

# Studi Konsumsi Energi Listrik Komputasi Awan pada Implementasi untuk Docker dan Virtual Machine

I Made Murwantara<sup>1</sup>, Pujianto Yugospito<sup>2</sup>

Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pelita Harapan  
Jl. M.H. Thamrin Boulevard 1100 Lippo Village, Tangerang, Banten 15811ss  
e-mail: {made.murwantara, yugospito}@uph.edu

## Abstrak

*Infrastruktur komputasi awan mengkonsumsi energi listrik dalam jumlah besar untuk mengoperasikan ribuan komputer server didalam sebuah data center. Meskipun dalam kondisi tidak memberikan layanan (idle), komputer server tetap membutuhkan daya listrik agar selalu beroperasi menjalankan piranti lunak didalamnya. Tulisan ini mencoba menjawab pertanyaan seputar konsumsi energi listrik pada sistem virtual, seperti komputasi awan, dengan melakukan implementasi dua teknik virtualisasi yang berbeda, yaitu virtual machine dan docker. Tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi mengenai penggunaan energi listrik pada kedua teknik tersebut, dan juga untuk membantu pengambil keputusan dan praktisi teknologi informasi dalam menentukan metode deployment pada arsitektur komputasi awan yang sesuai dengan kebutuhan. Kami juga menawarkan metode pengukuran energi pada lingkungan virtual tanpa mempergunakan Wattmeter dan mempergunakan workload sebagai bentuk evaluasi kinerja dari sistem yang diukur. Berdasarkan hasil experiment kami yakin usulan pengukuran konsumsi energi listrik akan menguntungkan banyak pihak pengguna teknologi komputasi awan.*

**Kata kunci:** Energi, Komputasi Awan, Virtual Machine, Docker

## 1. Pendahuluan

Teknologi komputasi awan (selanjutnya disebut Cloud) berusaha untuk mengurangi kebutuhan Capital Expenditure (CAPEX) atau pendanaan awal pada setiap bisnis dengan mengedepankan layanan pay-as-you-go, dimana pengguna hanya membayar layanan yang mereka gunakan. Hal ini mengurangi pembiayaan untuk membeli computer server dan lisensi piranti lunak, serta yang lebih menarik adalah waktu persiapan suatu sistem hingga mulai dipergunakan hanya membutuhkan sedikit timeline. Untuk negara atau daerah yang tidak memiliki sumber tenaga listrik yang murah dan bebas polusi, data centre untuk mengoperasikan teknologi Cloud dalam skala besar menjadi teramat mahal, karena membutuhkan energi listrik untuk menjalankan ribuan komputer server dan sistem pendukungnya.

Telah ada penelitian yang berfokus pada bagaimana mengurangi konsumsi energi pada perangkat computer. Teknologi Opensource dari Intel [1] memberikan kemungkinan untuk mengukur konsumsi energi bagi computer yang bekerja dengan processor Intel. Kansal [2] telah mengembangkan metode pengukuran energi listrik pada perangkat computer berbasis sistem operasi tertentu. Zhang [3] mengembangkan metode reduksi energi dengan membagi tingkat menjadi dua, yaitu energi pada tingkat piranti keras dan tingkat optimisasi. Morabito [4] juga telah mengembangkan teknik analisa penggunaan energi data centre dengan melakukan experiment pengukuran secara fisik. Semua teknik pengukuran energi seperti yang telah disebutkan diatas mempergunakan peralatan fisik atau Wattmeter untuk mendapatkan informasi konsumsi energi listrik, sementara Cloud data centre merupakan virtualisasi yang saling terhubung dan tidak memiliki titik pengukuran secara fisik untuk mengetahui konsumsi suatu Virtual Machine (VM) karena bentuknya virtual.

