

**PREDIKSI SISTEM AUTO-SCALING PADA *CLOUD PRIVATE* MENGGUNAKAN METODE
AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA)**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH:

ANDREAS BONA FAJAR SINURAT

09011282126115

JURUSAN SISTEM KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**PREDIKSI SISTEM *AUTO-SCALING* PADA *CLOUD PRIVATE*
MENGUNAKAN MODEL *AUTOREGRESSIVE INTEGRATED
MOVING AVERAGE* (ARIMA)**

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Sistem Komputer

Oleh :

ANDREAS BONA FAJAR SINURAT

09011282126115

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Ahmad Heryanto, M.T.

NIP. 198701222015041002

Mengetahui

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.

196612032006041001

AUTHENTICATION PAGE

FINAL TASK

FORECASTING AUTO-SCALING MECHANISM IN PRIVATE CLOUD ENVIRONMENTS USING THE AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) MODEL

As one of the requirements for completing the
Bachelor's Degree Program in Computer Systems

By

ANDREAS BONA FAJAR SINURAT

09011282126115

Advisor 1 : Dr. Ir. Ahmad Heryanto, M.T.

NIP. 198701222015041002

Approved by,

Head of Computer System Department



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.

196612032006041001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Jum'at

Tanggal : 25 Juli 2025

Tim Penguji :

1. Ketua Sidang : Dr. Ahmad Zarkasi, M.T.

2. Penguji Sidang : Aditya Putra Perdana Prasetyo,
S.Kom., M.T.

3. Pembimbing I : Dr. Ir. Ahmad Heryanto, M.T.



Mengetahui, 17/07/25
Ketua Jurusan Sistem Komputer




Dr. Ir. Sukemi, M.T
NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andreas Bona Fajar Sinurat
Nim : 09011282126115
Judul Tugas Akhir : Prediksi Sistem *Auto-Scaling* Pada *Cloud Privat*
Menggunakan Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Hasil pemeriksaan iThenticate/Turnitin : 1%

Menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya Saya sendiri dan tidak mengandung unsur penjiplakan atau plagiat. Saya sepenuhnya menyadari bahwa jika terbukti adanya penjiplakan atau plagiat dalam Laporan Tugas Akhir ini, Saya siap menerima sanksi akademik di Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini Saya buat dengan kesadaran penuh dan tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, 13 Agustus 2025



Andreas Bona Fajar Sinurat

NIM. 09011282126100

FORECASTING AUTO-SCALING MECHANISM IN PRIVATE CLOUD ENVIRONMENTS USING THE AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) MODEL

Andreas Bona Fajar Sinurat (090112821216115)

Undergraduate Computer System, Bachelor of Computer Science.

Sriwijaya University

Email : @andreasbonafajar.s@gmail.com

ABSTRACT

Cloud computing offers flexibility in managing IT resources, particularly through auto-scaling mechanisms that automatically adjust capacity based on workload. In private cloud environments, auto-scaling plays a crucial role in maintaining service availability while minimizing resource waste. However, its effectiveness relies heavily on the system's ability to accurately predict future workloads. This study aims to evaluate three time series forecasting models—ARIMA, Holt's Linear Trend, and Simple Exponential Smoothing (SES)—in predicting CPU usage, RAM usage, and disk activity in a virtualized private cloud system. Historical resource data were analyzed to identify usage patterns. Results indicate that CPU and disk activity data exhibit fluctuating and non-stationary behavior, while RAM usage is relatively stable. The models were evaluated using RMSE, MAE, and MAPE metrics. Evaluation results show that the ARIMA model consistently yields the lowest prediction errors across all datasets. With its higher accuracy compared to the other models, ARIMA is recommended as the primary model to support efficient, responsive, and adaptive auto-scaling in private cloud environments. It effectively captures trend and seasonal patterns in data, enabling better resource allocation, reducing overprovisioning, and avoiding underutilization

Keywords: Cloud Computing, Auto-Scaling, Workload Prediction, ARIMA, Time Series

PREDIKSI SISTEM AUTO-SCALING PADA *CLOUD PRIVATE* MENGUNAKAN METODE *AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA)*

