswanto

Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan

Jalan Willem Iskandar, Pasar V Medan Estate, Percut Sei Tuan, Deli Serdang, Indonesia

latifhamzah106@gmail.com

ABSTRAK

Performa basis data MySQL merupakan salah satu aspek krusial dalam pengelolaan aplikasi berbasis web, terutama ketika diimplementasikan pada lingkungan virtualisasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa MySQL yang dijalankan pada dua distribusi Linux, yaitu Debian dan Ubuntu dengan menggunakan web server Nginx. Pengujian dilakukan dalam lingkungan virtualisasi untuk mensimulasikan meliputi pengukuran throughput, latency, dan konsumsi sumber daya sistem seperti CPU dan Memori. Hasil analisis menunjukkan perbedaan signifikan dalam performa MySQL pada kedua sistem operasi tersebut, dimana Debian cenderung lebih stabil dalam menangani beban berat, sementara Ubuntu memberikan respons yang lebih cepat pada skenario beban ringan hingga sedang. Studi ini memberikan wawasan bagi pengembang dan administrator sistem dalam memilih platform yang optimal untuk penerapan MySQL di lingkungan virtualisasi berbasis Nginx. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Linux Debian unggul dalam throughput sebesar 464,02 request per detik dibandingkan Ubuntu dengan 361,85 request per detik. Response time Debian tercatat lebih cepat (11 ms) dibandingkan Ubuntu (28 ms). Penggunaan sumber daya Debian lebih efisien, dengan pemakaian CPU 47,93% dan RAM 2,75%, dibandingkan Ubuntu yang memerlukan CPU 80,7% dan RAM 11,4%. Namun, Ubuntu memiliki kecepatan Disk I/O lebih tinggi sebesar 10.940 KB/s dibandingkan Debian yang hanya mencapai 3.317,48 KB/s.

Kata kunci : MySQL, Virtualisasi, Linux Debian, Linux Ubuntu, Nginx, Performa Basis Data

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah membawa perubahan besar dalam cara sistem manajemen basis data (DBMS) diimplementasikan dan dioptimalkan. MySQL, sebagai salah satu DBMS open-source yang paling populer, sering digunakan untuk mendukung aplikasi berbasis web karena keandalannya dalam mengelola data secara efisien. Perkembangan teknologi informasi yang pesat dalam beberapa dekade terakhir telah membawa banyak perubahan signifikan, terutama dalam dunia pengolahan data dan manajemen basis data. Salah satu komponen penting dalam sistem informasi modern adalah penggunaan sistem manajemen basis data (DBMS) yang handal dan efisien. MySQL, sebagai salah satu DBMS yang paling populer, digunakan secara luas di berbagai sektor, mulai dari aplikasi web hingga perusahaan besar. Kinerja MySQL yang optimal sangat penting untuk memastikan performa aplikasi yang cepat dan responsif, terlebih lagi pada sistem berbasis server yang digunakan oleh berbagai platform.

Seiring dengan perkembangan teknologi, munculnya konsep virtualisasi menjadi salah satu terobosan yang memungkinkan pemanfaatan sumber daya secara lebih efisien. Virtualisasi memungkinkan pembuatan beberapa mesin virtual pada satu perangkat keras fisik yang sama, yang dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan skalabilitas sistem. Teknologi virtualisasi ini sering digunakan dalam

infrastruktur cloud dan aplikasi berbasis web yang memerlukan sumber daya komputasi yang tinggi. Dengan menggunakan virtualisasi, banyak organisasi dapat mengelola server secara lebih fleksibel dan efisien, serta memisahkan berbagai aplikasi atau layanan dalam mesin virtual yang berbeda. Salah satu sistem operasi yang banyak digunakan untuk server virtual adalah Linux, yang dikenal karena kestabilannya, keamanan, dan kemampuannya untuk berjalan di berbagai jenis perangkat keras. Debian dan Ubuntu, sebagai dua distribusi Linux terpopuler, sering kali menjadi pilihan utama dalam pengelolaan server. Debian, yang terkenal dengan kestabilan dan keandalannya, sering digunakan untuk aplikasi server yang memerlukan kinerja tinggi. Di sisi lain, Ubuntu, yang lebih berfokus pada kemudahan penggunaan dan dukungan komunitas, menjadi pilihan bagi banyak pengguna yang mencari distribusi Linux yang lebih user-friendly.

