

# Evaluasi Kinerja Komputasi Aliran Daya Tiga Fasa Memanfaatkan Teknologi Virtualisasi di *Data Center* Universitas Lampung

Lukmanul Hakim<sup>1</sup>, Gigih Forda Nama<sup>2</sup>, Fandi Prayoga<sup>3</sup>, Donni Cerpin Pasaribu<sup>4</sup>

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

<sup>1</sup>lukmanul.hakim@eng.unila.ac.id

<sup>2</sup>gigih@eng.unila.ac.id

<sup>3</sup>fandiprayoga@gmail.com

<sup>4</sup>donni.cerpin1062@students.unila.ac.id

**Intisari** — Analisis aliran daya tiga fasa tidak seimbang merupakan bagian dari topik lanjutan untuk mahasiswa program sarjana di kelompok teknik tenaga listrik Departemen Teknik Elektro Universitas Lampung (Unila). Memberikan pengalaman langsung kepada siswa tentang topik ini, terutama di “New Normal” setelah merebaknya pandemi Covid-19, membutuhkan platform yang fleksibel bagi siswa untuk melakukan simulasi dengan gadget yang mereka miliki. Hal ini dapat dicapai dengan mem-porting karya kami sebelumnya pada perangkat lunak komputasi aliran daya 3 fase ke platform web dan menginstalnya di Pusat Data Unila. Karya ini melaporkan kinerja perangkat lunak ini di bawah teknologi virtualisasi di Pusat Data. Sistem uji pengumpan IEEE 8500-node diambil sebagai kasus uji untuk memeriksa kinerja komputasi perangkat lunak aliran daya dan teknologi virtualisasi di Pusat Data. Jumlah pengguna secara bersamaan diasumsikan sama dengan jumlah siswa di kelas untuk menjalankan kasus secara bersamaan. Perbandingan juga dilakukan antara aliran daya tiga fasa yang dikembangkan dengan OpenDSS. Kinerja perangkat lunak dan teknologi virtualisasi yang digunakan dibahas.

**Kata kunci** — Aliran Daya Tiga Fasa Tidak Seimbang, Teknologi Virtualisasi, Evaluasi Kinerja Server, OpenDSS

**Abstract** — Unbalanced three-phase power flow analysis is part of advanced topics for undergraduate students in the electric power engineering group of the Department of Electrical Engineering at Universitas Lampung (Unila). Providing students with hands-on experience on this topic, especially in the “New Normal” following the break of Covid-19 pandemic, requires a flexible platform for students to conduct the simulation with their available gadgets. This can be achieved by porting our previous works on 3-phase power flow computation software to a web platform and installing it at Unila Data Center. This work reports the performance of this software under virtualization technology at the Data Center. The IEEE 8500-nodes feeder test system was taken as the test case to check the computational performance of both the power flow software and the virtualization technology at the Data Center. The number of concurrent users was assumed to be similar to the number of students in the class for simultaneously running the case. Comparisons were also made between the developed three-phase power flow with OpenDSS. Performances of both the software and the virtualization technology employed are discussed.

**Keywords** — Three-Phase Power Flow, Virtualization Technology, Web Server Performance Evaluation, OpenDSS

## I. PENDAHULUAN

Untuk menahan penyebaran virus Covid-19, interaksi fisik harus diminimalisir. Oleh karena itu, mahasiswa membutuhkan platform yang cukup fleksibel untuk melakukan simulasi terbimbing. Persyaratan ini dapat dicapai dengan menggunakan aplikasi berbasis web yang memungkinkan siswa dengan mudah memasukkan dan mengubah data input dan mendapatkan

hasilnya untuk analisis lebih lanjut. Bagi mahasiswa teknik tenaga listrik Universitas Lampung (UNILA), hal ini diwujudkan dengan memporting pada perangkat lunak komputasi aliran daya ke platform berbasis web [1].

Platform berbasis *web* saat ini diperlukan sebuah sistem yang mampu memberikan pelayanan yang terbaik dan kenyamanan terutama kecepatan layanan berbasis *web*. Meningkatnya jumlah akses ke sebuah situs

menjadi peningkatan beban kerja sebuah *web server* dan membutuhkan sebuah solusi. Masalah tersebut dapat diatasi dengan menerapkan evaluasi kinerja *web server*. Evaluasi kinerja pada *web server* yang dapat memberikan layanan yang terbaik khususnya kecepatan komputasi pada *web server* dengan meningkatnya jumlah akses kesitus *web* membutuhkan beban kinerja yang optimal [2].

Dalam refrensi [3], Simon Agamah dan Lambros Ekonomou telah melakukan simulasi sistem tenaga berbasis web menggunakan pemrograman PHP. Teknik ini menunjukkan bahwa Kecepatan komputasi dapat ditingkatkan dalam beberapa cara tanpa mengubah struktur kode atau spesifikasi mesin server. Di antara opsi yang tersedia adalah mengubah aplikasi server web karena faktor-faktor seperti kecepatan transfer, waktu permintaan rata-rata, permintaan yang ditangani per detik dan waktu tunggu untuk respons, beberapa di antaranya mempengaruhi latensi, bervariasi untuk server web yang berbeda termasuk Apache dan NginX (diucapkan "Engine Ex"). Sebuah mesin virtual [4], seperti Hip-Hop Virtual Machine HHVM juga meningkatkan kinerja PHP secara signifikan dan semakin banyak digunakan pada server aplikasi web. Karena PHP adalah platform yang fleksibel dalam mengembangkan aplikasi website pada sisi server.

