

Analisis Konsumsi Daya Server Worker Dengan VM Live Migration Berbasis Proxmox

Muhammad Azzahari¹, Ibnu Khaldun²

¹Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹azzahari@pnl.ac.id

²khaldun@pnl.ac.id

Abstrak— Live migration merupakan suatu teknik migrasi yang memindahkan server virtual machine (VM) ke server worker yang rendah CPU usage nya. Teknik migrasi ini dilakukan dengan memanfaatkan metode fuzzy mamdani sebagai pengambil keputusan berdasarkan hasil monitoring CPU usage pada masing-masing server worker. Pada setiap server worker akan ditentukan nilai batas (Threshold) yang berfungsi sebagai acuan kapan server vm akan bermigrasi ke server worker yang mengalami rendah CPU usage. Hasil pengujian yang dilakukan selama 30 menit menunjukkan bahwa teknik live migration VM dapat mengurangi konsumsi daya sebesar 0,26 Watt dibandingkan dengan tanpa teknik tersebut. Dengan demikian optimasi daya bisa terjadi jika proses migrasi server VM terlaksana dari server worker host asal ke server worker host tujuan sehingga server worker asal nantinya akan mengalami penurunan konsumsi daya atau mengalami dengan serendah-rendahnya konsumsi daya (idle).

Kata kunci— live migration, virtual machine, virtualisasi, komputasi awan.

Abstract— Live migration is a migration technique that moves a virtual machine (VM) server to a server worker with low CPU usage. This migration technique is carried out by utilizing the fuzzy mamdani method as a decision maker based on the results of monitoring CPU usage on each worker server. On each worker server, a threshold value will be determined which serves as a reference for when the VM server will migrate to a worker server that experiences low CPU usage. The results of tests carried out for 30 minutes show that the VM live migration technique can reduce power consumption by 0.26 Watts compared to without this technique. Thus, power optimization can occur if the VM server migration process is carried out from the original worker host server to the destination worker host server so that the original worker server will experience a decrease in power consumption or experience the lowest possible power consumption (idle).

Keywords— live migration, virtual machine, virtualization, cloud computing.

I. PENDAHULUAN

Energi yang dihabiskan untuk memberi daya pada informasi global infrastruktur teknologi (TI) telah berkembang pesat dalam dekade terakhir, terlepas dari peningkatan dramatis yang dicapai dalam membangun perangkat TI yang hemat energi, salah satunya data center. Secara khusus, mengurangi konsumsi energi yang tinggi dari data center telah menjadi hal yang sangat penting karena popularitas dan permintaan dari layanan tersebut [1]. Data center saat ini merupakan tulang punggung ekonomi digital, *big data*, *cloud*, kecerdasan buatan, *Internet of Thing*, atau teknologi yang dapat digunakan. Data pertumbuhan dan akses data sesuai permintaan mengubah fokus data pusat sebagai penyimpanan dan pemulihan bencana untuk mengakses data secara instan dari cloud tanpa mengorbankan kontrol keamanan dan data kualitas. Setiap organisasi seperti Facebook, Equinix, Amazon, dan Google memiliki pusat data mereka sendiri dan sehingga mampu mengembangkan bisnis mereka di layanan cloud. Data center memainkan peran penting utama pada kesuksesan bisnis digital. Penting untuk menemukan kemungkinan pilihan untuk mengoptimalkan infrastruktur dan meningkatkan efisiensi dan produktivitas data center [2]. Resiko tertinggi yang timbul pada layanan data center yaitu tingginya biaya penggunaan daya. Pada

tahun 2013, diperkirakan bahwa data center Google mengkonsumsi listrik sekitar 260 juta Watt, yang hal tersebut merupakan daya listrik yang cukup untuk diberikan kepada 200.000 rumah [3].

Dengan memperhatikan kondisi tersebut, maka data center akan menghadapi masalah yaitu bagaimana mengembangkan layanan tersebut tetapi dengan konsekuensi hemat akan konsumsi daya. Semakin besar dan semakin banyak penggunaan data center maka berbanding lurus dengan besarnya energi yang digunakan. Jika tidak dikelola dengan baik, maka energi dan biaya yang dikeluarkan untuk sebuah data center sangat besar.