Linux, sebagai sistem operasi open-source, memiliki berbagai distribusi yang sering digunakan pada lingkungan virtualisasi. Debian dan Ubuntu adalah dua distribusi Linux yang populer dengan karakteristik uniknya masing-masing. Debian dikenal karena stabilitasnya, sementara Ubuntu, yang berbasis pada Debian, menawarkan kemudahan penggunaan dan dukungan komunitas yang luas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa MySQL pada lingkungan virtualisasi dengan menggunakan

distribusi Linux Debian dan Ubuntu, khususnya pada infrastruktur berbasis web server Nginx.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa MySQL pada lingkungan virtualisasi dengan menggunakan distribusi Linux Debian dan Ubuntu, khususnya pada infrastruktur berbasis web server Nginx. Analisis ini penting untuk memberikan panduan kepada pengembang sistem dan administrator jaringan dalam memilih platform yang optimal untuk mendukung kinerja aplikasi berbasis web yang menggunakan MySQL sebagai DBMS.

Analisis ini juga bertujuan untuk memberikan panduan bagi para administrator sistem atau pengembang yang ingin memilih distribusi Linux yang paling cocok untuk aplikasi berbasis MySQL yang dijalankan dalam lingkungan virtual, serta memberikan insight mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja MySQL dalam konteks virtualisasi. Penelitian ini tidak hanya bermanfaat dalam konteks aplikasi web berbasis Nginx, tetapi juga dapat diaplikasikan pada berbagai skenario server yang membutuhkan performa tinggi dari sistem manajemen basis data seperti MySQL.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Dasar Sistem Operasi

Sistem operasi (SO) adalah perangkat lunak yang bertindak sebagai penghubung antara pengguna dan perangkat keras computer. Sistem operasi terkenal seperti Windows, Linux, dan macOS mengimplementasikan konsep-konsep ini dengan cara yang berbeda. SO mengelola proses yang berjalan di dalam komputer, termasuk pembuatan, penjadwalan, dan penghentian proses. Ini juga mencakup pengelolaan sinkronisasi dan komunikasi antarproses. SO bertanggung jawab untuk mengelola memori RAM, termasuk alokasi dan dealokasi memori untuk proses yang aktif. [1].

2.2. MySQL

MySQL menyimpan data dalam tabel yang saling terkait, memungkinkan pengguna untuk melakukan query yang kompleks dan mengelola data dengan efisien. MySQL dirancang untuk kecepatan dan efisiensi, dengan kemampuan untuk menangani database besar dan permintaan yang tinggi. [2].

MySQL adalah sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) open-source yang menggunakan Structured Query Language (SQL) untuk mengelola dan mengakses data. [3].

2.3. Debian

Debian adalah salah satu distribusi Linux yang paling tua dan stabil, pertama kali dirilis pada tahun 1993. Ini dikenal karena komitmennya terhadap kebebasan perangkat lunak dan stabilitas. Debian terkenal dengan stabilitasnya, menjadikannya pilihan populer untuk server dan lingkungan produksi. [4].

2.4. Ubuntu

Ubuntu adalah distribusi Linux yang berbasis pada Debian, pertama kali dirilis pada tahun 2004. Ini dirancang untuk kemudahan penggunaan dan aksesibilitas bagi pengguna baru. Ubuntu memiliki siklus rilis yang teratur, dengan versi baru dirilis setiap enam bulan dan versi LTS (Long Term Support) setiap dua tahun, yang didukung selama lima tahun Ubuntu memiliki komunitas yang besar dan aktif, serta dukungan komersial dari Canonical, perusahaan di balik Ubuntu. Ini membuatnya menjadi pilihan yang baik untuk pengguna rumahan dan bisnis. Ubuntu memiliki siklus rilis yang teratur, dengan versi baru dirilis setiap enam bulan dan versi LTS (Long Term Support) setiap dua tahun, yang didukung selama lima tahun. [5].

