

OPTIMALISASI JARINGAN KOMPUTER TANPA HARDDISK (DISKLESS) PADA LABORATORIUM JARINGAN AKN PACITAN

Bagus Julianto¹, Kurnianto Tri Nugroho², Danny Febryan Nur M.S.³

^{1,2,3} Pemeliharaan Komputer dan Jaringan, Akademi Komunitas Negeri Pacitan

Email : ¹bagusjulianto@aknpacitan.ac.id, ²kurnianto@aknpacitan.ac.id, ³dannyfnms@aknpacitan.ac.id

ABSTRACT

Diskless technology provides convenience for users in terms of managing large numbers of computers. In the process, a group of computers run the system without using a hard disk, with the PXE method every computer connected to the network can run the system by receiving a cloned image provided by the service provider computer (server). The ability of the network to transfer data and the server to serve clients has a huge impact on the process. Optimization from the network side is done by increasing the network's ability to transmit data from 100 Mbps to 1000 Mbps, besides that improvements are also made from the server side where the use of a core i-7 processor, 8 GB memory, and SSD can provide increased performance. The time required to enter the system is 5 minutes, 20 minutes faster than the previous experiment, which was 25 minutes.

Keywords: Network, Diskless, PXE, Computer.

ABSTRAK

Teknologi Diskless memberikan kemudahan bagi pengguna dalam hal melakukan manajemen komputer dengan jumlah banyak. Dalam prosesnya sekumpulan komputer menjalankan sistem tanpa menggunakan harddisk, dengan metode PXE setiap komputer yang terhubung ke dalam jaringan dapat menjalankan sistem dengan menerima sebuah image kloning yang diberikan oleh komputer penyedia layanan (server). Kemampuan jaringan dalam melakukan transfer data serta server dalam melayani klien memberikan dampak yang sangat besar dalam prosesnya. Pengoptimalan dari sisi jaringan dilakukan dengan meningkatkan kemampuan jaringan dalam mentransmisikan data dari 100 Mbps menjadi 1000 Mbps, selain itu peningkatan juga dilakukan dari sisi server dimana penggunaan processor core i-7, memory 8 GB, dan SSD dapat memberikan peningkatan kinerja. Waktu yang dibutuhkan untuk masuk kedalam sistem adalah selama 5 menit lebih cepat 20 menit dibanding dengan percobaan sebelumnya yaitu selama 25 menit.

Kata kunci: Jaringan, Diskless, PXE, Komputer

I. PENDAHULUAN

Laboratorium memiliki peranan yang sangat penting dalam pembelajaran matakuliah. Secara umum laboratorium digunakan oleh dosen dan mahasiswa untuk meningkatkan kompetensinya melalui penelitian atau percobaan. Ilmu yang telah didapat selama perkuliahan (teori) kemudian diimplementasikan melalui praktik. Agar aktivitas-aktivitas tersebut dapat berjalan dengan baik maka seorang Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) harus dapat memastikan bahwa peralatan-peralatan yang terdapat di dalam laboratorium dapat berjalan dengan normal

melalui aktivitas seperti pemeliharaan atau perawatan peralatan dan pengevaluasian sistem kerja laboratorium [1]

Beberapa kendala umum yang muncul dalam sebuah aktivitas praktik diantaranya adalah, Pertama kesulitan dalam melakukan instalasi aplikasi yang dibutuhkan dalam perkuliahan. Hal tersebut terjadi dikarenakan perbedaan perangkat keras komputer. Perbedaan kompatibilitas menjadi kendala tersendiri [2][3][4]. Kedua Penggunaan yang kurang tepat atau kesalahan yang dilakukan oleh mahasiswa atau instruktur juga dapat mempengaruhi system Komputer. Faktor kelistrikan juga menjadi penyebab