Dengan memperhatikan hal tersebut, maka data center menghadapi permasalahan besar dalam pengelolaan energi. Ada berbagai teknik optimasi daya yang bisa diaplikasikan sehingga dapat mengalokasikan semaksimal mungkin kapasitas server worker yang ada yaitu konsumsi daya pada setiap server harus sesuai dengan kebutuhan [4].

Pada tahun 2017, penelitian [5] melakukan Optimasi Daya *Data Center Cloud Computing Pada Workload High Performance Computing (HPC)* Dengan Scheduling Prediktif Secara Realtime. Teknik pengoptimalan daya tersebut dilakukan berdasarkan pertimbangan pola data awal berupa nilai CPU usage dengan menggunakan *Moving Average*.

Didalam penelitian tersebut disampaikan bahwa dalam mempertimbangkan kinerja layanan *server worker* selalu berada pada keadaan yang optimal, agar efisiensi daya pada *server worker* tersebut bisa dilakukan *live migration virtual machine (VM)* dan dapat dilakukan dengan bantuan prediksi CPU usage. Eksekusi *live migration* pada vm bekerja sesuai nilai threshold yang telah ditentukan. maka sistem akan menjalankan migrasi VM ke *server worker* yang yang lain terlebih dahulu.

Penelitian ini menganalisis pengaruh optimalisasi daya *server worker* pada kualitas *Data Center* yang dibangun menggunakan *software Proxmox V.E.* Penelitian ini dilakukan secara simulasi. Pemilihan *Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE)* sebagai *Platform Data Center* didasarkan pada hasil penelitian [6] yang menyatakan *Proxmox VE* merupakan *Operating System (OS)* mesin virtual yang saat ini mulai banyak dipakai oleh para pengguna teknologi virtualisasi. Hal tersebut dikarenakan OS teknologi virtualisasi tersebut bersifat *Open source* (Gratis) sehingga lebih mudah untuk dimodifikasi dan dikembangkan kedepannya. Hasil akhir maka tujuan penelitian ini dapat disampaikan bahwa efisiensi daya pada *server worker* dapat diterapkan melalui teknik *live migration VM*.

A. Data Center

Data center adalah kunci utama yang mampu menjadi tolak ukur penilaian sebuah *provider cloud computing*, semakin baik *data center* maka semakin baik pula layanan *cloud computing* yang dihasilkan. *Data center* memiliki tingkatan atau level tersendiri yang disebut *tier* [7].

TABEL I
TINGKATAN TIER PADA DATA CENTER [7]

Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4
Basic	Redundant Components	Concurrently Maintainable	Fault Tolerant
28.8 hours of downtime per year	22 hours of downtime per year	1.6 hours of downtime per year	26 mins of downtime per year
99.671% availability	99.741% availability	99.982% availability	99.995% availability

Terlihat di dalam tabel 1. mengenai ketersediaan (availability) dalam persen, seperti *Tier-4* memiliki garansi ketersediaan sebesar 99,995% ini berarti *data center* dan semua perangkat yang ada harus dapat beroperasi sebanyak 99,995% per tahun. Artinya *data center* hanya boleh mengalami down time sebesar $(100\% - 99,995\%) = 0,005\%$ [7].

Kesalahan dalam optimasi daya pada *data center* dapat berpengaruh terhadap performa *data center*, sekaligus akan menyebabkan *down time data center* semakin meningkat. Jika melihat persyaratan sebuah *data center* maka jelas sekali performa *server* atau *data center* harus tetap dijaga walaupun konsumsi daya pada *data center* tersebut telah dikurangi. Sehingga perlu adanya mekanisme optimasi konsumsi daya

yang seiring dengan kebutuhan persyaratan *data center* tersebut.