Pada penelitian ini, untuk menganalisis aliran daya tiga fasa menggunakan perangkat lunak Phyton yang di porting ke platform berbasis web dan menginstalnya di *data center* Universitas Lampung. Penelitian ini menekankan pada kinerja komputasi aliran daya tiga fasa dan kinerja server di Universitas Lampung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Model Komputasi Aliran Daya Tiga Fasa

Analisis aliran daya merupakan analisis yang menunjukkan kinerja suatu sistem tenaga dan aliran energi (nyata dan tidak valid) dalam kondisi tertentu pada saat sistem beroperasi. Analisis ini menghasilkan nilai magnitude tegangan, magnitude sudut, daya aktif reaktif dan losses / rugi-rugi, serta kemampuan sistem untuk menangani

peningkatan beban. Persamaan pada suatu sistem tenaga dapat diformulasikan secara sistematis dalam beberapa metode. Metode tegangan simpul merupakan metode yang sesuai dan biasa digunakan untuk banyak analisa sistem tenaga. Formulasi untuk admitansi simpul pada saluran dalam bentuk persamaan linear aljabar diikuti dengan arus simpul. Saat arus simpul diketahui, maka persamaan linear untuk menghitung tegangan simpul dapat langsung diselesaikan. Namun, nyatanya pada sistem tenaga, nilai daya pada setiap titik simpul (bus) lebih diketahui dari pada arus. Sehingga, bentuk persamaan ini diketahui sebagai persamaan aliran daya dengan bentuk persamaan non linear dan harus diselesaikan dengan metode iterasi.

Pada penelitian sebelumnya, model komputasi aliran daya telah di implementasikan pada [5-8]. Berikut ini adalah persamaan kesetimbangan aliran daya (*mismatch*) tiga fasa dalam format vektor adalah sebagai berikut :

$$\Delta \bar{S}_{abc} = \bar{S}_{sch,abc} - \bar{S}_{i,abc} = 0 \quad (1)$$

Sehingga persamaan

$$\Delta \bar{S}_{abc} = \bar{S}_{G,abc} - \bar{S}_{L,abc} - \bar{S}_{i,abc} = 0 \quad (2)$$

di mana ,  $\bar{S}_{G,abc}$  adalah daya kompleks tiga fasa yang dibangkitkan pada generator,  $\bar{S}_{L,abc}$  adalah matriks diagonal beban kompleks tiga fasa terjadwal, dan  $\bar{S}_{i,abc}$  adalah injeksi daya kompleks tiga fasa. Semua variabel dalam matriks vektor dengan ukuran bus  $3 \times n_b$ , dengan  $n_b$  adalah jumlah bus. Persamaan (1) dapat diterapkan untuk PQ bus. Untuk PV bus, dalam koordinat perseg, bagian imajiner dari persamaan (1) dapat diubah dengan besar tegangan. Jadi, persamaan (1), menurut referensi [9], untuk PV bus menjadi

$$\Delta \bar{S}_{abc}^{(i)} = \Re \{ \Delta \bar{S}_{abc}^{(i)} \} + j \Delta v_{abc}^2{}^{(i)} = 0 \quad (3)$$

dimana  $\Delta v_{abc}^{(i)}$  adalah selisih *magnitude* tegangan antara *magnitude* tegangan iterasi ke-  $0(v_{abc}^{(0)})$  dan *magnitude* tegangan iterasi sekarang ( $v_{abc}^{(i)}$ ).

### B. Lingkungan Teknologi Virtualisasi

Virtualisasi merupakan sebuah konsep untuk membagi resource (sumber daya) perangkat keras sehingga dalam satu perangkat keras bisa terdiri dari beberapa perangkat keras secara virtual. *Virtualization Technology* (VT) sudah diterapkan di Kampus Unila, dan tampaknya mampu menjawab kebutuhan stakeholder yang semakin kompleks. VT memiliki konsep yang mencakup *Operating System* (OS) *Virtual Machine* (VM) dan aplikasi yang dioperasikan secara independen dari OS di server fisik seperti pada perangkat kerasnya sendiri [10].



Gbr.1 Infrastruktur Teknologi Virtualisasi Unila

Infrastruktur Unila VT ditunjukkan pada Gambar 1, Virtual Machine merupakan teknik virtualisasi yang menyajikan perangkat keras dan dapat menjalankan perangkat lunak seperti perangkat keras fisik. Penyedia layanan Virtual Machine biasa disebut dengan Hypervisor [11]. Hypervisor menangani manajemen Virtual Machine pada sebuah host. Hypervisor merupakan teknologi virtualisasi yang menjadi landasan agar berbagai sistem operasi dapat berjalan secara bersamaan pada sebuah mesin [12]. Hypervisor yang kami gunakan adalah VMware ESXi dan menyediakan fungsi lapisan virtualisasi yang mengabstraksikan penyimpanan, CPU, memori, dan sumber daya jaringan dari host fisik ke dalam beberapa *virtual machine*. ESXi diinstal pada server blade Dell EMC PowerEdge M1000e, memiliki blade dengan ketinggian penuh dengan total 8 server terpasang.