kerusakan seperti tidak terpasangnya UPS sebagai antisipasi jika terjadi pemadaman listrik secara tiba-tiba sehingga komputer tidak dapat melakukan *shutdown* secara normal. [5]. Ketiga Faktor Usia atau penggunaan yang dilakukan terus-menerus selama 24 jam *nonstop* juga menjadi penyebab harddisk mengalami kerusakan seperti *bad sector* [6]. Keempat serangan virus yang mengakibatkan kerusakan sistem, menyebabkan perbaikan sistem dengan melakukan pembersihan membutuhkan waktu yang tidak singkat. Jika proses pembersihan tersebut dapat mengembalikan sistem kedalam kondisi sebelumnya maka tidak perlu dilakukan instalasi sistem operasi ulang, akan tetapi jika hal sebaliknya terjadi maka diperlukan waktu tambahan untuk melakukan instalasi sistem operasi dan aplikasi pendukung. [7]

Kejadian – kejadian tersebut tentunya dapat menyebabkan terkendalanya kegiatan perkuliahan. Keterbatasan tenaga PLP menambah lamanya proses perbaikan dan perawatan laboratorium. Untuk itu diperlukan sebuah sistem yang dapat mengelola atau manajemen komputer laboratorium sehingga dapat meminimalkan atau bahkan menghilangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Penerapan metode Preeboot Execution Environment (PXE) di laboratorium Jaringan AKN Pacitan dapat menjadi solusi dari permasalahan-permasalahan tersebut. Metode PXE memungkinkan sebuah komputer dapat berjalan tanpa adanya sebuah media penyimpanan didalamnya. Dengan sumber data terpusat, komputer yang terhubung ke internet dapat mengakses data dan menjalankan sistem secara otomatis sehingga dari sisi ekonomis dapat mengurangi biaya pengadaan barang berupa harddisk [8]. Metode PXE juga dapat memudahkan seorang PLP dalam melakukan pengelolaan sistem menjadi lebih mudah dan efisien [9][10].

Penerapan metode PXE pada penelitian sebelumnya di Laboratorium Jaringan masih belum memberikan hasil yang maksimal hal tersebut disebabkan keterbatasan media pengiriman data dalam jaringan serta kemampuan server dalam memberikan layanan. Kecepatan yang mampu diberikan oleh perangkat jaringan

lokal adalah sebesar 100 Mbps. Dari hasil uji yang dilakukan kepada 14 komputer klien 12 diantaranya berhasil masuk ke dalam sistem dengan membutuhkan waktu tempuh sekitar 25 menit serta dua diantaranya gagal login. Dalam proses kegiatannya beberapa komputer klien mengalami hang [11]. Sehingga perlu dilakukan optimalisasi untuk dapat meningkatkan kinerja dari metode tersebut.

II. LANDASAN TEORI

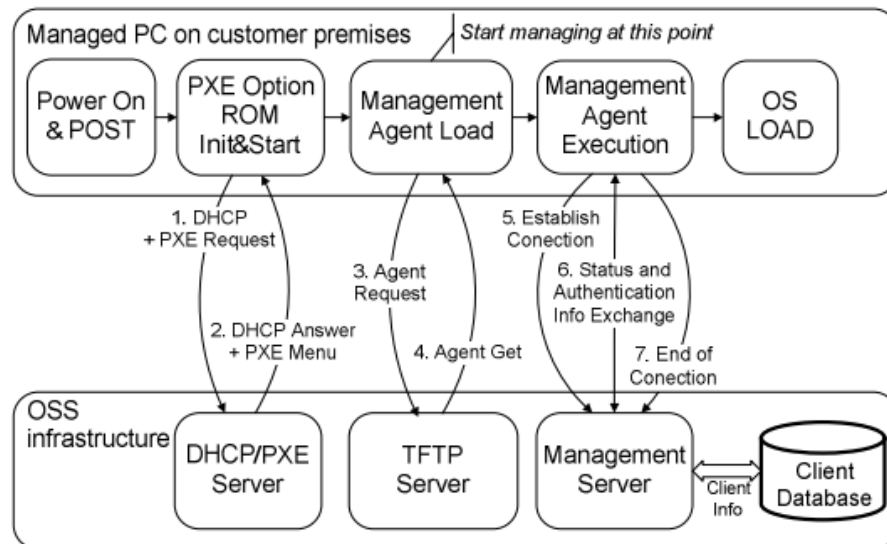
A. Preeboot Execution Environment (PXE)