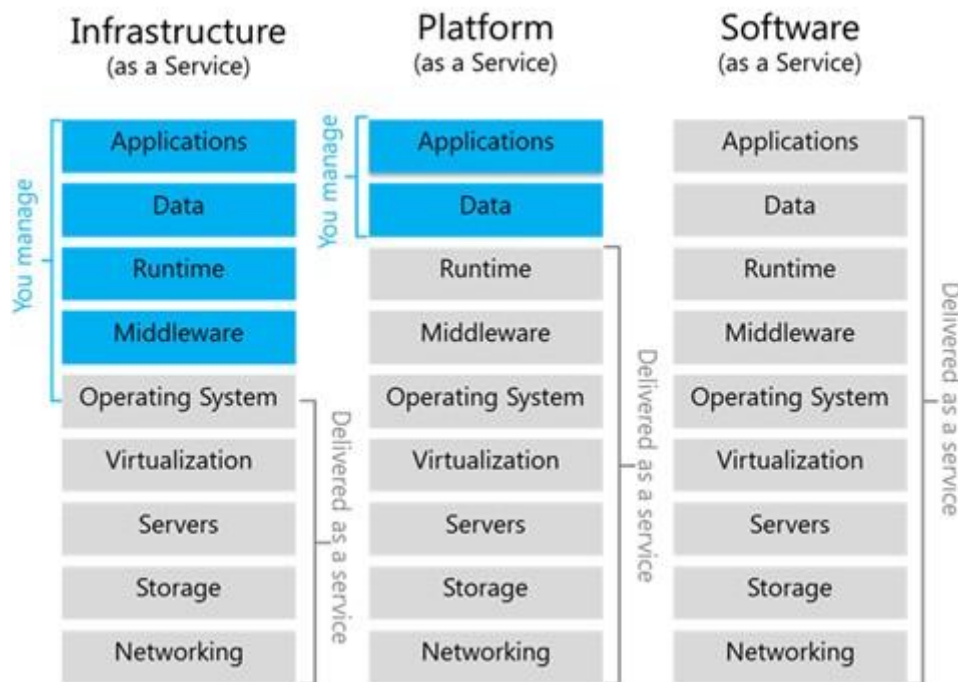
Teknologi untuk mengukur energi listrik tanpa alat fisik atau Wattmeter telah ditawarkan oleh Murwantara [5] dengan mengadopsi peralatan piranti lunak Powertop [6] yang telah dikembangkan oleh Intel. Metode pengukuran ini mempergunakan beban kerja (workload) untuk melakukan simulasi pengguna masuk ke dalam sistem dan melakukan beberapa aktifitas sebelum keluar dari sistem. Beban kerja yang dikirimkan pada obyek pengukuran memberikan picu bagi fungsi atau layanan piranti lunak yang terdapat didalam sistem. Misalkan sebuah HTTP server akan bereaksi memberikan layanan ketika port HTTP atau bagian dari Web server diakses oleh pengguna, sehingga halaman web memberikan reaksi berupa output HTML atau dalam bentuk lainnya.

Tulisan ini berusaha memberikan informasi yang dihasilkan dari suatu studi penggunaan energi pada dua bentuk virtualisasi berbeda, yaitu Docker dan Virtual Machine. Kedua bentuk virtualisasi ini

berjalan diatas arsitektur Cloud berbasis Opensource, yaitu Openstack. Adapun kelanjutan tulisan ini akan berisi, pertama, penjelasan singkat mengenai virtual machine dan Docker. Kemudian dilanjutkan dengan metode pengujian dan evaluasi yang dilakukan terhadap obyek penelitian. Ketiga, kami akan memaparkan hasil penelitian dan analisa secara keseluruhan. Terakhir, tulisan ini akan ditutup dengan sebuah kesimpulan dan kemungkinan arah penelitian yang dapat dilakukan untuk melanjutkan penelitian ini.

## 2. Pengetahuan Dasar

Bagian ini akan menjabarkan secara singkat mengenai teknologi komputasi awan. Komputasi awan atau biasa dikenal dengan Cloud Computing memiliki beberapa model layanan, yaitu Infrastructure as a Service (IaaS), Software as a Service dan Platform as a Service, seperti terlihat pada Gambar1.



Gambar 1. Model Layanan Komputasi Awan

Pada model layanan IaaS, pengguna dapat menentukan Sistem Operasi yang akan digunakan, misalkan Linux, dan piranti lunak yang akan diimplementasikan. Model ini memungkinkan pengguna melakukan konfigurasi perangkat keras virtual yang hendak digunakan. Misalkan, pengguna dapat menentukan jumlah Virtual CPU, Memory dan kapasitas media penyimpanan, serta kebebasan dalam menentukan aplikasi apa saja yang akan digunakan dalam operasionalnya. Pada model layanan PaaS, pengguna tidak lagi bisa menentukan perangkat keras virtual dan sistem operasi, tetapi masih dapat menentukan aplikasi dan media penyimpanan data. Sementara untuk model layanan SaaS, pengguna hanya dapat mempergunakan piranti lunak yang sudah terinstall didalam Cloud, dan hanya dapat melakukan konfigurasi piranti lunak tersebut, contoh SaaS adalah layanan web hosting.