2.5. Nginx

Nginx adalah web server yang ringan, cepat, dan dirancang untuk menangani koneksi klien secara asinkron. Nginx sering digunakan sebagai server aplikasi, proxy terbalik, atau load balancer. Nginx dirancang untuk menangani banyak permintaan secara bersamaan dengan penggunaan sumber daya yang minimal, menjadikannya pilihan populer untuk situs web dengan lalu lintas tinggi. [6].

2.6. JMeter

Apache JMeter adalah alat open-source yang digunakan untuk pengujian kinerja dan pengujian beban aplikasi. Berikut adalah beberapa poin penting mengenai JMeter. JMeter dirancang untuk menguji berbagai jenis aplikasi, termasuk aplikasi web, layanan web, dan database. Ini memungkinkan pengguna untuk mensimulasikan beban pengguna yang tinggi untuk mengukur kinerja aplikasi. JMeter memiliki antarmuka grafis yang intuitif, memungkinkan pengguna untuk membuat dan mengelola skenario pengujian dengan mudah. Pengguna dapat menambahkan berbagai elemen pengujian, seperti thread groups, samplers, dan listeners. [7].

2.7. Penelitian Terdahulu

- Judul: Analisis Performa MySQL dan NoSQL pada Windows dan Linux.
- Penulis: Budiman S., dkk. (2020).
- Ringkasan: Penelitian ini membandingkan performa MySQL dengan MongoDB pada Windows dan Linux Ubuntu. Pengukuran melibatkan eksekusi kueri dasar seperti SELECT, UPDATE, dan DELETE dengan dataset besar (hingga 1 juta baris data).
- Kesamaan: Penelitian ini Sama-sama membahas performa MySQL di sistem operasi Linux. Melibatkan pengukuran performa pada basis data menggunakan koneksi kueri sebagai parameter uji.
- Perbedaan: Fokus penelitian ini adalah perbandingan MySQL dan MongoDB, bukan lingkungan virtualisasi atau Debian vs Ubuntu.

Dan juga Tidak melibatkan NGINX atau server web dalam pengujian performa.

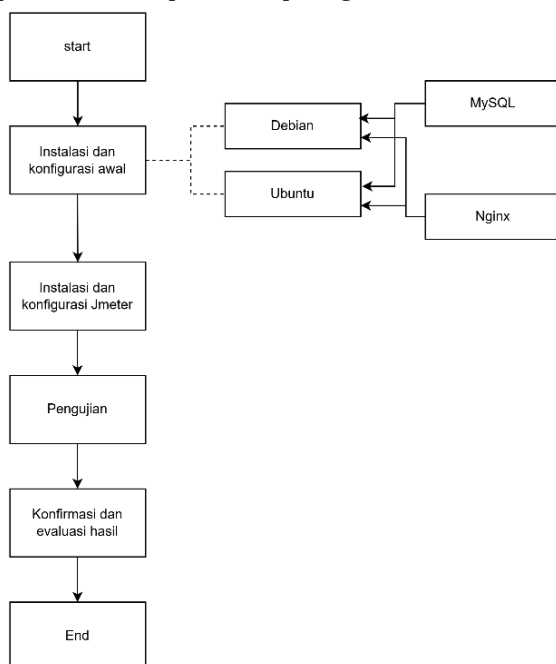
3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, pengujian perbandingan performa dilakukan pada Linux Debian dan Linux Ubuntu sebagai sistem operasi dalam lingkungan virtualisasi menggunakan aplikasi VirtualBox. Lingkungan pengujian dirancang untuk mengukur performa MySQL pada web server Nginx dengan konfigurasi sebagai berikut

- a. Hardware bawaan:
 - Processor: Intel Core I5-10300H
 - Ram: 16 GB (16.384 MB)
- Hardware Virtual:
 - Processor virtual: 4 core
 - Ram Virtual: 4 GB (4096 MB),
- b. Software:
 - Web Server: Nginx
 - Database: MySQL / MariaDB
 - Monitoring Tools: Apache Jmeter (untuk pengujian beban), htop (untuk monitoring CPU dan RAM), dan iotop (untuk monitoring disk I/O).