Blade server merupakan varian teknologi perangkat keras di area server teknologi yang tersusun pada suatu rack yang mempunyai sirkuit yang sama juga dengan memori, processor, serta ruangan penyimpanan yang sama-sama terintegrasi [13]. CPU dengan spesifikasi total 12 *processor* tipe Intel(R) Xeon(R) CPU E5-4627 v2 @ 3.30GHz. Aplikasi perhitungan aliran daya berbasis web telah diinstal di salah satu server Blade.

### III. METODE PENELITIAN

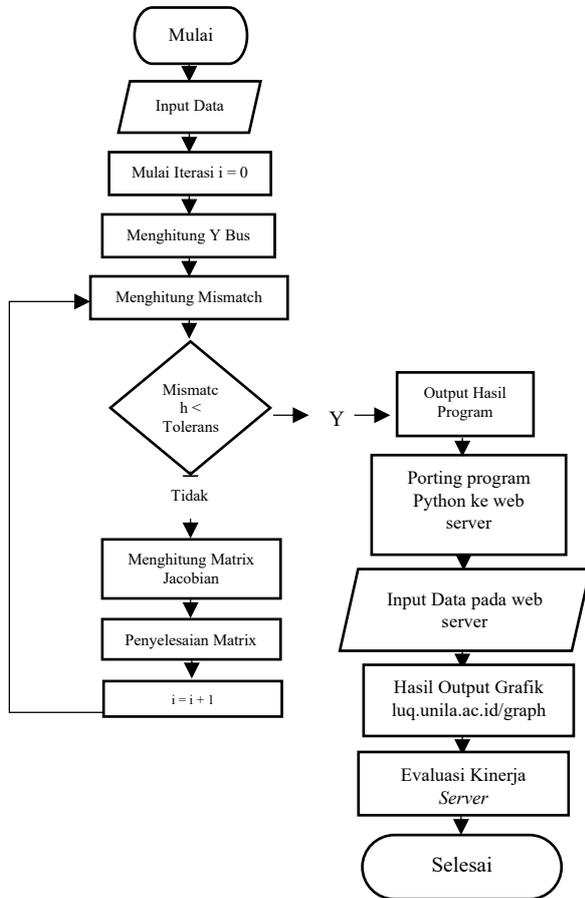
Gambar 1 menunjukkan teknologi virtualisasi *data center* Universitas Lampung. Proses dari evaluasi kinerja server diuraikan sebagai berikut:

- (i) Tentukan jumlah pengguna dan data kasus yang akan dievaluasi pada server.
- (ii) Memasukkan data termasuk inisial tegangan pada setiap bus, data generator, impedansi urutan saluran, dan beban data pada web server komputasi aliran daya tiga fasa.
- (iii) Melakukan proses submit komputasi bersamaan di web server.
- (iv) Proses bagi virtual mesin melakukan komputasi pada tiap-tiap pengguna.
- (v) Melihat grafik penyimpanan, CPU, dan DISK pada <https://luq.unila.ac.id/graph> yang telah dibuat dan melakukan proses evaluasi kinerja terhadap server utama dengan beberapa skenario pengguna dan data kasus yang semakin meningkat.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menguji kinerja perangkat lunak dan teknologi virtualisasi di Pusat Data UNILA, percobaan dilakukan dengan mensimulasikan sistem pengujian pengumpan IEEE 8500-node. Dengan meniru jumlah siswa di kelas, kinerja komputasi dievaluasi dengan menambah jumlah pengguna yang terhubung hingga 30 pengguna secara bersamaan yang menjalankan sistem pengujian pengumpan 8500-node dengan beban yang tidak seimbang. Siswa yang terlibat dalam pengujian ini bekerja dengan PC atau laptop mereka di rumah. Namun, untuk eksperimen terpandu yang sebenarnya, sulit untuk

meminta siswa memodifikasi kasus uji besar ini menggunakan perangkat seluler mereka. Sistem pengujian pengumpulan IEEE 13-node dan 34-node lebih masuk akal untuk bekerja dengan perangkat seluler.

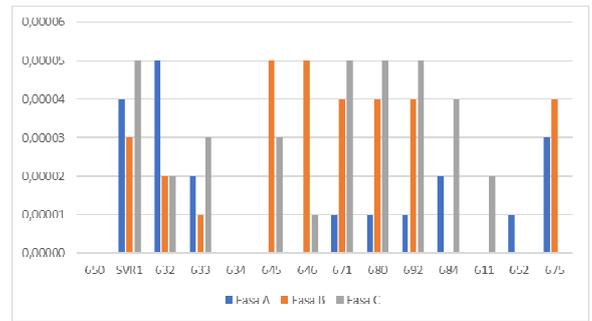


Gbr.2 Diagram alir aliran daya tiga fasa dalam bentuk vektor dan proses evaluasi kinerja server.

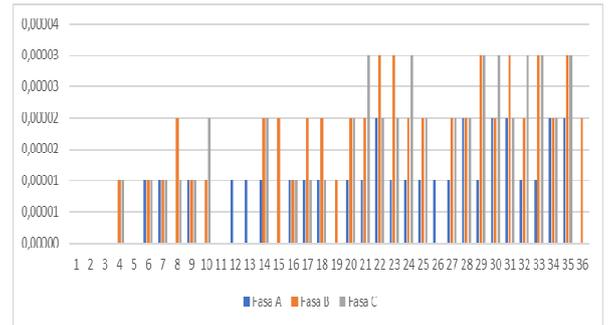
A. Perbandingan dengan OpenDSS

Pada hasil grafik kasus IEEE 13 Node Test Feeder diatas. Menunjukkan hasil selisih magnitude tegangan antara program pada web server dengan OpenDSS untuk menunjukkan bahwa program pada web server yang telah dibuat valid / menyamai hasil OpenDSS. Selisih maksimal sebesar atau sekitar 0.208 V dengan raiting 4.16 kV.