B. Proxmox

Proxmox adalah sebuah platform virtualisasi *open-source* yang digunakan untuk mengelola lingkungan virtualisasi berbasis *server*. *Proxmox* menyediakan dua produk utama:

1. *Proxmox Virtual Environment (PVE)*: Digunakan untuk manajemen virtual mesin (VM) dan kontainer. Ini mendukung virtualisasi berbasis KVM (*Kernel-based Virtual Machine*) untuk VM dan LXC (*Linux Containers*) untuk kontainer. PVE memungkinkan pengguna untuk menjalankan dan mengelola berbagai sistem operasi di atas satu perangkat keras fisik.
2. *Proxmox Mail Gateway (PMG)*: Ini adalah solusi anti-spam dan anti-virus yang digunakan untuk melindungi server email. PMG menyediakan pemindaian email untuk mendeteksi dan memblokir spam, virus, dan ancaman email lainnya sebelum mencapai kotak masuk pengguna.

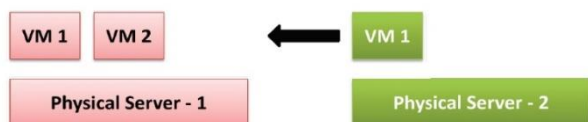
C. Virtual Machine (VM)

Beberapa penelitian menjelaskan [3][8] Virtualisasi telah menjadi aset utama di banyak bidang teknologi informasi. Komputasi awan umumnya didasarkan pada konsep yang disebut virtualisasi. Dalam komputasi, virtualisasi mengacu pada pembuatan versi virtual ke perangkat atau sumber daya apapun, seperti: *server*, sistem operasi, perangkat penyimpanan, atau jaringan, yang berarti kerangka membagi sumber daya ke dalam beberapa lingkungan eksekusi. Secara tipikal VM mengemulasikan lingkungan komputasi tetapi meminta sumber daya CPU, Memori, *Hard Disk* dan jaringan yang akan diatur oleh lapisan virtualisasi yang akan menerjemahkan permintaan ini ke fisik *hardware*. VM diciptakan dengan lapisan virtualisasi seperti *hypervisor* atau *platform* virtualisasi yang berjalan di atas *server* sistem operasi. Sistem operasi ini dikenal sebagai *Host*. Lapisan virtualisasi dapat digunakan untuk menciptakan banyak lingkungan VM yang terisolasi. Secara tipikal, *Guest Operating System*, *Virtual Machine* dan Programnya sadar bahwa mereka berjalan pada *platform virtual*, sepanjang *platform virtual* mendukung.

D. Live Migration pada Virtual Machine

Live migration adalah sebuah teknologi dimana seluruh VM yang sedang berjalan dipindahkan dari mesin fisik yang satu ke mesin fisik yang lain [3][9][10]. Secara lebih jelas, hal tersebut berarti seluruh VM termasuk memori yang sedang aktif dan status terakhir dari lingkungan tersebut dipindahkan dari mesin fisik asal ke mesin fisik tujuan (antar *host*). Hal seperti ini dimaksudkan agar pada saat terjadi perpindahan VM yang berisi servis online pengguna tidak harus terputus dalam melakukan kegiatan online-nya. Pada tahap akhir perpindahannya *virtual I/O devices* akan terputus dari sumber dan akan dihubungkan kembali ke mesin fisik tujuan. Ada dua pertimbangan parameter penting dalam melakukan *Live*

migration, yaitu total waktu migrasi (*total migration time*) dan waktu henti (*downtime*) [11]. Total waktu migrasi adalah jumlah waktu total yang dibutuhkan untuk perpindahan VM antar fisik mesin dan di dalamnya termasuk waktu henti. Waktu henti adalah waktu saat VM berhenti berjalan untuk sesaat, tergantung sistem yang diimplementasi, akibat perpindahan tersebut.