3.1. Tahapan Pengujian

Tahapan Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart pengujian

Proses pengujian diawali dengan menyiapkan lingkungan virtual menggunakan VirtualBox, sebuah aplikasi yang memungkinkan pembuatan mesin virtual. Dua mesin virtual dengan konfigurasi perangkat keras yang sama, yaitu 4 core CPU dan 4GB RAM, dibuat untuk menginstal Linux Debian dan Linux Ubuntu secara terpisah. Instalasi dilakukan agar kondisi pengujian serupa.

Setelah instalasi sistem operasi selesai, web server Nginx diinstal pada kedua mesin untuk menangani permintaan HTTP. Selain itu, database server juga diinstal untuk mendukung operasi CRUD (Create, Read, Update, Delete). Selama instalasi di Linux Debian, ditemukan kendala bahwa MySQL tidak dapat diinstal, sehingga MariaDB digunakan sebagai alternatif. MariaDB adalah fork dari MySQL dengan fungsi dan kompatibilitas yang serupa.

Tahap berikutnya adalah pembuatan database untuk pengujian, yang dibuat dengan tabel mendukung operasi CRUD. Setelah itu, skrip PHP untuk operasi CRUD dibuat dan ditempatkan di direktori web server Nginx. Skrip ini memungkinkan pengolahan data di database melalui permintaan HTTP dari klien.

Setelah database dan skrip CRUD selesai dibuat, alat pengujian Apache JMeter diinstal. JMeter dikonfigurasi untuk membuat Test Plan guna menguji beban kerja CRUD pada 10.000 data. Test Plan ini menggunakan HTTP Request Sampler dengan 100 thread (user virtual), ramp-up time 20 detik, dan loop count 100, untuk memastikan simulasi beban realistis.

Pengujian dijalankan pada kedua mesin virtual, yaitu Linux Debian dan Linux Ubuntu. Selama pengujian, data seperti throughput, response time, dan resource utilization dicatat. Data ini dianalisis untuk membandingkan performa Linux Debian dan Linux Ubuntu, menentukan efisiensi dalam menangani beban kerja database. Hasil pengujian digunakan untuk menyimpulkan sistem operasi yang lebih optimal.

Penelitian ini fokus pada performa dua sistem operasi Linux, yaitu Linux Debian dan Linux Ubuntu, dalam lingkungan virtualisasi menggunakan VirtualBox. Kedua sistem operasi dikonfigurasi untuk menjalankan web server Nginx dan database MySQL atau MariaDB. Penelitian menitikberatkan pada performa layanan database melalui parameter seperti throughput, response time, dan resource utilization, tanpa mencakup layanan lain dalam sistem operasi tersebut.

Debian adalah salah satu distribusi Linux tertua yang dirilis pada tahun 1993. Dikembangkan oleh komunitas open-source, Debian berfokus pada stabilitas, keamanan, dan kebebasan perangkat lunak. Distribusi ini terkenal karena model pengembangannya yang ketat, menjadikannya pilihan populer untuk server, sistem embedded, dan desktop. Repositorinya yang kaya dan dukungannya untuk banyak platform menjadikan Debian dasar bagi banyak distribusi Linux lainnya, termasuk Ubuntu.

Ubuntu, yang berbasis Debian, pertama kali dirilis oleh Canonical Ltd. pada tahun 2004. Dirancang untuk menawarkan antarmuka yang lebih ramah pengguna, Ubuntu cocok untuk pemula dan pengguna berpengalaman. Distribusi ini memiliki siklus rilis yang teratur dan berfokus pada kemudahan instalasi, dukungan perangkat keras, serta ketersediaan perangkat lunak yang lebih mutakhir dibandingkan dengan Debian. Ubuntu banyak digunakan untuk desktop, server, dan cloud computing, membuatnya

menjadi salah satu distribusi Linux paling populer di dunia.