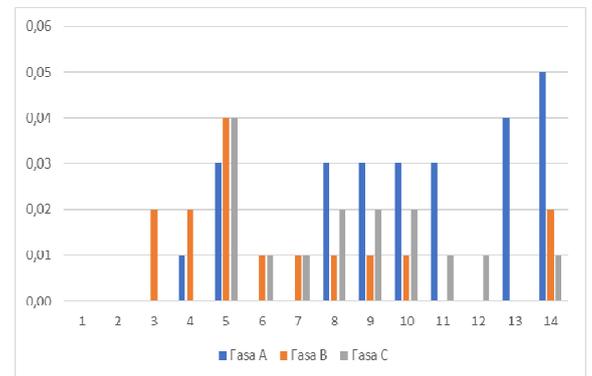
Pada hasil grafik kasus IEEE 34 Node Test Feeder diatas. Menunjukkan hasil selisih magnitude tegangan antara program pada web server dengan OpenDSS. Selisih maksimal sebesar  $3 \times 10^{-5}$  p.u. atau sekitar 0.747 V dengan raiting 24.9 kV. Hasil selisih ini tidak melebihi batas toleransi yaitu ( $\pm 0.05$  p.u.).



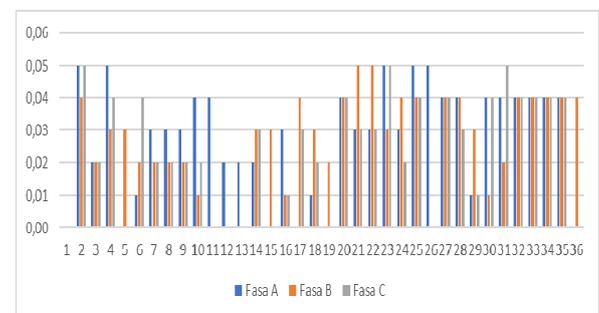
Gbr.3 Selisih magnitude tegangan pada web server dengan OpenDSS pada kasus IEEE 13 Node Test Feeder.



Gbr.4 Selisih magnitude tegangan pada web sever dengan OpenDSS pada kasus IEEE 34 node test feeder dalam P.U.



Gbr.5 Selisih magnitude sudut pada web server dengan OpenDSS pada kasus IEEE 13 Node Test Feeder.



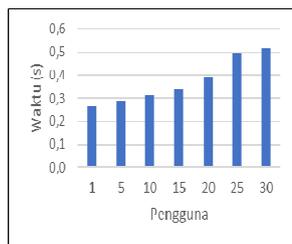
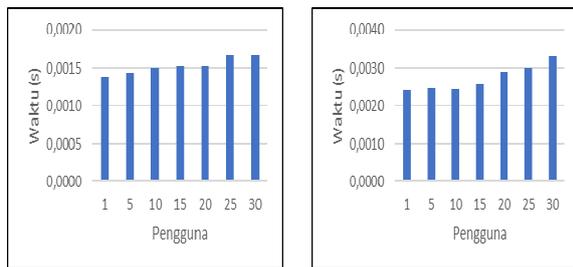
Gbr.6 Selisih magnitude sudut program di web server dengan OpenDSS IEEE 34 Node Test Feeder.

Pada hasil grafik diatas merupakan hasil selisih sudut program di *web server* dengan OpenDSS pada kasus 13 *Node Test Feeder*. Selisih sudut terbesar yaitu pada bus 675 dengan selisih 0.05°.

Pada hasil grafik diatas Merupakan hasil selisih sudut program di *web server* dengan OpenDSS pada kasus 13 *Node Test Feeder*. Selisih sudut terbesar yaitu dengan selisih 0,05°.

## B. Kinerja Perangkat Lunak Aliran Daya Tiga Fasa.

### 1) Data parsing and objects instantiation



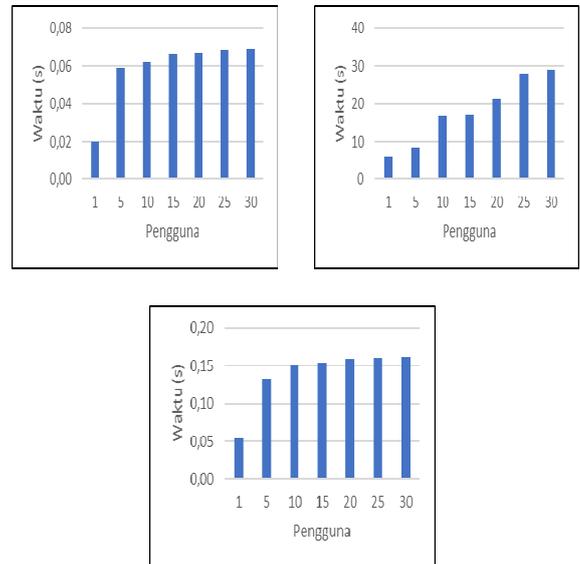
Gbr.7 IEEE 13, 34, dan 8500 Node Test Feeder (*data parsing and object instantiation*)

Hasil kinerja yang diperoleh didapatkan bahwa penambahan pengguna dari 1 *user* hingga 30 *user* dan data kasus dari 13 bus hingga 8500 bus. Didapatkan saat 1 *user* dengan data kasus 13 bus sebesar 0.0013878 detik, 30 *user* dengan data kasus 13 bus sebesar 0.00168019 detik, hingga 30 *user* dengan data kasus 8500 bus sebesar 0.5188362 detik. Berdasarkan hasil tersebut semakin tinggi pengguna dan data kasus, semakin banyak waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan komputasi.