PXE merupakan sebuah metode yang menerapkan sistem interface klien server. Metode ini digunakan untuk mengkonfigurasi komputer – komputer yang terhubung dalam satu jaringan. Komputer-komputer tersebut tidak memiliki media penyimpanan sehingga untuk dapat menjalankan sistem operasi dilakukan sebuah proses booting melalui media jaringan (dilakukan secara *remote*) oleh instruktur atau admin yang berada di dalam laboratorium. Program yang mengatur proses tersebut yaitu PXE berada didalam sebuah chip ROM yang terpasang pada sebuah perangkat jaringan memungkinkan sebuah komputer dapat berkomunikasi dengan *server* dan melakukan booting secara *remote* [12], proses dari sistem PXE dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Saat komputer dihidupkan hal pertama yang dilakukan adalah proses POST (Power-on Self Test) dengan memeriksa perangkat-perangkat yang terpasang didalam komputer (Gambar 1)
2. Sebuah perangkat yang tertanam program PXE akan melakukan inisialisasi subsistem IP ROM Boot PXE dengan melakukan sebuah permintaan kepada server berupa alamat IP melalui protokol DHCP serta melakukan identifikasi apakah perangkat jaringan dari sisi server juga mendukung metode ini dengan cara klien mengunduh File Network Boot Program (NBP) melalui

Trivial File Transfer Protocol (TFTP) yang disediakan oleh server.

3. File NBP tersebut kemudian dieksekusi dan melakukan proses load sistem operasi.



Gambar 1. Proses *Remote Booting* Sistem Operasi melalui Metode PXE

III. METODE PENELITIAN

A. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian yang penulis lakukan bersifat study kasus (*case study*). Penelitian ini fokus pada suatu kasus tertentu dengan menggunakan permasalahan yang ada disekitar peneliti sebagai bahan studinya. Karena penelitian bersifat studi kasus dengan melakukan pengumpulan dan penggalian yang lebih dalam terhadap ojeck yang diteliti, maka penelitian yang dilakukan adalah eksploratif [13]

B. Tahapan Penelitian

1. Analisis Kebutuhan

Terdapat beberapa tahapan yang penulis lakukan dalam aktivitas Analisis Kebutuhan, yaitu:

- a. Peneliti mempelajari sistem diskless yang telah diterapkan dengan spesifikasi jaringan dan perangkat server sebelumnya sehingga penulis mendapatkan masukan tentang pengembangan yang perlu dilakukan.
- b. Peneliti melakukan pengumpulan informasi mengenai kebutuhan perangkat

seperti komputer yang terdapat didalam laboratorium jaringan.

- c. Peneliti merancang dan menentukan spesifikasi kebutuhan dalam melakukan pengoptimalisasian jaringan diskless.