3.2. Parameter pengujian

Dalam penelitian ini menggunakan parameter pengujian sebagai berikut

a. Throughput

Throughput mengukur jumlah permintaan (request) yang dapat diproses oleh server dalam satuan waktu tertentu, biasanya dalam request per second (req/s). Parameter ini mencerminkan kapasitas server dalam menangani beban kerja.

b. Response time

Response time adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh server untuk merespons permintaan dari klien, yang diukur dari saat permintaan dikirim hingga respons diterima. Waktu ini termasuk waktu pemrosesan di server, waktu komunikasi jaringan, dan pengiriman data.

c. Sample time

Sample time adalah waktu total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu sampel (request) dari awal pengiriman hingga menerima respons lengkap dari server.

d. Latency

Latency adalah waktu yang dibutuhkan untuk mentransfer data yang menunjukkan keterlambatan dalam komunikasi. Latency mengukur seberapa cepat data sampai ke tujuan.

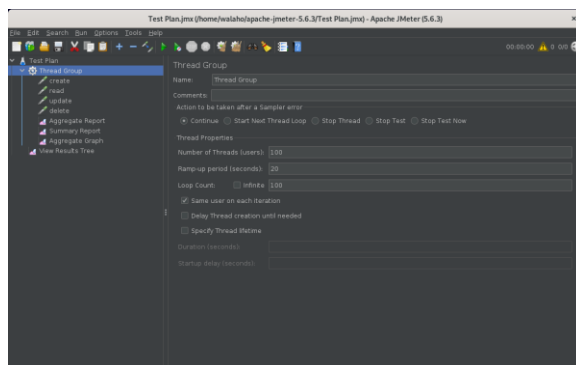
e. Resource utilization

Resource utilization adalah tingkat penggunaan sumber daya sistem, seperti CPU, RAM, dan disk I/O, selama pengujian berlangsung. Parameter ini menunjukkan efisiensi server dalam mengelola sumber dayanya untuk memenuhi permintaan.

3.3. Simulasi pengujian

Simulasi pengujian akan dilakukan pada Apache jmeter dengan jumlah 10.000 data dengan cara membuat test plan dan thread group dengan format pengujian seperti berikut:

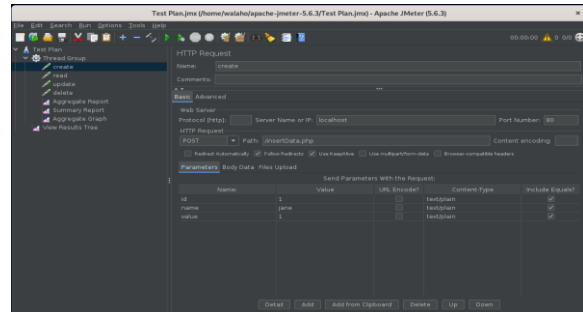
- Jenis pengujian HTTP Request
- Thread / user 100
- Ramp-up 20
- Loop Count 100



Gambar 2. Format pengujian di apache jmeter

Kemudian format pengujian diaplikasikan kepada kedua sistem operasi. Gambar dari format pengujian di apache jmeter dapat dilihat seperti gambar 2.

Pada thread group ditambahkan sampler pengujian berbentuk http request. Penambahan salah satu sampler dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Contoh bentuk pengujian CRUD di apache jmeter

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:

4.1. Skenario Pengujian

Pengujian performa database MySQL/MariaDB dilakukan pada web server Nginx yang berjalan di sistem operasi Linux Ubuntu dan Linux Debian. Metode pengujian menggunakan simulasi HTTP request dengan konfigurasi:

- Total Thread/User: 100
- Ramp-up Time: 20 detik
- Loop: 100 iterasi

Pengujian dilakukan pada simulasi CRUD (Create, Read, Update, Delete) berjumlah masing 10.000 data yang bertotal 40.000 data. Operasi CRUD dilakukan melalui skrip PHP yang di-host di Nginx. Setelah semua selesai dikonfigurasi, dimulai lah pengujian di Jmeter untuk mengukur Throughput, Response Time, Sample Time, dan Latency. Dan dibuka tools iotop dan htop untuk memeriksa penggunaan CPU, Memori, dan juga penggunaan Disk pada Mysql.