Andreas Bona Fajar Sinurat (090112821216115)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : @andreasbonafajar.s@gmail.com

ABSTRAK

Cloud computing memberikan fleksibilitas dalam pengelolaan sumber daya TI, khususnya melalui mekanisme auto-scaling yang memungkinkan penyesuaian kapasitas secara otomatis berdasarkan beban kerja. Dalam lingkungan cloud privat, auto-scaling berperan penting untuk menjaga ketersediaan layanan tanpa pemborosan sumber daya. Namun, efektivitas auto-scaling sangat bergantung pada kemampuan sistem dalam memprediksi beban kerja di masa depan secara akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tiga model prediksi deret waktu, yaitu ARIMA, Holt's Linear Trend, dan Simple Exponential Smoothing (SES), dalam memprediksi penggunaan CPU, RAM, dan aktivitas disk pada sistem cloud privat berbasis virtualisasi. Data historis dianalisis untuk mengidentifikasi pola penggunaan sumber daya. Hasil menunjukkan bahwa data CPU dan aktivitas disk bersifat fluktuatif dan non-stasioner, sedangkan data RAM cenderung lebih stabil. Model-model diuji menggunakan metrik RMSE, MAE, dan MAPE. Dari hasil evaluasi, model ARIMA secara konsisten memberikan tingkat kesalahan prediksi yang paling rendah di seluruh jenis data. Dengan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan model lainnya, ARIMA direkomendasikan sebagai model utama dalam mendukung sistem auto-scaling yang efisien, responsif, dan adaptif di lingkungan cloud privat. Model ini mampu menangkap pola tren dan musiman dalam data, sehingga dapat mengoptimalkan alokasi sumber daya secara otomatis dan mengurangi risiko pemborosan maupun kekurangan kapasitas.

Kata Kunci: Cloud Computing, Auto-Scaling, Prediksi Beban Kerja, ARIMA, Time Series

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Bona dan berkah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Prediksi Sistem Auto-Scaling Pada Cloud Private Menggunakan Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)”.

Adapun selain itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua sosok yang telah membantu, mendorong, membimbing, mendengarkan keluh kesah, dan merangkul penulis agar tetap berjuang dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Dengan demikian, pada kesempatan ini, izinkan penulis untuk mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa telah memberikan saya kesehatan, berkat, dan rahmat-Nya yang melimpah.
2. Diri sendiri, Dorongan dalam diriku adalah mesin penggerak utamaku. Ada semacam rasa tak tenang yang datang kalau targetku belum tercapai, seakan mengingatkan betapa pentingnya waktu. Aku selalu ingin bergerak maju, tak pernah cukup dengan apa yang ada, didorong oleh ambisi besar untuk selalu selangkah lebih di depan. Rasa ingin tahu yang tak pernah berhenti jadi pemanduku, dan ya, aku suka sekali memberi diriku deadline yang luar biasa ketat itu caraku menantang diri untuk melampaui batas.
3. Moto, “Jadilah Cahaya di Tengah Gelap, Jadilah Suara di Tengah Sunyi.”
4. Orang tua, Papah dan Mamah, serta saudara saya motivasi utama penulis untuk selalu bergerak maju demi sebuah senyuman.
5. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Aditya Putra Perdana P, S.Kom., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Bapak Dr. Ir. Ahmad Heryanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi

brainstorming penulis mengalami kebuntuan, beliau memberikan sejumlah saran yang menjadi jalan keluar bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan hasil yang diinginkan.

8. Teman teman dari grup INGPO Terima kasih banyak untuk semua anggota INGPO! Kebersamaan dan dukungan dari kalian semua sangat berarti. Semoga persahabatan kita langgeng terus, ya
9. Serta seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan dorongan semangat yang tak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih untuk segalanya.

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa pada laporan ini masih banyak kekurangan nya, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang berkenan agar menjadi bahan evaluasi dan laporan ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata penulis ucapkan dan berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat serta dapat memberikan pengetahuan dan wawasan bagi semua pihak yang membutuhkannya. Khususnya mahasiswa/i Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.