2. Optimalisasi Sistem Jaringan Diskless

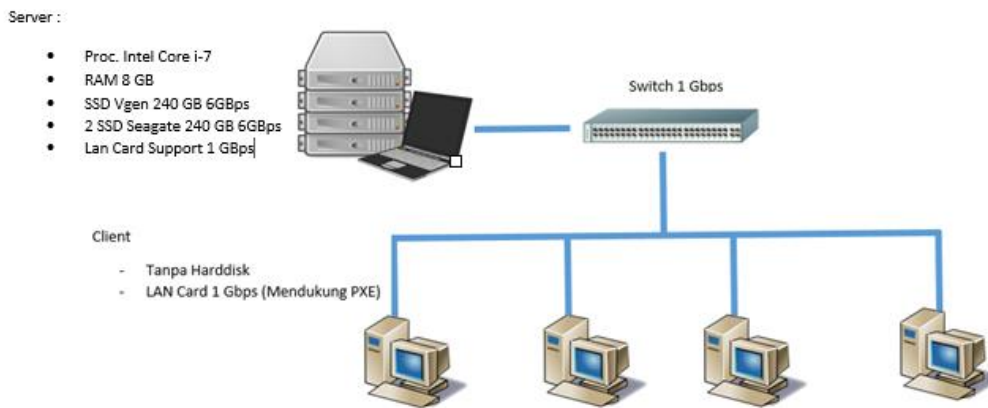
Dalam penelitian sebelumnya [11], proses perancangan jaringan tanpa harddisk dilakukan dengan menggunakan topologi jaringan star. Dimana setiap perangkat yang digunakan menggunakan spesifikasi yang telah terpasang pada laboratorium tersebut dengan kecepatan transfer maksimum sebesar 100 Mbps. Dari proses tersebut penulis melihat beberapa kendala yang dihadapi diantaranya adalah lamanya waktu tunggu sebuah klien agar dapat masuk kedalam sistem yaitu selama 25 menit tabel 1. Beberapa komputer gagal booting yang diakibatkan oleh trafik jaringan yang padat. Gagalnya resource yang didapatkan oleh setiap klien menyebabkan komputer menjadi Hang. Berdasarkan uraian tersebut penulis menyimpulkan beberapa penyebab dari kendala tersebut, diantaranya adalah :

- a. Kecilnya jalur jaringan yang digunakan sebagai tempat mengalirnya data sehingga kepadatan jaringan tidak dapat dihindari.
- b. Penggunaan media penyimpanan data konvensional (harddisk) juga memberikan dampak dalam proses baca atau tulis data di sisi server. Karena akses berada disatu titik makan kecepatan akses data merupakan hal yang penting. Diperlukan sebuah media penyimpanan yang memiliki kecepatan baca dan tulis data.

Tabel 1. Perbandingan Kecepatan Waktu Proses Kecepatan Jaringan 100 Mbps

No	Jumlah Klien	Lama Proses (Menit)
1	1	3,5
2	5	6
3	14	25

Dari analisa tersebut penulis melakukan upaya optimalisasi dengan melakukan perubahan perangkat keras jaringan dan server dapat dilihat



Gambar 2. Diagram Jaringan Tanpa Harddisk

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi

Secara umum proses kerja dari sistem ini adalah setiap komputer klien yang terhubung ke jaringan lokal harus memiliki sebuah perangkat jaringan (ethernet card) yang mendukung metode PXE. Ketika komputer klien dijalankan sebuah ethernet card akan melakukan permintaan

pada gambar 2. Tahapan selanjutnya dari proses ini adalah dengan melakukan implementasi dan pengujian, penulis melakukan pengujian dengan beberapa parameter , yaitu :

1. Pengujian booting diskless, pengujian ini dilakukan apakah jaringan diskless berhasil diterapkan.
2. Pengujian kestabilan jaringan diskless.
3. Performasi CPU Server ditinjau dari segi CPU utilization
4. Pengujian memori dan penyimpanan dengan beberapa skenario sebagai berikut :
 - a. Klien tidak menjalankan aplikasi apapun
 - b. Klien menjalankan aplikasi perkuliahan dalam penelitian ini matakuliah basis data (mariaDB dan PostgreSQL)
 - c. Klien menjalankan aplikasi umum yang digunakan seperti Chrome, dsb.

pengalamat IP yang disediakan oleh server melalui layanan DHCP, yang selanjutnya komputer klien akan melakukan booting dengan meminta sebuah resource. Hal ini dilakukan secara terus menerus hingga komputer berhasil masuk ke dalam sistem. Sehingga kecepatan dari sebuah jaringan menjadi hal utama yang harus diperhatikan.