4.2. Tabel Pengujian

Total pengujian menghasilkan 10.000 proses CRUD untuk setiap sistem operasi. Hasil pengujian performa ditampilkan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian

Parameter	Nginx	
	Debian	Ubuntu
Throughput (second)	464,02	361,85
Response Time (millisecond)	11	28
Sample Time (millisecond)	11	28
Latency (millisecond)	0	0
CPU %	47,93	80,7
RAM %	2,75	11,4
DISK I/O (KB/s)	3.317,48	10.940

Pada tabel di atas, dapat dilihat hasil pengujian MySQL pada sistem operasi Linux Debian dan Linux Ubuntu. Pada Linux Debian, rata-rata Throughput yang dihasilkan adalah 464,02 per detik, Response Time sebesar 11 milidetik, Sample Time sebesar 11 milidetik, Latency selama 0 milidetik, penggunaan CPU sebanyak 47,93%, penggunaan RAM sebesar 2,75%, dan kecepatan Disk I/O sebesar 3.317,48 KB. Pada Linux Ubuntu, rata-rata Throughput yang dihasilkan adalah 361,85 per detik, Response Time sebesar 28 milidetik, Sample time sebesar 28 milidetik, Latency selama 0 milidetik penggunaan CPU sebesar 80,7%, penggunaan RAM sebesar 11,4%, dan kecepatan Disk I/O sebesar 10.940 KB.

4.3. Hasil Pengujian

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa Linux Debian jauh mengungguli Linux Ubuntu dalam hal Throughput dan Response Time. Selain itu, penggunaan CPU dan RAM pada Linux Debian lebih sedikit dibandingkan Linux Ubuntu, menjadikannya lebih efisien dalam memanfaatkan sumber daya. Penggunaan Disk I/O pada Linux Debian juga jauh lebih rendah dibandingkan dengan Linux Ubuntu.

Berdasarkan data pengujian, Linux Debian menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan Linux Ubuntu dalam menjalankan layanan Nginx. Throughput pada Debian tercatat sebesar 464,02 requests per second, lebih tinggi dibandingkan Ubuntu yang hanya mencapai 361,85 requests per second, dengan selisih sebesar 102,17 requests per second. Dari sisi response time dan sample time, Debian memiliki waktu respon yang jauh lebih cepat, yaitu 11 ms dibandingkan Ubuntu yang membutuhkan 28 ms, menghasilkan selisih 17 ms. Dalam hal Latency keduanya memiliki sebesar 0 ms. Dalam hal efisiensi sumber daya, CPU utilization pada Debian lebih rendah sebesar 47,93% dibandingkan Ubuntu yang mencapai 80,7%, dengan selisih penggunaan CPU sebesar 32,77%. Penggunaan RAM pada Debian juga lebih hemat, hanya 2,75% dibandingkan Ubuntu yang mencapai 11,4%, dengan selisih sebesar 8,65%. Namun, pada parameter Disk I/O, Debian mencatat nilai 3.317,48 KB/s yang lebih rendah dibandingkan Ubuntu dengan 10.940 KB/s, menghasilkan selisih sebesar 7.622,52 KB/s. Data ini menunjukkan bahwa Debian lebih efisien dan memiliki performa yang unggul dalam hampir semua parameter dibandingkan Ubuntu, kecuali pada aktivitas Disk I/O yang lebih rendah.