Gambar 1. Teknik *live migration* sebelum migrasi [10]



Gambar 2. Teknik *live migration* setelah migrasi [10]

Berdasarkan Gambar 2. dan Gambar 3. Saat ini teknologi untuk operasi *server cloud* yang hemat energi adalah dengan cara migrasi mesin virtual langsung, mesin virtual disalin, dipindahkan, dan dihapus berdasarkan keputusan manajemen. Gambar 2. dan Gambar 3. menggambarkan migrasi mesin virtual dari server fisik 2 ke server fisik 1. Gambar 2. menunjukkan dua *server* fisik: Server fisik 2 dan *server* fisik 2. Server fisik-1 memiliki kapasitas untuk menampung tiga mesin virtual tetapi berjalan hanya dua 9 mesin virtual. *Server* fisik-2 hanya menjalankan satu mesin virtual yang menggunakan sangat sedikit sumber dayanya. Untuk mendapatkan pemanfaatan sumber daya maksimum dari pusat data, mesin virtual dari server fisik-2 dimigrasikan ke *server* fisik-1 dan server fisik-2 dijadikan sebagai idle state [10].

E. Manfaat *Live Migration*

Dalam penelitian [7] menjelaskan bahwa salah satu kasus penggunaan utama untuk *live migration* adalah untuk pengelolaan sumber daya dalam komputasi awan. Sebagai contoh, penyedia komputasi awan seperti *Amazon EC2* memiliki ribuan virtual machine (VM) berjalan dipusat datanya. Untuk menghemat energi, biaya dan load balancing mereka dapat menggerakkan *virtual machine* menggunakan *live migration* tanpa mengganggu aplikasi pelanggan mereka yang berjalan di VM. Konsumsi daya pusat Data terutama didasarkan atas pemanfaatan server dan sistem pendinginnya. Itu server biasanya membutuhkan hingga 70% dari daya maksimumnya konsumsi bahkan pada tingkat pemanfaatan yang rendah. Maka dibutuhkan akan suatu teknik migrasi sehingga dapat yang menghemat energi *server* dengan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya [7][11][12].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Penentuan Variabel Input dan Output

Dalam menentukan migrasi suatu server VM ke server worker maka dalam penelitian ini yang menjadi nilai input hanya berdasarkan CPU usage. Pada Tabel 2 ditunjukkan variabel input yang digunakan:

TABEL II
KETERANGAN VARIABEL INPUT DAN OUTPUT

Variabel	Nama Fungsi	Semesta Pembicara
CPU Usage	Input	[0-100]

Dalam pembentukan himpunan fuzzy nantinya akan dilakukan berdasarkan variabel test dari tingkat CPU usage. Adapun range himpunan fuzzy seperti dideskripsikan pada Tabel 3:

TABEL III
PARAMETER PENELITIAN HIMPUNAN FUZZY

Variabel	Himpunan Fuzzy	Range
CPU Usage	Rendah	[0-45]
	Sedang	[46-90]
	Tinggi	[91-100]

B. Penentuan Nilai *Threshold*

Pada Tabel 4, ditentukan nilai *threshold* sebagai dasar penilaian dari *CPU usage* dan menjadi indikator dalam menentukan migrasi VM. Indikator tersebut dibagi menjadi 3 nilai yaitu nilai rendah, nilai sedang dan nilai tinggi.

TABEL IV
NILAI THRESHOLD SERTA KECENDERUNGAN

Kriteria	CPU Usage	
	Server Worker 1	Server Worker 2
Rendah	0,0-45%	0,0-45%
Menengah	46-90%	46-90%
Tinggi	91-100%	91-100%

C. Distribusi Beban dengan *Httpperf Tool*

Pengujian didalam penelitian ini dilakukan dengan memberikan beban. Beban berupa request dari *server* VM1 ke Server VM2 sehingga akan berpengaruh terhadap kondisi trafik CPU usage dari masing-masing server VM. Penelitian ini sebenarnya direncanakan selama 12 jam dengan data CPU usage yang akan diambil adalah rata-rata dari setiap 1 jam, sehingga sistem mampu dapat lebih mudah serta lebih efektif dalam kalkulasi nilai perjam nantinya. Dikarenakan keterbatasan waktu dan perangkat pengujian yang dimiliki oleh penulis, maka pola pengujian dikecilkan menjadi hanya satu jam saja dari 12 jam. Data CPU usage yang diambil adalah rata-rata dalam 5 menit dan nanti akan dihitung rata-rata dari 5 menit tersebut. Pengujian ini dimulai dari menit ke-0 sampai menit ke-30, sehingga total nilai CPU usage berjumlah 6 sampel, dan ini sama halnya seperti pengujian yang dilakukan dengan durasi 12 jam.