### 2) Building Ybus Matrix

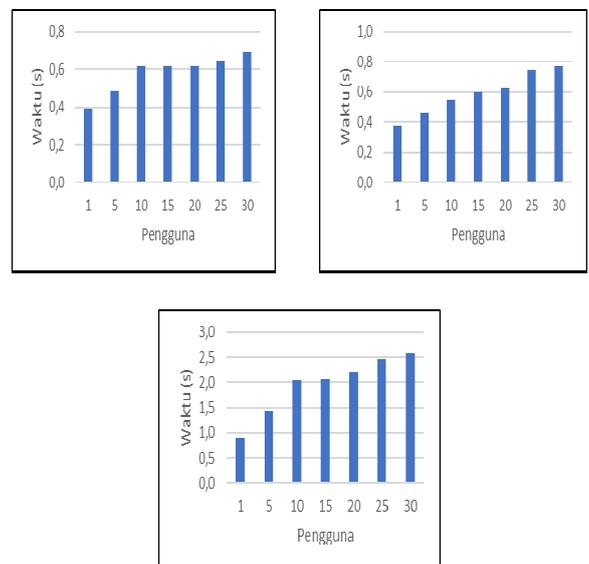
Hasil kinerja yang diperoleh didapatkan bahwa penambahan pengguna dari 1 *user* hingga 30 *user* dan data kasus dari 13 bus hingga 8500 bus. Didapatkan saat 1 *user* dengan data kasus 13 bus sebesar 0.0201702 detik, 30 *user* dengan data kasus 13 bus sebesar 0.069045 detik, hingga 30 *user*

dengan data kasus 8500 bus sebesar 29.050673 detik. Berdasarkan hasil tersebut semakin tinggi pengguna dan data kasus, semakin banyak waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan komputasi.



Gbr.8 IEEE 8500 Node Test Feeder (Building Ybus Matrix)

### 3) Drawing Ybus Matrix Structure

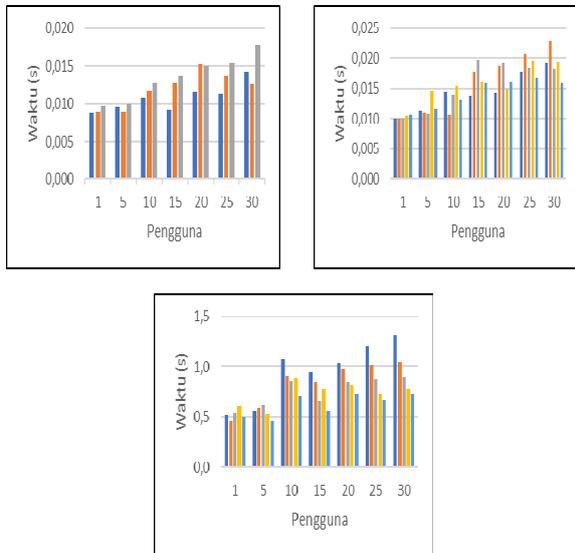


Gbr. 9 IEEE 13, 34, dan 8500 Node Test Feeder (Drawing Ybus Matrix Structure)

Hasil kinerja yang diperoleh didapatkan bahwa penambahan pengguna dari 1 *user* hingga 30 *user* dan data kasus dari 13 bus hingga 8500 bus. Didapatkan saat 1 *user* dengan data kasus 13 bus sebesar 0.39522 detik, 30 *user* dengan data kasus 13 bus sebesar 0.694475 detik, hingga 30 *user* dengan data kasus 8500 bus sebesar 2,602146 detik. Berdasarkan hasil tersebut

semakin tinggi pengguna dan data kasus, semakin banyak waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan komputasi.

#### 4) Building Jacobian Matrix



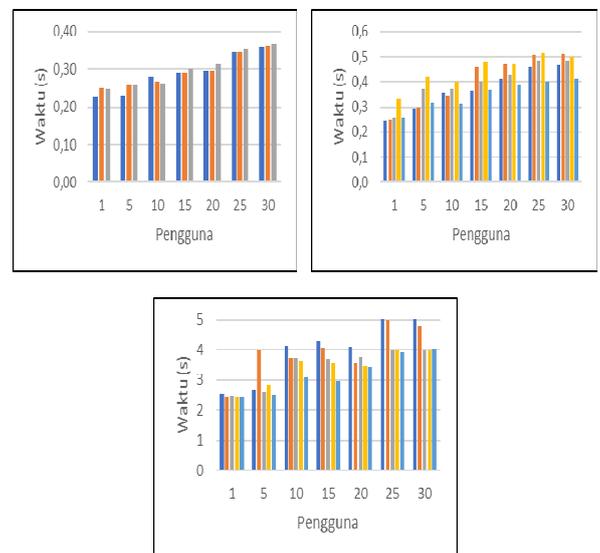
Gbr.10 IEEE 13, 34, dan 8500 Node Test Feeder (Building Jacobian Matrix)