Proses implementasi jaringan yang penulis lakukan adalah dengan menggunakan topologi star. Topologi ini dipilih karena proses instalasi perangkat dan manajemen jaringan yang mudah dilakukan serta memiliki beberapa keuntungan [14], dari sisi server penulis melakukan optimalisasi dengan melakukan peningkatan jumlah memory 8 GB hal ini dilakukan agar dapat meminimalkan waktu proses baca tulis yang terjadi diantara processor dan harddisk. Peningkatkan kemampuan baca tulis dari sisi penyimpanan penulis lakukan dengan mengganti dari harddisk menjadi *Solid State Drive* (SSD), Serta media pengiriman (kabel) penulis menggunakan kabel Cat5e dan Switch 1 Gbps.

B. Pengujian Waktu

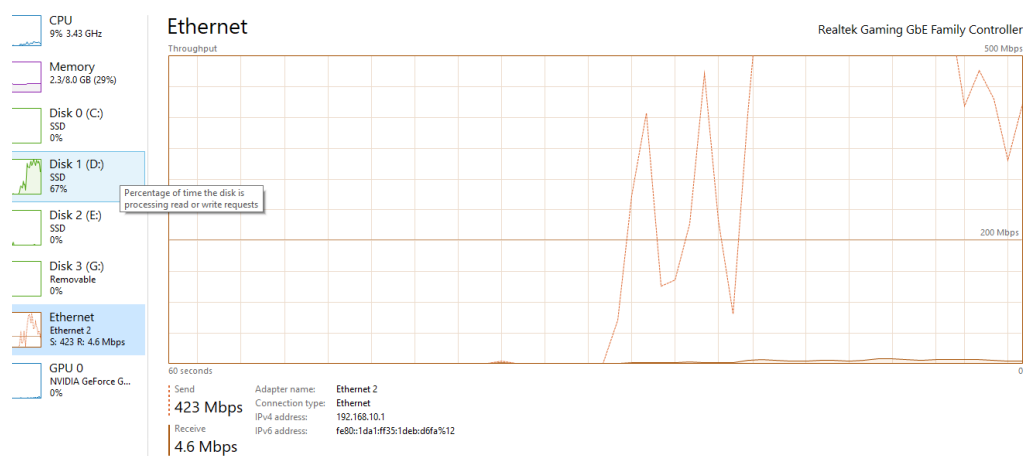
Pada tahapan ini penulis melakukan uji lamanya waktu yang dibutuhkan oleh sebuah jaringan tanpa harddisk (diskless) dalam menjalan kpmputer. Percobaan pertama yang penulis lakukan adalah dengan menggunakan satu buah image yang telah di upload kedalam ssd. Hasil dari pengamatan yang penulis lakukan menunjukkan waktu tunggu kurang lebih 5 menit lebih cepat 20 menit dibandingkan dengan percobaan yang telah dilakukan sebelumnya.

Dari proses ini, penulis melihat rata-rata penggunaan jaringan yang dilakukan oleh 14 komputer klien sebesar 423 Mbps (gambar 3). Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan jaringan dalam menyediakan *bandwith* dapat mempengaruhi kinerja jaringan *diskless*. Hal tersebut terlihat ketika sebuah jaringan hanya mampu menyediakan kecepatan maksimum sebesar 100 Mbps dengan kebutuhan jaringan sebesar 423 Mbps maka akan terjadi *delay* ketika komputer akan login ke dalam sistem operasi dan bahkan beberapa mengalami gagal booting.

Penggunaan dua image dalam jaringan *diskless* memberikan pengaruh pada kecepatan proses komputer masuk kedalam sistem operasi. Waktu yang dibutuhkan sebuah komputer untuk masuk ke dalam sistem operasi adalah 3,5 menit lebih cepat 1,5 menit dibandingkan dengan penggunaan satu image untuk ke 14 komputer (tabel 2).