Penulis,



Andreas Bona Fajar Sinurat

NIM. 09011282126115

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	I
AUTHENTICATION PAGE	II
HALAMAN PERSETUJUAN.....	III
HALAMAN PERNYATAAN.....	IV
ABSTRACT	V
ABSTRAK	VI
KATA PENGANTAR.....	VII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL.....	XII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan.....	4
1.5. Manfaat	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Peneliti Terdahulu	6
2.2 Cloud Computing	25
2.2.1 Public Cloud.....	26
2.2.2 Private Cloud.....	26
2.2.3 Hybrid Cloud.....	26
2.3 Virtualisasi dan Proxmox.....	27
2.3.1 Jenis-Jenis Virtualisasi	27
2.3.2 Hypervisor.....	27
2.3.4 Proxmox Virtual Environment	28
2.4 Auto Scaling	28
2.4.1 Jenis-Jenis Auto-Scaling.....	30
2.5 Parameter Evaluasi	31
2.5.1 Penggunaan CPU.....	32
2.5.2 Penggunaan RAM	32

2.5.3 Penggunaan Disk.....	33
2.6 Metode ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average).....	34
2.7 Model Simple Exponential Smoothing (SES)	35
2.8 Model Holt's Linear Trend Method	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Kerangka Kerja Penelitian.....	26
3.2 Perancangan Topologi	30
3.3 Implementasi Topologi	30
3.4 Metode Pengumpulan Data	34
3.3.1 Persiapan	36
3.4 Analisis Data.....	40
3.4.1 Persiapan Data	41
3.4.2 Data Preprocessing	56
3.4.3 Stationary Testing.....	66
3.4.4 Identifikasi Model	68
3.5 Spesifikasi Hardware.....	70
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	71
4.1 Penyajian Data Historis	71
4.1.1 Data CPU (Central Processing Unit)	71
4.1.2 Data RAM (Random Access Memory)	72
4.1.3 Data Disk.....	73
4.2 Penerapan Model Evaluasi	74
4.2.1 Data CPU (Central Processing Unit)	75
4.2.2 Data RAM (Random Access Memory)	76
4.2.3 Data Disk Write dan Read.....	78
4.3 Evaluasi Model	79
4.3.1 Mean Absolute Error (MAE).....	80
4.3.2 Root Mean Squared Error (RMSE)	81
4.5 Pemilihan Model Terbaik.....	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Cara Kerja Auto-Scaling	29
Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian	27
Gambar 3.2 Gambaran Alur Model Penelitian	28
Gambar 3.5 Tampilan Proxmox (akses melalui web).....	31
Gambar 3.6 Tampilan VM Autoscaling.....	31
Gambar 3.7 Tampilan Web Grafana	32
Gambar 3.8 Hasil VM yang sudah di create secara otomatis	33
Gambar 3.9 Tampilan Prometheus.....	35
Gambar 3.10 Ekpor data yang tercapture di Grafana.....	36
Gambar 3.11 Data aktivitas CPU yang tercapture	37
Gambar 3.12 Data aktivitas RAM yang tercapture di Grafana	38
Gambar 3.13 Data aktivitas Disk yang tercapture di Grafana	39
Gambar 3.14 Diagram Blok Tahap Analisis Data	40
Gambar 3.15 Data Aktual Busy User tercapture di Grafana.....	46
Gambar 3.16 Tampilan Data CPU dengan Parameter Busy User.....	58
Gambar 3.17 Tampilan Lonjakan CPU dengan Parameter Busy User	59
Gambar 3.18 Tampilan Lonjakan RAM dengan Data Ram Used	62
Gambar 3.19 Tampilan Lonjakan pada Data Disk.....	65
Gambar 4.1 Data Historis Penggunaan CPU	71
Gambar 4.2 Grafik Data Historis Penggunaan RAM.....	72
Gambar 4.3 Grafik Data Historis Penggunaan Disk (Read dan Write Bytes)	74
Gambar 4.4 Penerapan Model pada data CPU	75
Gambar 4.5 Penerapan Model pada data RAM	76
Gambar 4.6 Penerapan Model pada data Disk (write dan read)	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai acuan.....	6
Tabel 2.2 Jenis-jenis Auto-Scaling pada Cloud Computing	30
Tabel 3.1 Data Teratas dan Parameternya.....	42
Tabel 3.2 Data Teratas dan Parameternya.....	47
Tabel 3.3 Data Teratas dan Parameternya.....	51
Tabel 3.4 Deskripsi Data CPU	57
Tabel 3.5 Nilai <i>Missing Value</i>	58
Tabel 3.6 Deskripsi Data RAM.....	60
Tabel 3.7 Missing Value RAM	61
Tabel 3.8 Deskripsi Data Disk	63
Tabel 3.9 <i>Missing Value Disk</i>	64
Tabel 3.10 Uji Stasioneritas CPU	66
Tabel 3.11 Uji Stasioneritas RAM	67
Tabel 3.12 Uji Stasioneritas Disk Read	67
Tabel 3.13 Uji Stasioneritas Disk Write	68
Tabel 3.14 Spesifikasi Hardware	70
Tabel 4.1 Persentase Error dari Ketiga Model	80
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Nilai MAE yang di Dapat.....	81
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai RMSE yang di Dapat	81
Tabel 4.4 Nilai RMSE di Setiap Model	83
Tabel 4.5 Nilai RMSE di Setiap Model	83
Tabel 4.6 Nilai MAE di Setiap Model	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sangat banyak penggunaan teknologi cloud dan bisa dikatakan modem untuk bisnis atau perusahaan di dalam pemeliharaan berbagai sumber daya TI. Cloud computing memiliki fitur untuk menyesuaikan sumber daya secara cepat yang berarti fleksibilitas dan efisiensi perusahaan untuk melayani permintaan pengguna yang bersifat dinamis dapat dicapai.[1] Salah satu tantangan dalam pengelolaan cloud dengan lebih baik adalah, bagi pengguna, mengekalkan berapa sumber daya yang tersedia atau tidak melimpah ataupun mengurangkannya. Salah satu solusi yang diterapkan untuk mengatasi masalah tersebut adalah Auto-scaling. Auto-scaling secara otomatis menyesuaikan jumlah unit sumber daya komputasi yang tersedia dengan permintaan yang ada saat itu.[2] Dengan teknologi tersebut suatu organisasi dapat meminimalkan pengeluaran dan meningkatkan kinerja dari aplikasi yang ada. Akan tetapi sistem auto-scaling akan lebih efektif dan efisien jika ada sistem yang ada dapat memprediksi kapasitas yang dibutuhkan di masa datang.