Hasil kinerja yang diperoleh didapatkan bahwa penambahan pengguna dari 1 user hingga 30 user dan data kasus dari 13 bus hingga 8500 bus. Didapatkan saat 1 user dengan data kasus 13 bus membutuhkan 3 iterasi untuk mencapai toleransi konvergensi. Maka didapat 3 matriks jacobian per iterasi berturut turut yaitu sebesar 0.0088047, 0.008887, 0.009735. Pada saat kondisi 1 user dengan kasus 8500 bus membutuhkan 5 iterasi untuk mencapai toleransi konvergensi. Maka didapat 5 matriks jacobian per iterasi berturut turut yaitu sebesar 0.51670, 0.45941, 0.532575, 0.61034, 0.49812. dan pada saat kondisi 30 user dengan kasus 8500 bus membutuhkan 5 iterasi untuk mencapai toleransi konvergensi. Maka didapat 5 matriks jacobian per iterasi berturut turut yaitu sebesar 1.319134, 1.05497, 0.90259, 0.77992, 0.73085. Berdasarkan hasil tersebut semakin tinggi pengguna dan data kasus, semakin banyak waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan komputasi.

#### 5) Drawing Jacobian Matrix Structure

Hasil kinerja yang diperoleh didapatkan bahwa penambahan pengguna dari 1 user hingga 30 user dan data kasus dari 13 bus hingga 8500 bus. Didapatkan saat 1 user

dengan data kasus 13 bus membutuhkan 3 iterasi untuk mencapai toleransi konvergensi. Maka didapat 3 matriks jacobian per iterasi berturut turut yaitu sebesar 0.227035, 0.25002, 0.24835. Pada saat kondisi 1 user dengan kasus 8500 bus membutuhkan 5 iterasi untuk mencapai toleransi konvergensi. Maka didapat 5 matriks jacobian per iterasi berturut turut yaitu sebesar 2.55225, 2.46918, 2.48490, 2.45917, 2.47034. dan pada saat kondisi 30 user dengan kasus 8500 bus membutuhkan 5 iterasi untuk mencapai toleransi konvergensi. Maka didapat 5 matriks jacobian per iterasi berturut turut yaitu sebesar 5.8086, 4.8190, 4.00593, 4.01275, 4.05803.

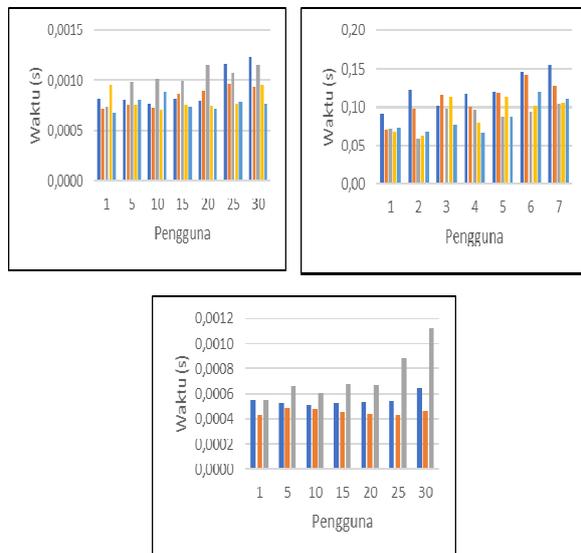


Gbr.11 IEEE 13, 34, dan 8500 Node Test Feeder (Drawing Jacobian Matrix Structure)

#### 6) Solving the Linear Equations

Hasil evaluasi yang diperoleh didapatkan bahwa penambahan pengguna dari 1 user hingga 30 user dan data kasus dari 13 bus hingga 8500 bus. Didapatkan saat 1 user dengan data kasus 13 bus membutuhkan 3 iterasi untuk mencapai toleransi konvergensi. Maka didapat 3 matriks jacobian per iterasi berturut turut yaitu sebesar 0.00054850, 0.00043738, 0.000549364 (detik). Pada saat kondisi 1 user dengan kasus 8500 bus membutuhkan 5 iterasi untuk mencapai toleransi konvergensi. Maka didapat 5 matriks jacobian per iterasi berturut turut yaitu sebesar 0.09237, 0.070496, 0.071841, 0.067417, 0.073200. dan pada saat kondisi 30 user dengan kasus 8500 bus

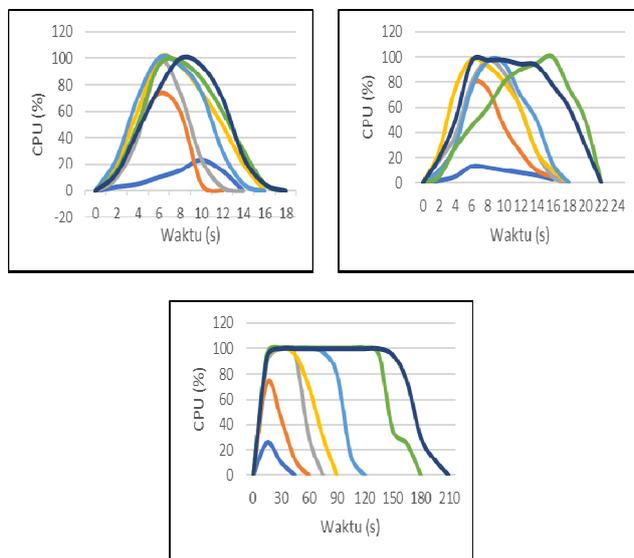
membutuhkan 5 iterasi untuk mencapai toleransi konvergensi. Maka didapat 5 matriks jacobian per iterasi berturut turut yaitu sebesar 0.15495, 0.12755, 0.10288, 0.105183, 0.11143.