## 3. Hasil dan Pembahasan

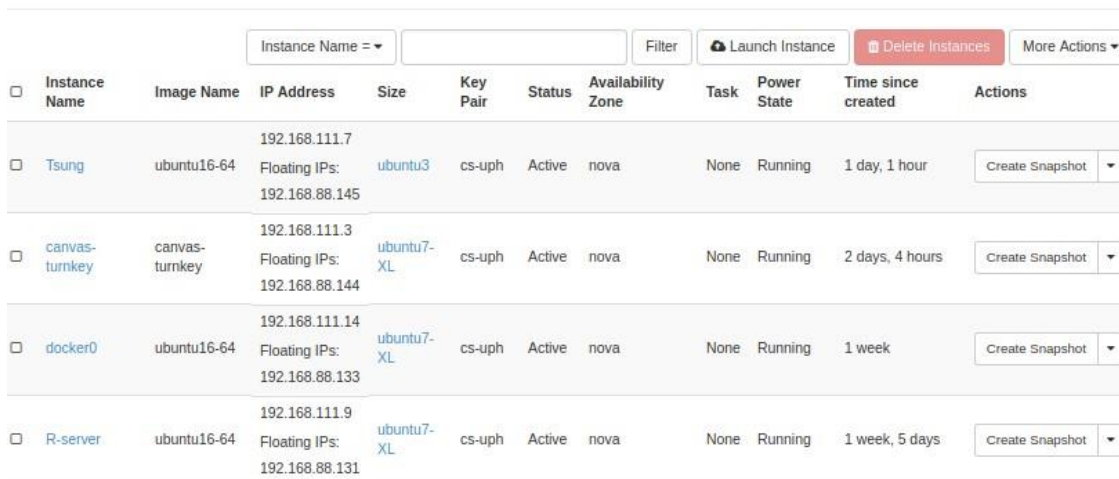
Pada bagian ini, kami akan berdiskusi mengenai proses implementasi, hasil dan pengujian, serta proses evaluasi. Kami akan memulai dengan menjelaskan arsitektur dan konfigurasi perangkat keras pada Cloud yang dipergunakan pada penelitian ini. Kemudian dilanjutkan dengan

### 3.1. Cloud Sistem

Kami mempergunakan enam (6) buah komputer server dengan masing-masing perangkat adalah IntelNUC i7 Quad Core dengan memory 16 GigaByte dan media penyimpanan memiliki kapasitas minimal 240 Giga Byte. Jaringan computer yang digunakan memiliki kapasitas 1 Giga Byte dimana tiap computer memiliki dua buah kartu jaringan untuk komunikasi dengan pengontrol Cloud dan untuk koordinasi komunikasi antar sesama computer dengan menggunakan middleware, RabbitMQ. Teknologi Cloud yang dipergunakan adalah Openstack, Opensource Cloud system, dan konfigurasi-deployment mempergunakan Fuel untuk Openstack. Kami mempergunakan Fuel untuk memudahkan instalasi karena terdapat fitur

otomasi dan skalabilitas yang ditawarkan. Lebih lanjut, konfigurasi Openstack lebih mudah dan hemat perangkat keras karena sumber piranti lunak dapat diunduh secara langsung dari jaringan Internet selama proses instalasi.

Implementasi instance pada Openstack ini diperlihatkan pada gambar 2. Instance canvas-turnkey merupakan implementasi aplikasi eLearning Canvas yang berjalan diatas Virtual Machine Linux Debian Jessie, dan instance docker0 adalah implementasi dari virtualisasi Docker didalam Virtual Machine berbasis Ubuntu 16. Seperti terlihat pada gambar 2, setiap instance memiliki dua buah alamat internet yaitu 192.168.111.0/24 untuk komunikasi internal didalam Cloud dan alamat internet 192.168.88.0/24 untuk komunikasi dengan jaringan external. Kedua jaringan ini terhubung dengan satu virtual router yang melakukan pemetaan antar dua alamat ini dan juga berperan sebagai Firewall, sehingga instance pada jaringan akan lebih terjaga keamanannya.