Prediksi beban kerja merupakan langkah penting dalam pengelolaan auto-scaling. Dengan menganalisis data historis yang terkait dengan beban kerja sistem, kita dapat memprediksi permintaan sumber daya di masa depan. Auto-scaling adalah mekanisme dalam cloud computing yang secara otomatis menyesuaikan jumlah sumber daya komputasi berdasarkan kebutuhan aplikasi atau beban kerja. Dalam cloud private, auto-scaling memungkinkan penambahan atau pengurangan instans server secara dinamis, sehingga aplikasi tetap responsif meskipun terjadi fluktuasi permintaan[3]. Manfaatnya termasuk efisiensi biaya, peningkatan performa, dan ketersediaan layanan, sementara tantangan yang dihadapi meliputi prediksi beban kerja dan pengaturan kebijakan scaling. Dengan menggunakan model seperti ARIMA untuk memprediksi pola beban kerja, organisasi dapat mengelola sumber daya secara lebih efektif dan memastikan biaya operasional tetap optimal[4]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi waktu dan

volume kebutuhan sumber daya adalah model statistik ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). ARIMA telah banyak diterapkan dalam analisis deret waktu (time series) dan dapat menangani berbagai pola dalam data, seperti trend dan musiman, yang sangat relevan untuk prediksi beban kerja yang cenderung bervariasi dari waktu ke waktu.[5]