Gbr.12 IEEE 13, 34, dan 8500 Node Test Feeder (Solving the Linear Equations)

### C. Kinerja Teknologi Virtualisasi

#### - CPU Usage

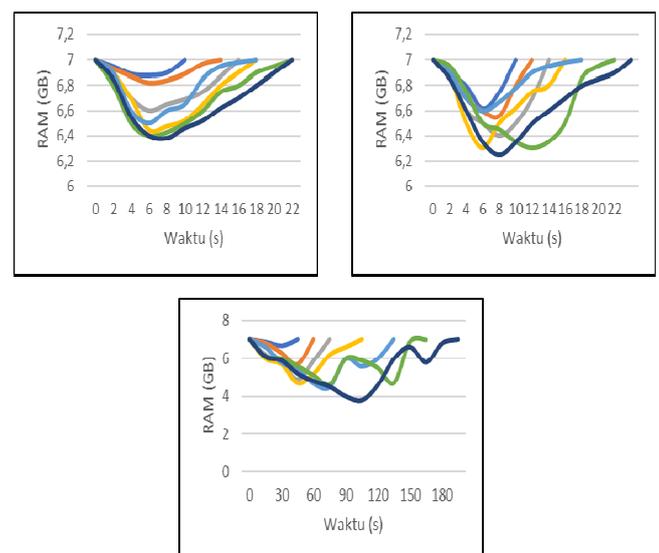


Gbr.13 Hasil Kinerja CPU pada saat IEEE 13, 34, dan 8500 Node Test Feeder

Pada Gambar diatas merupakan hasil evaluasi yang dilakukan saat penambahan beban atau pengguna terhadap CPU di *data center* Universitas Lampung. Evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana CPU di server bekerja pada saat penambahan pengguna secara *real time*. Pada evaluasi ini

dilakukan dengan menambahkan beban / pengguna sampai 30 *user* yang mengakses pada server secara *real time* dengan data komputasi IEEE 13 *Node Test Feeder*, IEEE 34 *Node Test Feeder* dan IEEE 8500 *Noder Test Feeder*. Hasil evaluasi yang diperoleh didapatkan bahwa penambahan pengguna yang mengakses pada server secara bersamaan, didapatkan hasil tertinggi kinerja CPU secara *real time* mencapai 100% dengan waktu yang lama sampai 180 detik. Karena terdapat banyak operasi / perhitungan aritmatika dan logika pada analisis aliran daya tiga fasa. Salah satu bagian komponen dalam CPU yaitu ALU (*Arithmetic Logic Unit*) dan FPU (*Floating Point Unit*) yang berkerja melalukan operasi / perhitungan aritmatika tersebut.

#### - RAM Usage

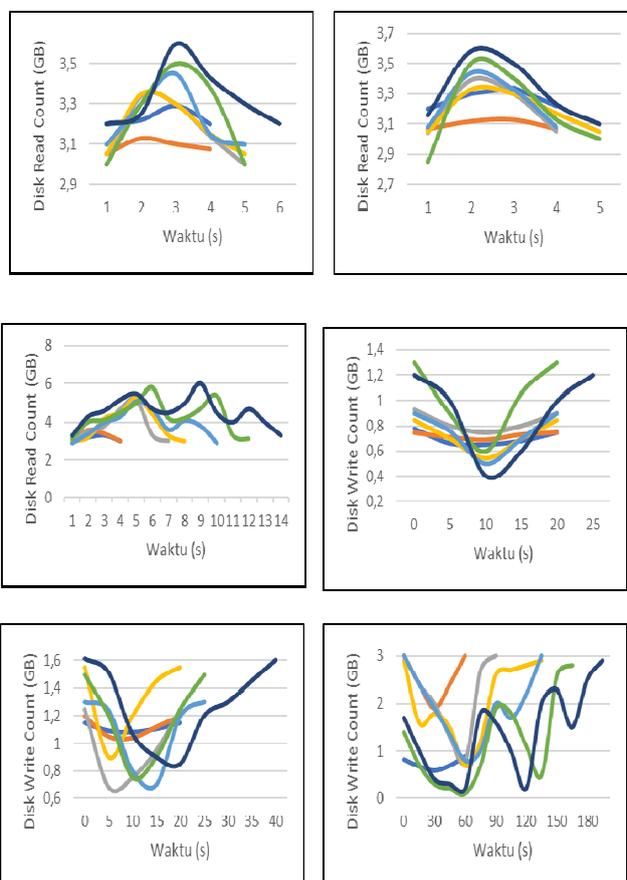


Gbr.14 Hasil Kinerja RAM pada saat IEEE 13, 34, dan 8500 Node Test Feeder

Pada Gambar diatas merupakan hasil evaluasi yang dilakukan saat penambahan beban atau pengguna terhadap RAM di *data center* Universitas Lampung. Evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar RAM di server yang terpakai sementara pada saat penambahan pengguna secara *real time*. Kapasitas RAM yang dimiliki oleh server rata - rata sebesar 7 GB. Pada evaluasi ini dilakukan dengan menambahkan beban / pengguna sampai 30 *user* yang mengakses pada server secara *real time* dengan data komputasi IEEE 13 *Node Test Feeder*, IEEE 34 *Node Test Feeder* dan IEEE 8500 *Noder*

Test Feeder. Hasil evaluasi yang diperoleh didapatkan bahwa penambahan pengguna yang mengakses pada server secara bersamaan, didapatkan hasil penurunan RAM tertinggi secara *real time* mencapai sisa 3.8 GB pada 30 pengguna saat 8500 node. Grafik dibawah menunjukkan kinerja RAM tidak mencapai maksimal, hanya sebagai penghubung untuk processor bekerja secara maksimal. Karena terdapat banyak operasi / perhitungan aritmatika dan logika pada analisis aliran daya. Berdasarkan hasil tersebut RAM pada server masih memiliki ruang sebesar 3.8 GB untuk mengkomputasi ketika ada pertambahan pengguna ataupun data kasus.