Instance Name	Image Name	IP Address	Size	Key Pair	Status	Availability Zone	Task	Power State	Time since created	Actions
<input type="checkbox"/> Tsung	ubuntu16-64	192.168.111.7 Floating IPs: 192.168.88.145	ubuntu3	cs-uph	Active	nova	None	Running	1 day, 1 hour	Create Snapshot
<input type="checkbox"/> canvas-turnkey	canvas-turnkey	192.168.111.3 Floating IPs: 192.168.88.144	ubuntu7-XL	cs-uph	Active	nova	None	Running	2 days, 4 hours	Create Snapshot
<input type="checkbox"/> docker0	ubuntu16-64	192.168.111.14 Floating IPs: 192.168.88.133	ubuntu7-XL	cs-uph	Active	nova	None	Running	1 week	Create Snapshot
<input type="checkbox"/> R-server	ubuntu16-64	192.168.111.9 Floating IPs: 192.168.88.131	ubuntu7-XL	cs-uph	Active	nova	None	Running	1 week, 5 days	Create Snapshot

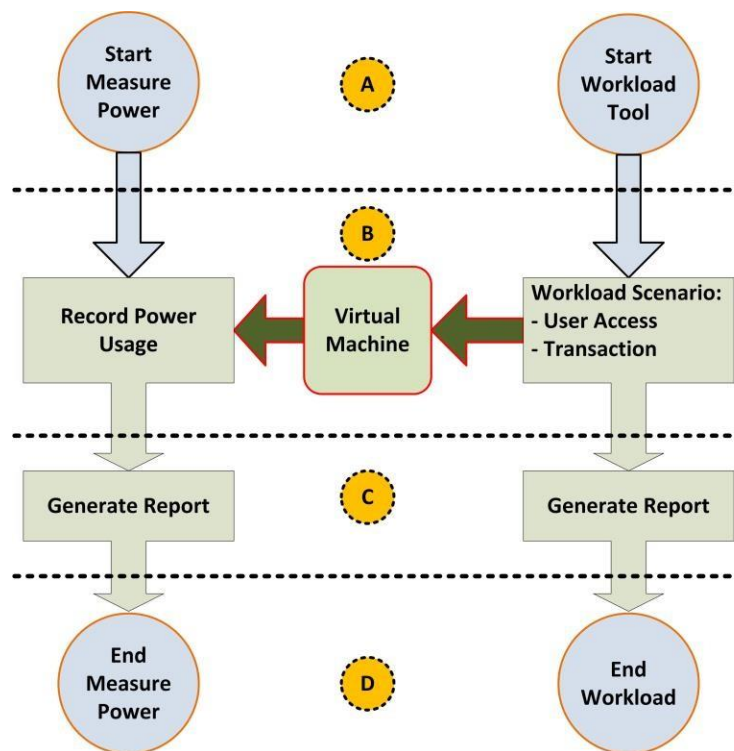
Gambar 2. Konfigurasi Instance pada Cloud Openstack Penelitian

### 3.2. Metode Pengukuran Energi

Dalam melakukan pengukuran energi, kami mempergunakan tool Powertop [6] yang dikembangkan oleh Intel secara Opensource. Adapun konfigurasi pengukurannya, kami mempergunakan hasil penelitian yang pernah kami lakukan [5]. Berikut adalah prosedur yang kami kerjakan seperti terlihat pada gambar 3:

- Beban kerja dikirimkan kepada obyek virtual dalam hal ini Virtual Machine dengan cara mengakses ke dalam sistem, misalkan VM berupa HTTP server, maka beban kerja berupa simulasi akses pengguna ke dalam website.
- Bersamaan dengan beban kerja yang dikirimkan ke dalam obyek pengukuran, Powertool dihidupkan untuk menangkap setiap proses dan seberapa energi listrik dipergunakan.
- Setelah beban kerja dikirimkan ke dalam sistem selesai, maka informasi beban kerja dan energi yang dikonsumsi dibuat menjadi suatu paket pelaporan.
- Terakhir, seluruh sistem beban kerja dan Powertop dimatikan.