TABEL V
NILAI THRESHOLD SERTA KECENDERUNGAN

Menit/Time	Trafik/ Request (Per detik)	Jumlah Trafik (Request) per 5 Menit
00	1	0
05	6	1000
10	21	5000
15	50	10000
20	87	15000
25	121	20000
30	142	25000

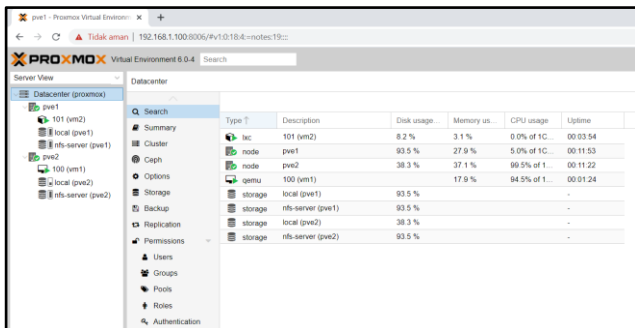
Setelah pemodelan trafik ditentukan, maka nilai nilai pada tabel tersebut akan dibangkitkan dengan memanfaatkan *tool Httpperf* sehingga dapat menghasilkan trafik pengujian. Trafik akan dibangkitkan sesuai jadwal masing-masing dengan memanfaatkan *crontab Linux*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian dilakukan pada dua skenario, skenario pertama yaitu dengan menerapkan teknik migrasi otomatis dan pada skenario kedua yaitu dengan tanpa migrasi otomatis. Teknik migrasi adalah suatu sistem yang dibangun dengan memindahkan *server VM* dikarenakan beban CPU usage yang tinggi, hal ini akan dilakukan migrasi VM secara otomatis. Sedangkan sistem yang dibangun tanpa teknik migrasi, maka tidak melakukan migrasi server secara otomatis.

Hasil uji coba akan dibahas dan menampilkan nilai rata-rata konsumsi daya dengan menggunakan sistem migrasi otomatis atau sebaliknya. Pengujian daya diuji untuk melihat bagaimana performa layanan komputasi awan yang telah dibangun, sedangkan pengujian konsumsi daya bertujuan untuk mengukur seberapa besar penghematan konsumsi daya yang dapat dilakukan. Tolak ukur pengujian ini adalah pada saat sistem pada *data center* komutasi awan bermigrasi secara otomatis atau sebaliknya. Nantinya terlihat bagaimana pengaruh tingkat konsumsi daya dengan menggunakan kedua metode tersebut.

Uji coba optimasi daya *server worker* ini akan dilakukan selama 30 menit. 30 Menit tersebut dipilih dan dijadikan sebagai pola untuk pengujian. Berikut tampilan *server worker* yang dilakukan secara tanpa *live migration VM* pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Simulasi Sistem server worker