Penerapan model ARIMA dalam prediksi auto-scaling pada cloud private dapat membawa sejumlah keuntungan. Pertama, model ini memungkinkan sistem untuk memprediksi permintaan sumber daya berdasarkan pola historis, yang memungkinkan pengelolaan kapasitas lebih efisien. Kedua, dengan prediksi yang lebih akurat, sistem auto-scaling dapat mengurangi kesalahan dalam pengalokasian sumber daya dan biaya yang terkait dengan pemborosan atau kekurangan kapasitas.[5]

Penelitian sebelumnya memiliki fokus yang sama dalam hal auto-scaling sumber daya di lingkungan cloud, tetapi pendekatan yang digunakan berbeda. Penelitian sebelumnya menggunakan algoritma berbasis Q-learning, yang merupakan bagian dari pembelajaran penguatan (reinforcement learning), untuk alokasi sumber daya dinamis dalam komputasi awan. Algoritma ini menggabungkan pengkodean ubin adaptif dan peramalan beban kerja untuk meningkatkan efisiensi alokasi sumber daya [4]. Dalam banyak penelitian, termasuk jurnal yang membahas penggunaan auto-scaling pada aplikasi web, fokus utama terletak pada bagaimana sistem dapat menangani fluktuasi permintaan pengguna dengan menambah atau mengurangi instans server secara dinamis seperti yang terdapat pada jurnal [6], [7], [2]. Pendekatan ini biasanya melibatkan pengawasan real-time terhadap beban kerja dan penggunaan algoritma untuk memprediksi kebutuhan sumber daya. Meskipun tidak berfokus pada interaksi pengguna langsung seperti pada aplikasi web, pentingnya efisiensi sumber daya dan responsivitas sistem tetap menjadi kunci. Dengan memanfaatkan model prediktif seperti ARIMA, organisasi dapat meramalkan pola beban kerja dan merespons kebutuhan infrastruktur dengan lebih efektif, mengurangi biaya operasional, dan memastikan ketersediaan layanan yang tinggi. Oleh karena itu, meskipun pendekatan yang digunakan berbeda, prinsip dasar auto-scaling tetap berlaku dan

dapat diadaptasi untuk berbagai jenis aplikasi, termasuk yang tidak berbasis web.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi penerapan model ARIMA dalam prediksi sistem auto-scaling pada cloud private serta untuk mengeksplorasi sejauh mana model ini dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya dan menurunkan biaya operasional dibandingkan dengan pendekatan lainnya.[8]

1.2. Perumusan Masalah

Adapun terdapat perumusan masalah yang di dapatkan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan sumber daya dalam sistem auto-scaling pada cloud privat?
2. Sejauh mana akurasi prediksi yang dihasilkan oleh model ARIMA mempengaruhi efisiensi dan efektivitas sistem auto-scaling dalam mengelola sumber daya di cloud privat?
3. Mengevaluasi Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, adapun batasan masalah yang terdapat dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu: Berdasarkan rumusan masalah di atas, adapun batasan masalah yang terdapat dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Lingkup Penelitian: Penelitian ini terbatas pada penerapan model ARIMA untuk memprediksi kebutuhan sumber daya (CPU dan RAM) dalam sistem auto-scaling pada cloud privat.
2. Data yang Digunakan: Analisis dilakukan menggunakan data pemantauan sumber daya yang diambil dari satu cloud privat, tanpa mempertimbangkan data dari lingkungan cloud publik atau hybrid.

1.4. Tujuan

Adapun terdapat beberapa tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman konseptual dan teknis mengenai mekanisme auto-scaling dalam cloud privat, termasuk bagaimana auto-scaling dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya komputasi berbasis virtualisasi.
2. Menganalisis model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) untuk memprediksi kebutuhan CPU dan RAM dalam sistem auto-scaling di cloud privat.

1.5. Manfaat

Berikut ini adalah beberapa manfaat yang akan didapatkan dari penulisan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Mengimplementasikan Prediktif Auto-Scaling pada lingkungan cloud private.
2. Mengetahui hasil analisis pengimplementasian dari model prediksi yang memungkinkan pengelolaan sumber daya lebih baik dalam sistem auto-scaling.
3. Membantu dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya CPU dan RAM, sehingga mengurangi pemborosan dan biaya operasional.