Pada hasil akhir pengukuran, informasi konsumsi energi berupa sejumlah file yang tersimpan dalam direktori yang terbagi untuk setiap beban kerja. Misalkan, untuk 5 pengguna mengakses ke dalam sistem selama 5 menit memiliki 10 file hasil pengukuran, kemudian dilakukan perhitungan rata-rata (average) dari set data. Hal ini dilakukan karena beban yang diterima oleh obyek yang diukur akan mengalami perbedaan respon akibat dari karakteristik CPU yang mengistirahatkan proses yang tidak terlalu membebani sistem secara keseluruhan. Teknologi ini dikembangkan oleh sistem operasi Linux/UNIX yang disebut Tickless Kernel [7], dan umum terjadi untuk mengurangi konsumsi daya listrik dan peningkatan panas (thermal) pada Processor.



Gambar 3. Prosedur Pengukuran Energi

Adapun tampilan informasi energi oleh Powertop pada saat pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4, sebuah Virtual Machine yang berjalan diatas infrastruktur Cloud Openstack dengan spesifikasi 4 Virtual CPU (vCPU), 14 GigaByte memory dan 100 GigaByte kapasitas media penyimpanan. Power estimation merupakan hasil pembacaan lamanya suatu proses berjalan dan berapa besar perkiraan penggunaan processor, dimana estimasi dilakukan karena Powertop mempergunakan metode Machine Learning pada setiap hasil pengukuran. Pada pengukuran ini penggunaan CPU 0.7% dengan jumlah panggilan proses rata-rata sebanyak 69.4 panggilan per detik. Contoh proses yang sedang berjalan adalah sebuah Redis Server yang berjalan di localhost telah mempergunakan 350.1 rata-rata proses per detik dan mengkonsumsi kira-kira 3.75 miliWatt. Sementara itu, dibaris paling bawah Web Server Apache melakukan proses rata-rata 169.3 panggilan per detik dan mengkonsumsi 1.81 miliWatt pada saat pengukuran dilakukan.

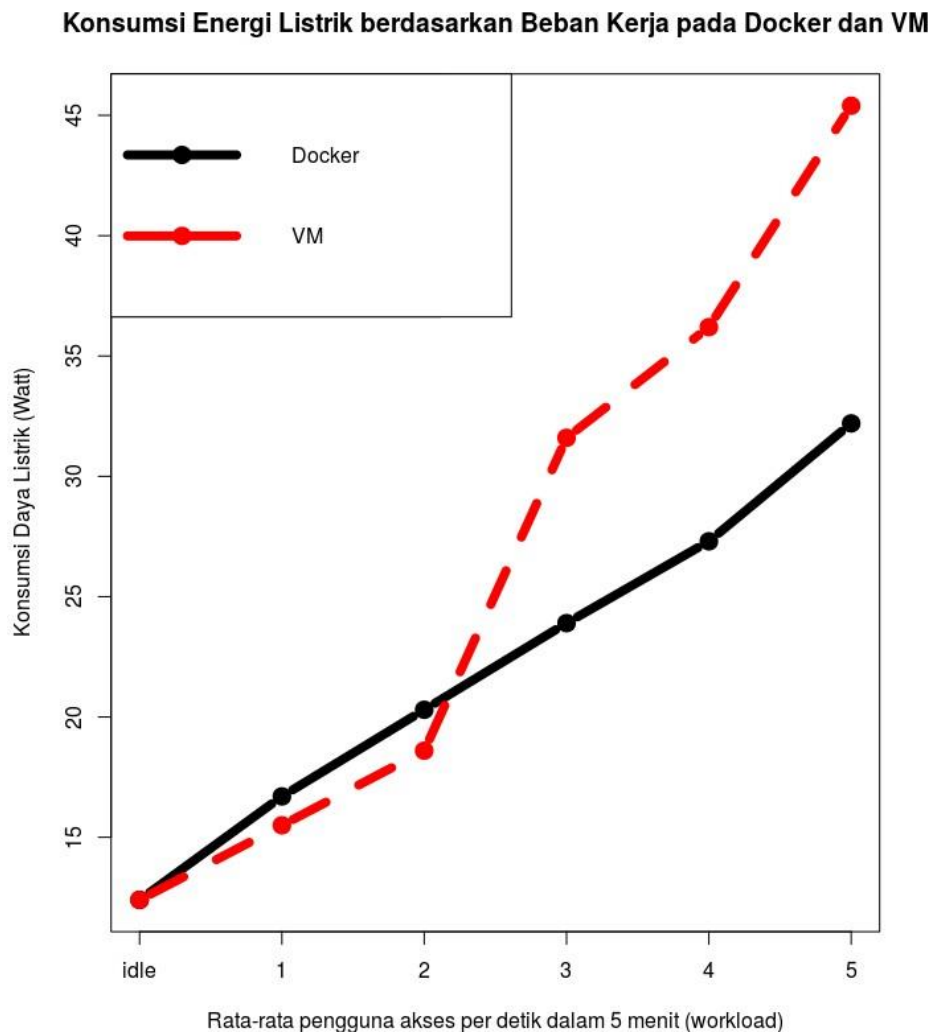
```

root@canvas: /var/cache/powertop
PowerTOP 2.6.1 Overview Idle stats Frequency stats Device stats Tunables
Summary: 69.4 wakeups/second, 0.0 GPU ops/seconds, 0.0 VFS ops/sec and 0.7% CPU use
Power est. Usage Events/s Category Description
12.2 W 0.7 pkts/s Device Network interface: eth0 (virtio_net)
14.5 mW 1.4 ms/s 0.7 Process delayed:wait:1-canvas_queue:0:max
14.2 mW 1.3 ms/s 0.6 Process delayed:wait:1-canvas_queue:0:10
11.8 mW 1.1 ms/s 0.4 Process Passenger core
8.87 mW 0.8 ms/s 0.6 Process PassengerAgent
3.75 mW 350.1 s/s 10.0 Process /usr/bin/redis-server 127.0.0.1:6379
2.52 mW 235.7 s/s 0.00 Process postgres: canvas canvas_production 127.0.0.1(5
2.50 mW 233.5 s/s 0.00 Process postgres: canvas canvas_production 127.0.0.1(5
2.28 mW 212.7 s/s 0.00 Process postgres: canvas canvas_production 127.0.0.1(5
2.15 mW 201.3 s/s 0.00 Process postgres: canvas canvas_production 127.0.0.1(5
1.85 mW 173.0 s/s 0.05 Process /usr/bin/monit -c /etc/monit/monitrc
1.81 mW 169.3 s/s 10.9 Process /usr/sbin/apache2 -k start
    
```