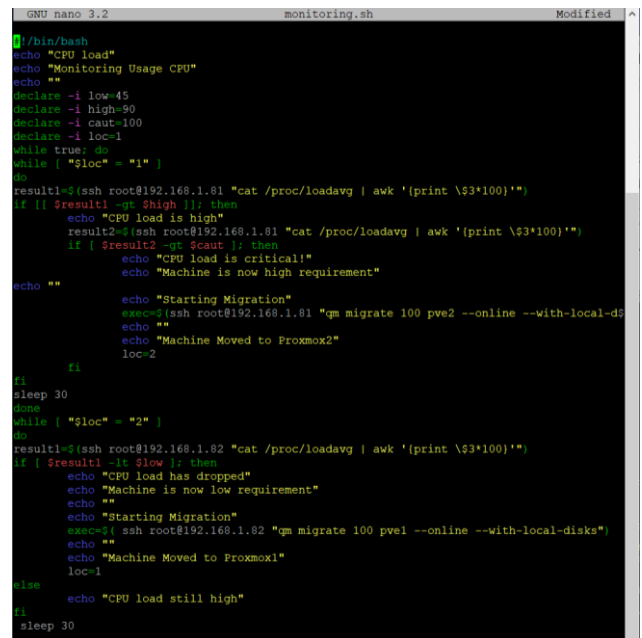
Pada gambar 3 menampilkan simulasi *server worker* yang dijalankan. Simulasi sistem tersebut terdiri dari 2 server worker yaitu PVE1 dan PVE2 yang masing-masing memiliki server VM nya (Server VM1 dan Server VM2). Nantinya CPU usage pada server worker yang akan dijadikan sebagai indikator pengukuran konsumsi dayanya.

Berikut perintah untuk mengukur CPU usage pada *server worker PVE1* dan *PVE2* melalui *putty tool*:

```
root@pve:~# Ps aux/awk '{sum=$3; print sum}'tall -n 1
```

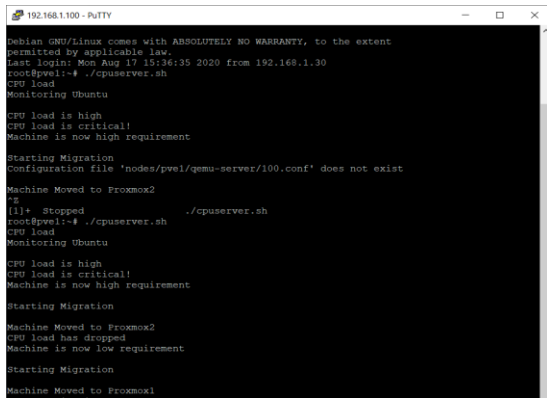
A. Uji Coba Sistem VM Live Migration

Selanjutnya Durasi uji coba akan sama dilakukan terhadap server worker yang menggunakan sistem migrasi otomatis. Uji coba tetap menggunakan durasi selama 30 menit, mulai dari menit ke-1 sampai dengan menit ke-30. Penulis monitoring CPU usage dengan menggunakan pemrograman *bash shell Script*. Script tersebut dijalankan selama 30 menit pada *server worker PVE1*. Berikut tampilan bash shell Script pada gambar 4. dibawah ini.



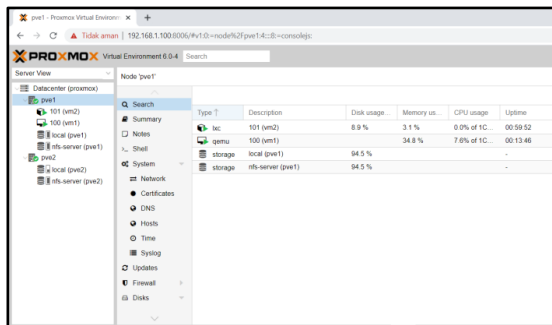
Gambar 4. Monitoring CPU Usage dan Migrasi VM

Jadi dengan memanfaatkan kode monitoring tersebut, Jika *server worker PVE1* mengalami tingginya CPU usage maka salah satu *server VM* akan dimigrasikan ke *server worker PVE2*, dan kemudian jika *server worker PVE1* mengalami penurunan CPU usage, maka *server VM* akan dikembalikan ke *server worker PVE 1* dan seterusnya. Berikut tampilan monitoring CPU usage menggunakan *Bash Shell Script* pada gambar 5. berikut.