1.6. Sistematika Penulisan

Disini guna mempermudah penyusunan Tugas Akhir dan juga membuat isi dari setiap bab yang ada pada penelitian Tugas Akhir ini lebih jelas, maka dibuat sistematika penulisan, yaitu sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama berisi tentang penjabaran secara sistematis yang berupa bahasan atau topik dari penelitian, bab pertama ini meliputi latar belakang masalah, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, serta metodologi yang digunakan untuk penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua ini berisi tentang dasar dan kerangka teori, serta kerangka

pikir penelitian, dimana pada bab ini membahas mengenai prediktif auto-scaling, konsep prediktif auto-scaling, metode analisis ARIMA, dan lain sebagainya yang berkaitan langsung terhadap penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ketiga membahas secara sistematis mengenai proses secara bertahap dan terperinci tentang langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, guna mencari, mengumpulkan dan menganalisa data yang dihasilkan selama tahap simulasi terhadap skenario prediktif auto-scaling.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab keempat ini membahas tentang hasil pengujian (eksperimen) dari proses yang telah dilakukan. Serta pada bab ini analisis akan dilakukan sesuai dengan data yang telah dikumpulkan dari hasil pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kelima atau yang terakhir ini berisi tentang kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dan analisa dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Bharanidharan and S. Jayalakshmi, "Predictive Scaling for Elastic Compute Resources on Public Cloud Utilizing Deep Learning based Long Short-term Memory," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 12, no. 10, pp. 73–81, 2021.
- [2] N. Roy, A. Dubey, and A. Gokhale, "Efficient autoscaling in the cloud using predictive models for workload forecasting," *Proc. - 2011 IEEE 4th Int. Conf. Cloud Comput. CLOUD 2011*, pp. 500–507, 2011.
- [3] M. C. Calzarossa, L. Massari, M. I. M. Tabash, and D. Tessera, "Cloud autoscaling for HTTP/2 workloads," *Proc. 2017 Int. Conf. Cloud Comput. Technol. Appl. CloudTech 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1–6, 2017.
- [4] I. John, A. Sreekantan, and S. Bhatnagar, "Auto-scaling Resources for Cloud Applications using Reinforcement learning," *2019 Grace Hopper Celebr. India, GHCI 2019*, 2019.
- [5] S. Zhang, T. Wu, M. Pan, C. Zhang, and Y. Yu, "A-SARSA: A Predictive Container Auto-Scaling Algorithm Based on Reinforcement Learning," *Proc. - 2020 IEEE 13th Int. Conf. Web Serv. ICWS 2020*, pp. 489–497, 2020.
- [6] E. G. Radhika and J. F. Naomi, "Resources for Web applications in Private cloud," *2018 Fourth Int. Conf. Adv. Electr. Electron. Information, Commun. Bio-Informatics*, pp. 1–7.
- [7] J. Novak, S. K. Kasera, and R. Stutsman, "Auto-scaling cloud-based memory-intensive applications," *IEEE Int. Conf. Cloud Comput. CLOUD*, vol. 2020-Octob, pp. 229–237, 2020.
- [8] M. A. S. Netto, C. Cardonha, R. L. F. Cunha, and M. D. Assuncao, "Evaluating auto-scaling strategies for cloud computing environments," *Proc. - IEEE Comput. Soc. Annu. Int. Symp. Model. Anal. Simul. Comput. Telecommun. Syst. MASCOTS*, vol. 2015-Febru, no. February, pp. 187–196, 2015.
- [9] I. Pintye, J. Kovács, and R. Lovas, "Enhancing Machine Learning-Based