Dengan keunggulan pada Throughput, Linux Debian memungkinkan Nginx menangani lebih banyak permintaan per detik. Dalam hal Response Time dan Sample Time, Linux Debian membutuhkan waktu lebih sedikit untuk memproses data dibandingkan Linux Ubuntu. Dalam hal Latency, keduanya memiliki hasil yang baik yaitu 0 ms. Penggunaan CPU, RAM, dan Disk I/O yang lebih rendah menunjukkan bahwa Linux Debian lebih efisien dalam Resource Utilization.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian, Linux Debian menunjukkan keunggulan signifikan dibandingkan Linux Ubuntu dalam hal Throughput dengan selisih sebesar 102,17 request per second, Response Time dan Sample Time sebesar 11 ms, hasil yang sama pada Latency, penggunaan CPU sebesar 32,77%, RAM sebesar 8,65%, dan Disk I/O sebesar 7.622,52 KB/s. Hal ini menegaskan bahwa Linux Debian lebih unggul dalam performa dan efisiensi, terutama untuk kebutuhan server dan database. Dan untuk saran Bagi pengguna yang membutuhkan sistem operasi untuk keperluan database dan server dengan performa tinggi dan efisiensi yang optimal, disarankan untuk memilih Linux Debian. Keunggulan yang ditunjukkan dalam pengujian ini memberikan dasar yang kuat untuk menjadikannya pilihan utama dalam lingkungan produksi yang membutuhkan kinerja maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adzimi, S. N., Alfasihi, H. A., Ramadhan, F. N. G., Neyman, S. N., & Setiawan, A. (2024). Implementasi Konfigurasi Firewall dan Sistem Deteksi Intrusi menggunakan Debian. *Journal of Internet and Software Engineering*, 1(4), 12-12.
- [2] Aprianto, M. (2023). Desain Dan Implementasi Intrusion Detection System Menggunakan Debian 7 Dan Snort. *Jurnal Teknologi Pintar*, 3(3).
- [3] Ardana, F., Kanedi, I., & Prasetyo, E. (2023). Time Limit Based Wireless Network Design Using Linux Ubuntu Server 20.04. *Jurnal Komputer Indonesia*, 2(2), 67-78.
- [4] Ginasari, N. L. A. S., Wibawa, K. S., Wirdiani, A., & Kadek, N. (2021). Pengujian Stress Testing API Sistem Pelayanan dengan Apache JMeter. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer*, 2(3), 552-557.
- [5] Husufa, N., & Prihandi, I. (2022). Optimalisasi JMeter pada pengujian performa dengan metode bulk data. *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika*, 4(2), 205-215.
- [6] Rahman, R., Nasrun, A. R., & Rahmi, A. A. (2024). Desain dan implementasi sistem operasi Linux Ubuntu versi 22.04 untuk perlindungan data dari serangan komputasi kuantum. *Bridge: Jurnal Publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*, 2(3), 207-213.
- [7] Riyanto, Hermadi, I., Nurhadryani. (2023). Analisis Uji Performa Aplikasi Dari Hasil Implementasi Refactoring Arsitektur Monolitik Ke Mikroservis dengan Decomposition dan Strangler Pattern. *Jurnal Sistem Cerdas*, 6 (3), 189-203.
- [8] Saputra, P. S., Pratama, P. A., & Tjahyanti, L. P. A. S. (2023). Perancangan dan Komparasi Web Server Nginx dengan Web Server Apache serta Pemanfaatan Reverse Proxy Server pada Nginx. *KOMTEKS*, 2(1).
- [9] Sutara, B., & Gunawan, S. S. G. S. S. (2024).

COMPARATIVE ANALYSIS OF REST API PERFORMANCE BETWEEN EXPRESS. JS FRAMEWORK AND HAPI. JS USING APACHE JMETER. *Jurnal Riset Teknik Informatika*, 1(1), 19-26.

[10] Tonello, J. S. (2022). *Menginstal MariaDB dan Membuat Aplikasi Web Sederhana. Dalam Practical Linux DevOps: Membangun Lab Linux untuk Pengembangan Perangkat Lunak Modern (pp. 171-201). Berkeley, CA: Apress..*