Gambar 5. Tampilan Monitoring Server Worker PVE1

Berdasarkan monitoring diatas maka penggunaan konsumsi daya masing-masing server worker akan berbeda, dikarena jika trafik penggunaan yang di tandakan melalui tingginya penggunaan usage CPU, maka server VM akan dimigrasikan kepada masing-masing server worker. Dan jika usage CPU kedua server rendah dikarena beban penggunaan server yang menurun, maka kedua server VM pada server worker PVE2 akan dimigrasikan ke server worker PVE1. Bisa dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Tampilan Monitoring Server Worker PVE1

Dengan memaksimalkan server VM pada satu server worker PVE1, tentu membuat server worker PVE2 mengalami penurunan CPU usage itu jelas membuat penurunan konsumsi daya dikarena beban pada server worker PVE2 mengalami idle (Serendah-rendahnya konsumsi daya).

Berikut nilai rata-rata konsumsi daya kedua kondisi pada tabel 6-7 sebagai berikut:

TABEL II
KONSUMSI DAYA SERVER WORKER TANPA LIVE MIGRATION

Menit	Daya Server Worker 1	Daya Server Worker 2
0-5	10,58	10,37
10	10,58	10,59
15	10,62	10,65
20	10,59	10,65
25	10,85	10,78
30	10,44	10,48
Rata-rata	10,61	10,58

TABEL VII
KONSUMSI DAYA SERVER WORKER DENGAN LIVE MIGRATION

Menit	Daya Server Worker 1	Daya Server Worker 2
0-5	10,58	10,37
10	10,58	10,59
15	10,62	10,55
20	10,59	10,51
25	10,86	10,47
30	10,92	10,28
Rata-rata	10,69	10,46

Dari Tabel 6-7 adalah konsumsi daya kedua pengujian yang menggunakan teknik migrasi vm otomatis dan yang tanpa teknik migrasi VM. Maka berdasarkan nilai dari kedua tabel tersebut menunjukkan bahwa penghematan dapat dilakukan dengan sistem migrasi otomatis. Ini adalah hal yang diharapkan dan sesuai dengan hipotesis sebelum penulis melakukan pengujian. Jadi penulis menyatakan bahwa total konsumsi daya dengan menggunakan live migration menunjukkan sebesar 126,92 Watt sedangkan pada sistem tanpa menggunakan live migration adalah 127,18 Watt.

TABEL VIII
TOTAL KONSUMSI DAYA KEDUA SERVER WORKER

Metode Pengujian	Server Worker 1	Server Worker 2	Total Daya (Watt)
Konvensional	63,66	63,52	127,18
Migrasi Otomatis	64,15	62,77	126,92
Selisih			0,26

Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa layanan server worker dengan teknik Live Migration pada VM mampu memberikan efisiensi konsumsi daya sebesar 0,26 Watt dengan durasi pengujian selama 30 menit. Jika dilakukan pengujian selama 1 hari yaitu 24 jam (0,26 x 48) maka konsumsi daya dapat diefisiensikan sebesar 12,48 watt. Angka 48 di dalam tanda kurung diatas merupakan jumlah berapa kali pengujian dilakukan selama sehari (1 kali pengujian = 30 menit). Oleh karena demikian hasil ini merupakan pencapaian yang sangat bagus mengingat uji coba hanya dilakukan pada lingkungan virtual dan hanya menggunakan laptop.

Perlu diperhatikan adalah keberhasilan layanan data center dengan menggunakan teknik migrasi VM dalam penelitian ini hanya dilakukan secara simulasi. Dan akan tetapi jika penelitian ini kedepannya dikembangkan dan dilakukan secara real maka angka penghematan konsumsi daya tersebut didapati akan jauh lebih besar dan signifikan mengingat pada setiap server yang memiliki konsumsi daya yang jauh lebih tinggi ketimbang dari konsumsi daya pada laptop sederhana (simulasi).

Adapun hal lain yang perlu ditinjau kembali adalah mengenai total jumlah usage CPU yang terjadi pada sistem dengan teknik migrasi memiliki nilai yang lebih rendah dari pada sistem konvensional/ tanpa migrasi VM, ini artinya

bahwa layanan dengan penghematan konsumsi daya yang menggunakan teknik *live migration* pada VM secara otomatis masih mengkonsumsi daya terendah.