- Autoscaling for Cloud Resource Orchestration,” *J. Grid Comput.*, vol. 22, no. 4, 2024.
- [10] E. Golshani and M. Ashtiani, “Proactive auto-scaling for cloud environments using temporal convolutional neural networks,” *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 154, pp. 119–141, 2021.
 - [11] F. Tahir, M. Abdullah, F. Bukhari, K. M. Almustafa, and W. Iqbal, “Online Workload Burst Detection for Efficient Predictive Autoscaling of Applications,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 73730–73745, 2020.
 - [12] S. Zahara and Sugianto, “Multivariate Time Series Forecasting Based Cloud Computing for Consumer Price Index Using Deep Learning Algorithms,” *2020 3rd Int. Semin. Res. Inf. Technol. Intell. Syst. ISRITI 2020*, pp. 338–343, 2020.
 - [13] B. A. Kalinggo and Zulkarnain, “Time series forecasting by hybrid soft computing model,” *2020 Int. Conf. Adv. Comput. Sci. Inf. Syst. ICACSIS 2020*, pp. 53–60, 2020.
 - [14] A. Taik and S. Cherkaoui, “Electrical Load Forecasting Using Edge Computing and Federated Learning,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, vol. 2020-June, 2020.
 - [15] M. Fliess, C. Join, M. Bekcheva, A. Moradi, and H. Mounier, “Easily implementable time series forecasting techniques for resource provisioning in cloud computing,” *2019 6th Int. Conf. Control. Decis. Inf. Technol. CoDIT 2019*, pp. 48–53, 2019.
 - [16] Y. Hu, D. Bo, and P. Fuyang, “Autoscaling prediction models for cloud resource provisioning,” *2016 2nd IEEE Int. Conf. Comput. Commun. ICC 2016 - Proc.*, pp. 1364–1369, 2017.
 - [17] A. Y. Nikraves, S. A. Ajila, and C. H. Lung, “Towards an Autonomic Auto-scaling Prediction System for Cloud Resource Provisioning,” *Proc. - 10th Int. Symp. Softw. Eng. Adapt. Self-Managing Syst. SEAMS 2015*, pp. 35–45, 2015.
 - [18] A. C. Adamuthe, R. A. Gage, and G. T. Thampi, “Forecasting cloud computing using double exponential smoothing methods,” *ICACCS 2015 -*

- Proc. 2nd Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst.*, pp. 3–7, 2015.
- [19] J. Jiang, J. Lu, G. Zhang, and G. Long, “Optimal cloud resource auto-scaling for web applications,” *Proc. - 13th IEEE/ACM Int. Symp. Clust. Cloud, Grid Comput. CCGrid 2013*, no. 1, pp. 58–65, 2013.
 - [20] S. Dwiyatno, Sulistiyono, E. Rakhmat, and S. Christina, “Perancangan Private Cloud Berbasis Infrastructure As a Service,” *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 5–14, 2021.
 - [21] S. Sudaryono, D. Aryani, and I. T. Ningrum, “Cloud Computing: Teori Dan Implementasinya Dalam Dunia Bisnis Dan Pemasaran,” *CCIT J.*, vol. 5, no. 2, pp. 145–167, 2012.
 - [22] S. Sutriyono, A. Mustopa, and J. D. Santoso, “Private Cloud Computing Infrastructure As a Service Dengan Owncloud Di Smk Al-Islam Joresan Kabupaten Ponorogo,” *J. Inf. Syst. Manag.*, vol. 4, no. 1, pp. 57–61, 2022.
 - [23] A. Syaikh, “1927-4108-1-Pb,” *J. Pustak. Indones. Vol. 10 No. 1*, vol. 10, no. 1, pp. 1–12, 2013.
 - [24] M. Mao, J. Li, and M. Humphrey, “Cloud auto-scaling with deadline and budget constraints,” *Proc. - IEEE/ACM Int. Work. Grid Comput.*, pp. 41–48, 2010.
 - [25] G. Aryotejo, D. Y. Kristiyanto, and Mufadhol, “Hybrid cloud: Bridging of private and public cloud computing,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1025, no. 1, 2018.
 - [26] C. Qu, R. N. Calheiros, and R. Buyya, “Auto-scaling web applications in clouds: A taxonomy and survey,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 51, no. 4, 2018.
 - [27] S. Kurniawan, W. Wiranata, matul Ma, and V. Vannesse Ting, “Pemanfaatan Komputasi Awan (Cloud Computing) Pada Bidang Pendidikan,” *J. Inf. Syst. Technol.*, vol. 04, no. 02, pp. 403–405, 2023.
 - [28] S. Rahman, T. Ahmed, M. Huynh, M. Tornatore, and B. Mukherjee, “Auto-Scaling VNFs Using Machine Learning to Improve QoS and Reduce Cost,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, vol. 2018-May, pp. 1–6, 2018.
 - [29] M. Vaezi and Y. Zhang, “Virtualization and Cloud Computing,” *Wirel. Networks(United Kingdom)*, pp. 11–31, 2017.