Gambar 4. Powertop melakukan Pengukuran Daya Listrik pada Virtual Machine didalam Cloud

### 3.3. Evaluasi

Pada bagian evaluasi ini kami melaporkan hasil pengukuran energi pada Docker dan Virtual Machine. Terlihat pada Gambar 5., plot dari konsumsi energi berdasarkan pengukuran menggunakan teknik yang telah dijelaskan pada bagian sebelum ini. Pada grafik, garis putus-putus adalah Virtual Machine (VM) dan garis utuh adalah Docker. Kedua teknik virtualisasi mengkonsumsi energi dalam jumlah sama pada kondisi idle atau tanpa beban, hal ini terjadi karena kedua instance berada pada infrastruktur yang sama yaitu Cloud Openstack. Ketika beban kerja diberikan, dimana beban kerja ini melakukan simulasi pengguna mengakses halaman web pada obyek – docker dan VM, pada tenggang waktu yang sama. Beban kerja pada penelitian ini mempergunakan Tsung [8] berbasis Erlang.



Gambar 5. Plot Konsumsi Energi Listrik dengan Beban Kerja Setiap Detik Selama 5 Menit

Ketika beban kerja dimasukkan, dimana satu (1) pengguna per detik mengakses selama 5 menit, rata-rata energi yang dikonsumsi oleh Docker meningkat menjadi lebih dari 16,7 Watt, sementara VM hanya mengkonsumsi 15,5 Watt. Komposisi ini berubah ketika beban kerja meningkat menjadi tiga (3) pengguna per detik, dimana VM mengkonsumsi energi listrik lebih dari Docker, yaitu 31,6Watt dan 23,9Watt. Gap diantara keduanya meningkat lebih tajam lagi ketika jumlah pengguna yang mengakses kedalam sistem meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa konsumsi energi pada VM lebih besar dari Docker, dan hasil yang kami peroleh ini mendukung pernyataan yang dilakukan oleh Santos [9], Tadesse [10] dan Casillichio [11].