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Optimasi daya *server worker* dengan menggunakan teknik *live migration* VM menggunakan *live migration* secara otomatis dapat dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan metode tersebut dapat mengurangi konsumsi daya sebesar 0,26 Watt dibandingkan dengan tanpa *live migration*.
2. Tingkat besar dan kecilnya konsumsi daya pada layanan tersebut sangat tergantung dan berpengaruh pada meningkat dan menurunnya yang terbebankan ke masing-masing *server worker*.

REFERENSI

- [1] Makmun, H. A. R. (2014). Pembentukan Karakter Berbasis Pendidikan Pesantren: Studi di Pondok Pesantren Tradisional dan Modern Di Kabupaten Ponorogo. *Cendekia Vol.*, 12(2).
- [2] Novianti, H., Allsela, M., & Nurul. (2016). Penerapan Konsep Customer Relationship Management (Crm) Pada Sistem Informasi Penyewaan Lapangan Futsal Di Swadaya Futsal Palembang. *Jurnal Sistem Informasi (JSI)*, 8(2), 2355–4614.
- [3] A. Choudhary, M. C. Govil, G. Singh, L. K. Awasthi, E. S. Pilli, and D. Kapil, "A critical survey of live virtual machine migration techniques," *J. Cloud Comput.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–41, 2017.
- [4] P. Arroba, J. M. Moya, J. L. Ayala, and R. Buyya, "Dynamic Voltage and Frequency Scaling-aware dynamic consolidation of virtual machines for energy efficient cloud data centers," *Concurr. Comput.*, vol. 29, no. 10, 2017.
- [5] A. Amirullah, R. M. Ijtihadie, and H. Studiawan, "Optimasi Daya Data Center Cloud Computing Pada Workload High Performance Computing (Hpc) Dengan Scheduling Prediktif Secara Realtime," *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 15, no. 1, p. 1, 2017.
- [6] S. Soni, A. Abdurrahman, and Afdhil Hafid, "Optimalisasi Sumber Daya Komputer Dengan Virtualisasi Server Menggunakan Proxmox Ve," *J. Fasilkom*, vol. 9, no. 2, pp. 369–376, 2019.
- [7] T. Townsend, M. Mohammadian, and B. John, "Efficient Use of Data Centres-Factors Affecting Service Availability in Large Organisations based on IT and Data Centre Selection," 2019 4th Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Networks, ISCON 2019, pp. 773–781, 2019.
- [8] J. F. Zhao and J. T. Zhou, "Strategies and methods for cloud migration," *Int. J. Autom. Comput.*, vol. 11, no. 2, pp. 143–152, 2014.
- [9] A. K. Shakya, D. Garg, and P. C. Nayak, *Hybrid live VM migration: An efficient live VM migration approach in cloud computing*, vol. 955. Springer Singapore, 2019.
- [10] P. G. Jeba Leelipushpam and J. Sharmila, "Live VM migration techniques in cloud environment - A survey," 2013 IEEE Conf. Inf. Commun. Technol. ICT 2013, no. Ict, pp. 408–413, 2013.
- [11] M. Ahkam, R. Munadi, and T. Y. Arif, "Precopy Live Migration on Core Network Virtualization Internet Protocol Multimedia Subsystem," *J. Aceh Phys. Soc.*, vol. 8, no. 2, pp. 55–60, 2019.
- [12] J. Nasir, J. Suprianto, P. Studi, T. Informatika, and U. Putera, "Analisis Fuzzy Logic Menentukan," *J. Edik Inform.*, vol. 2, pp. 177–186, 2017.
- [13] M. Abrori and A. H. Prihamayu, "Aplikasi Metode Fuzzy Mamdani dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Produksi," *Kaunia*, vol. XI, no. 2, p. 92306, 2015.
- [14] A. Andreas, M. H. Purnomo, and M. Hariadi, "Penerapan Logika Fuzzy untuk Pembentukan Sutradara Otonom dalam hal Pencahayaan pada Machinima (Application of Fuzzy Logic to Develop Autonomous Directors for Lighting in Machinima)," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 1, pp. 45–54, 2020.