Tabel 2. Perbandingan Lama Waktu Proses Loading Kecepatan Jaringan 1000 Mbps

No	Jumlah Klien	Lama Proses (Menit)	Ket
1	14	5	1 Image
2	14	3,5	2 Image



Gambar 3. Aktivitas Server dalam Jaringan Diskless (Menjalankan 14 Klien)

Selanjutnya penulis melakukan analisa pada proses-proses yang berjalan pada perangkat server seperti media penyimpanan, RAM,

processor dan jaringan. Dari proses-proses tersebut penulis penulis melihat bahwa terdapat empat kondisi yang terjadi selama aktivitas

berlangsung seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan grafik dari tiap-tiap bagian. Peningkatan grafik tersebut terjadi saat computer pertama kali dihidupkan. Komputer server merespon permintaan dari klien dan mengirimkan resource yang diperlukan oleh klien. Sehingga pada proses ini (Disk 1) menunjukkan peningkatan grafik sebesar 67 %, Begitu juga dengan peningkatan grafik dari

jaringan. Terlihat peningkatan grafik yang konstan pada bagian send sebesar 423 Mbps dan dari bagian send tidak mengalami peningkatan grafik yang signifikan yaitu sebesar 4.6 Mbps. Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4 dapat dilihat bahwa peningkatan grafik pada bagian send menunjukkan server sedang melayani klien dengan mengirimkan resource (paket) yang diperlukan oleh klien.



Gambar 4. Grafik Aktivitas pada Jaringan Diskless

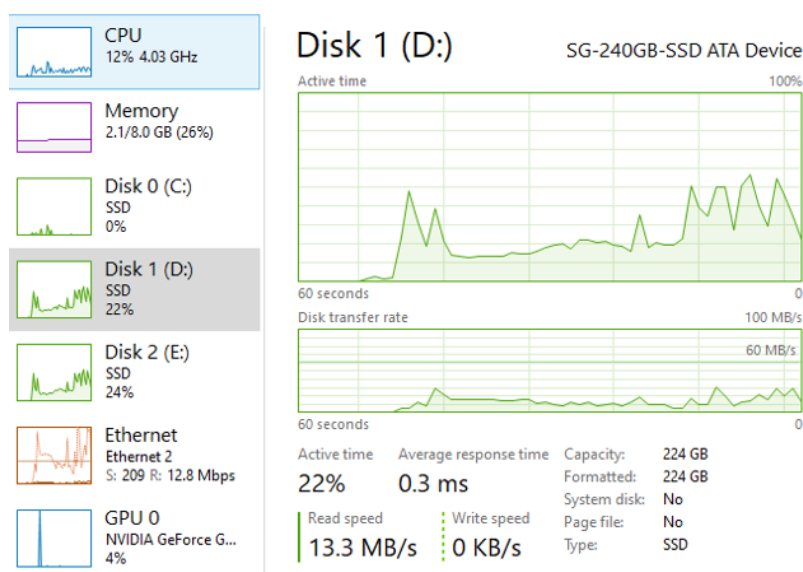
Tahapan Selanjutnya adalah komputer berada pada proses booting. Dalam proses booting komputer klien telah menerima sebagian resource (paket) yang dikirimkan oleh server dan melakukan proses booting, sehingga pada tahapan ini komputer tidak melakukan permintaan layanan kepada server. Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 4 tersebut dapat dilihat bahwa jaringan, harddisk, dan cpu tidak menunjukkan adanya peningkatan (proses berjalan dengan stabil). Proses booting dilakukan secara lokal oleh komputer klien. Ketika proses booting telah dilakukan maka komputer berada pada kondisi masuk kedalam sistem operasi (system operasi telah berhasil dijalankan). Dalam kondisi tersebut terjadi peningkatan grafik pada komponen penyimpanan dan jaringan di sisi server. Klien kembali melakukan komunikasi kepada server untuk meminta resource (paket) yang diperlukan. Terjadi peningkatan proses

yang ditunjukkan pada media penyimpanan hingga 97.9%, serta proses jaringan *send* sebesar 449 dan *receive* sebesar 29,1 Mbps. Ketika komputer klien benar-benar masuk kedalam sistem operasi dan mulai menjalankan beberapa aplikasi. Terjadi peningkatan grafik hampir 98% pada media penyimpanan dan jaringan mengalami proses *send* dan *receive* yang stabil yaitu 84 dan 18.8 Mbps.