- [30] R. Morabito, "Virtualization on internet of things edge devices with container technologies: A performance evaluation," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 8835–8850, 2017.
- [31] S. Alharthi, A. Alshamsi, A. Alseiari, and A. Alwarafy, "Auto-Scaling Techniques in Cloud Computing: Issues and Research Directions," *Sensors*, vol. 24, no. 17, 2024.
- [32] M. Z. Asiari, "Analisis Kinerja Sistem Auto Scaling Pada Sistem Web Server Berbasis Clustering Menggunakan Sistem Virtual," *Univ. Hasanuddin*, pp. 3–35, 2021.
- [33] S. Taherizadeh and V. Stankovski, "Dynamic multi-level auto-scaling rules for containerized applications," *Comput. J.*, vol. 62, no. 2, pp. 174–197, 2019.
- [34] T. Mehmood, S. Latif, and S. Malik, "Prediction of Cloud Computing Resource Utilization," *2018 15th Int. Conf. Smart Cities Improv. Qual. Life Using ICT IoT, HONET-ICT 2018*, pp. 38–42, 2018.
- [35] P. Tang, F. Li, W. Zhou, W. Hu, and L. Yang, "Efficient auto-scaling approach in the telco cloud using self-learning algorithm," *Proc. - IEEE Glob. Commun. Conf. GLOBECOM*, no. iii, 2015.
- [36] M. S. Aslanpour, M. Ghobaei-Arani, and A. Nadjaran Toosi, "Auto-scaling web applications in clouds: A cost-aware approach," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 95, pp. 26–41, 2017.
- [37] A. Evangelidis, D. Parker, and R. Bahsoon, "Performance modelling and verification of cloud-based auto-scaling policies," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 87, pp. 629–638, 2018.
- [38] A. Al-Dulaimy, J. Taheri, A. Kassler, M. R. Hoseinyfarahabady, S. Deng, and A. Zomaya, "MultiScaler: A Multi-Loop Auto-Scaling Approach for Cloud-Based Applications," *IEEE Trans. Cloud Comput.*, vol. 10, no. 4, pp. 2769–2786, 2022.
- [39] E. Casalicchio and V. Perciballi, "Auto-Scaling of Containers: The Impact of Relative and Absolute Metrics," *Proc. - 2017 IEEE 2nd Int. Work. Found. Appl. Self* Syst. FAS*W 2017*, pp. 207–214, 2017.

- [40] I. S. Moreno, P. Garraghan, P. Townend, and J. Xu, “An approach for characterizing workloads in google cloud to derive realistic resource utilization models,” *Proc. - 2013 IEEE 7th Int. Symp. Serv. Syst. Eng. SOSE 2013*, pp. 49–60, 2013.
- [41] B. Dougherty, J. White, and D. C. Schmidt, “Model-driven auto-scaling of green cloud computing infrastructure,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 28, no. 2, pp. 371–378, 2012.
- [42] S. Islam, J. Keung, K. Lee, and A. Liu, “Empirical prediction models for adaptive resource provisioning in the cloud,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 28, no. 1, pp. 155–162, 2012.
- [43] T. Z. J. Fu *et al.*, “DRS : Auto-Scaling for Real-Time Stream Analytics,” vol. 25, no. 6, pp. 3338–3352, 2017.
- [44] Dānishgāh-i Āzād-i Islāmī, Institute of Electrical and Electronics Engineers, and I. RoboCup IranOpen International Symposium (9th : 2017 : Qazvin, “2017 Artificial Intelligence and Robotics (IranOpen) : the 7th Conference on Artificial Intelligence and Robotics : 09 April 2017, Faculty of Computer and Information Technology, Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.,” pp. 3–7, 2017.