#### - DISK Usage



Gbr.15 Hasil Kinerja DISK Read dan Write pada saat IEEE 13, 34, dan 8500 Node Test Feeder

Pada Gambar diatas merupakan hasil evaluasi yang dilakukan saat penambahan beban atau pengguna terhadap *disk read* dan *write* di *data center* Universitas Lampung. Evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat *disk read* and *write* pada hasil

yang akan ditampilkan di web server yang bekerja pada saat penambahan pengguna secara *real time*. Pada evaluasi ini dilakukan dengan menambahkan beban / pengguna sampai 30 user yang mengakses pada server secara *real time* dengan data komputasi IEEE 13 Node Test Feeder, IEEE 34 Node Test Feeder dan IEEE 8500 Noder Test Feeder. Hasil evaluasi pada DISK read yang diperoleh didapatkan bahwa penambahan pengguna yang mengakses pada server secara bersamaan, didapatkan hasil kecepatan tertinggi secara *real time* mencapai 6 GB pada pengguna rata-rata 25 sampai 30 user saat 8500 node. Dan pada DISK write diperoleh kecepatan saat IEEE 13 Node Test Feeder dengan 1 pengguna yaitu 1,3 GB dan meningkat hingga 8500 Node Test Feeder dengan 30 pengguna sebesar 3 GB.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja data center, komponen server fisik yang paling banyak bekerja adalah CPU. Hal ini menyebabkan pengguna lain harus menunggu sampai *virtual machine* menyelesaikan komputasi dengan data kasus yang lebih besar dan pengguna lebih banyak. Karena terdapat banyak operasi / perhitungan aritmatika dan logika pada analisis aliran daya tiga fasa. Salah satu bagian komponen dalam CPU yaitu ALU (*Arithmetic Logic Unit*) dan FPU (*Floating Point Unit*) yang berkerja melalukan operasi / perhitungan aritmatika tersebut. Untuk meningkatkan performa kecepatan waktu komputasi, diperlukannya peningkatan / penambahan *processor* pada *data center* Universitas Lampung ketika ada penambahan data kasus yang lebih banyak.

## REFERENSI

- [1] L. Hakim, M. Wahidi, U. Murdika, F. Milano, J. Kubokawa, and N. Yorino, "A three-phase power flow analysis for electrical power distribution system with low voltage profile," 2016, doi: 10.1109/ICITACEE.2015.7437819.
- [2] I Kadek Susila Satwika, I. D. "Analisis Performansi Kinerja Server Menggunakan

- Terminal Server Berbasis Windows Dan Linux." *Nero* Vol. 5 No. 1 2020, 30-35.
- [3] S. Agamah, L.Ekonomou. "A Methodology for Web-Based Power Systems Simulation and Analysis Using PHP Programming" City University London, 2016
- [4] J. Arrillaga and C. P. Arnold, *Computer Analysis of Power Systems*. Christchurch, New Zealand: John Wiley & Sons, 1990.
- [5] Sereeter, B.; Vuik, K.; and Witteveen, C.; "Newton Power Flow Methods for Unbalanced Three-Phase Distribution Networks," *Energies*, vol. 10, no. 10, p. 1658, 2017.
- [6] L. Hakim, F. Prayoga, Khairudin, dan H. Gusmedi, "Vector Form Implementation in Three-Phase Power Flow Analysis Based on Power Injection Rectangular Coordinate," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, Vol. 8, No. 1, Maret 2019
- [7] Qin, Z.; and Yang, Y.; "Vectorization implementation of optimal power flow in rectangular form based on interior point method," *Proc. of 2008 IEEE PES GM - Convers. Deliv. Electr. Energy in the 21st Century*, Pittsburgh, 20-24 Jul. 2008.
- [8] Milano, F., "A python-based software tool for power system analysis," *Proc. of 2013 IEEE PES Gen. Meet.*, Vancouver, 21-25 Jul. 2013.
- [9] Xi-Fan Wang, Y. Song, and M. Irving, *Modern Power Systems Analysis*. Springer, India, 2013.
- [10] A. Widarma, dan Y, Siregar. "Analisis Kinerja Teknologi Virtualisasi Server (Universitas Asahan)," 688 – 698, 2019.
- [11] Kurniawan, I. N., & Kurniawan, I. F. Implementasi Virtualisasi Menggunakan Xen Hypervisor. *Jurnal Manajemen Informatika*, 6(1), 36–42, 2016.
- [12] Susanty, M., Rizki, A., Pramuja, A., & Buwono, "Perbandingan Konsumsi Daya Listrik Pada Rack Server Dengan Blade Server Di Universitas Pertamina". *Jurnal Teknologia*, 2021