Menurut pendapat kami, penggunaan Docker pada Cloud akan sangat mendukung

pengurangan emisi gas buang pada pembangkit listrik dengan cara mengurangi konsumsi energi pada proses yang berjalan secara simultan didalam sistem computer. Hal lain yang menarik dari pengalaman ini adalah VM yang notabene merupakan host dari Docker, secara keseluruhan mengkonsumsi energi listrik kurang dari host yang hanya mempergunakan VM. Analisa awal kami, hal ini terjadi karena Docker melakukan enkapsulasi atau menggabungkan beberapa proses dalam sebuah proses, kemudian melakukan kompresi menjadi satu sehingga tidak banyak sumber komputasi atau beban CPU yang harus dikerjakan. Lebih lanjut, kami juga melihat kemungkinan bahwa Docker melakukan pengurangan proses dengan mengurangi jumlah proses yang langsung berinteraksi dengan CPU.

#### **4. Simpulan**

Docker mengkonsumsi energi lebih rendah dari VM. Dengan teknologi pengukuran energi yang ditawarkan pada tulisan ini, kita dapat memperkirakan seberapa besar energi yang dikonsumsi oleh suatu model layanan Cloud dan implementasi virtualisasi yang diberikan seberapa berpengaruh terhadap proses yang terjadi didalam sistem. Beban kerja yang diberikan pada suatu konfigurasi virtual seperti Cloud, mempengaruhi secara sebagian dan keseluruhan bergantung pada seberapa banyak dependensi proses yang terjadi didalam sistem. Hasil pengukuran yang kami berikan menjadi petunjuk awal bahwa Docker akan berperan aktif dimasa depan sebagai bentuk virtualisasi dalam virtualisasi guna mengurangi konsumsi energi pada Data Centre yang mengoperasikan Cloud system. Lebih lanjut, otomatis penggunaan piranti lunak didalam Docker mempermudah konfigurasi suatu dependensi antar component yang sangat kompleks, seperti eLearning. Sebagai penutup, lebih banyak lagi bagian dari penelitian ini yang belum dirambah, dengan sedikit kreatifitas kami berkeinginan untuk mengembangkan kedalam hal yang lebih dalam, misalkan pada migrasi hidup (live migration) docker didalam Cloud secara utuh dan identifikasi awal failure yang mungkin terjadi pada Docker.

#### **5. Pengakuan Dukungan**

Artikel publikasi ini didukung oleh penelitian internal Universitas Pelita Harapan dengan No. P- 008-FIK/IV/2017

#### **Daftar Pustaka**

- [1] Clay B., Using Intel Power Checker to measure the energy performance of a compute-intensive application, 2012, Intel Developer zone.
- [2] Aman Kansal, The Need for Speed and Stability in Data Center Power Caping, The Third International Green Computing Conference, 2012.
- [3] Z. Zhang and S. Fu, "Profiling and analysis of power consumption for virtualized systems and applications," *International Performance Computing and Communications Conference*, Albuquerque, NM, 2010, pp.329-330. doi: 10.1109/PCCC.2010.5682290
- [4] Roberto Morabito, Power Consumption of Virtualization Technologies: An Empirical Investigation, IEEE International Conference on Utility and Cloud Computing, 2015, Cyprus
- [5] I Made Murwantara and B. Bordbar, "A Simplified Method of Measurement of Energy Consumption in Cloud and Virtualized Environment," *2014 IEEE Fourth International Conference on Big Data and Cloud Computing*, Sydney, doi: 10.1109/BDCloud.2014.47
- [6] Powertop, <https://01.org/powertop>, Intel Opensource.
- [7] Fernando Garcia, Chrif Lameter, Tickless Kernel Practical Experiences, LinuxCon 2013, New Orleans.
- [8] Tsung, <http://tsung.erlang-projects.org/>
- [9] Santos, Eddie Antonio, et al. "How does Docker affect energy consumption? Evaluating workloads in and out of Docker containers." *arXiv preprint arXiv:1705.01176* (2017).
- [10] Tadesse, Senay Semu, Francesco Malandrino, and Carla-Fabiana Chiasserini. "Energy Consumption Measurements in Docker." *Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2017 IEEE 41st Annual*. Vol. 2. IEEE, 2017.
- [11] Casalicchio, Emiliano, and Vanessa Perciballi. "Measuring Docker Performance: What a Mess!!!" *Proceedings of the 8th ACM/SPEC on International Conference on Performance Engineering Companion*. ACM, 2017.