Dari serangkaian percobaan yang telah dilakukan peneliti, peneliti mengamati bahwa puncak dari kepadatan aktivitas yang terjadi didalam jaringan dan server adalah ketika komputer klien meminta layanan berupa resource yang dibutuhkan komputer klien untuk dapat masuk kedalam sistem operasi dimana berdasarkan gambar 4, ketika komputer pertama kali dihidupkan, seluruh komputer yang terhubung jaringan akan meminta layanan berupa alamat IP kepada server sehingga pada proses ini

terjadi kepadatan pengiriman data yang dilakukan oleh server. Penulis mencatat kebutuhan maksimumnya adalah 430 Mbps, dan ketika komputer klien telah masuk ke dalam system operasi kemudian berjalan dengan normal rata-rata kecepatan maksimum adalah 200 Mbps. Sedangkan penggunaan maksimum penyimpanan terjadi di awal dan ketika komputer membuka aplikasi. Karena komputer menggunakan jaringan untuk mendapatkan resource yang dibutuhkan serta penggunaan system dan aplikasi diwaktu yang bersamaan maka terjadi lonjakan aktivitas

pada server. Untuk menghindari penggunaan media penyimpanan yang berlebih penulis menggunakan dua buah image yang disimpan pada penyimpanan yang berbeda yaitu pada disk1 (D:) dan disk2 (E:) seperti yang diperlihatkan pada gambar 5. Dengan membagi tiap-tiap image untuk diakses 7 komputer klien, terjadi keseimbangan proses diantara keduanya dimana tidak ada puncak proses antar disk1 dan disk2 dengan grafik rata-rata berkisar antara 22 hingga 24 persen.



Gambar 5. Grafik Proses Disk 1 dan Disk 2

V. KESIMPULAN

Dari serangkaian percobaan yang telah dilakukan, peneliti mengamati bahwa puncak dari kepadatan aktivitas yang terjadi didalam jaringan dan server adalah ketika komputer klien meminta layanan berupa resource yang dibutuhkan komputer klien untuk dapat masuk kedalam sistem operasi secara bersamaan, ketika komputer pertamakali dihidupkan seluruh komputer akan meminta layanan berupa alamat IP kepada server sehingga terjadi kepadatan pengiriman data yang dilakukan oleh server. Penulis mencatat kebutuhan maksimumnya adalah 430 Mbps, dan ketika komputer berjalan dengan normal rata-rata kecepatan maksimum

adalah 200 Mbps. Sedangkan penggunaan maksimum harddisk server terjadi di awal dan ketika komputer membuka aplikasi, karena komputer menggunakan jaringan dan layanan yang sama maka ketika setiap klien mengakses di waktu yang bersamaan akan terjadi lonjakan aktivitas di sisi server. Untuk menghindari penggunaan media penyimpanan yang berlebih penulis menggunakan dua buah image yang disimpan pada penyimpanan yang berbeda yaitu pada disk1 (D:) dan disk2 (E:) dengan membagi tiap-tiap image untuk diakses 7 komputer klien. Terjadi keseimbangan proses diantara keduanya dimana tidak ada puncak proses antar disk1 dan disk2.

Pengoptimalisasian perangkat pada jaringan diskless telah memberikan perubahan yang bagus

hal tersebut dapat dilihat dari waktu tempuh yang dibutuhkan 14 komputer klien login ke dalam sistem operasi. Waktu yang diperlukan dari 14 komputer tersebut adalah kurang lebih 5 menit lebih cepat 20 menit dari perangkat dengan kecepatan 100 Mbps. Ketika komputer menjalankan aplikasi seperti office word dan postgresQL komputer klien tidak mengalami kendala, komputer dapat berjalan seperti pada umumnya. Dalam proses kerjanya peningkatan grafik terjadi ketika seluruh komputer melakukan start dan melakukan booting dengan meminta resource yang diperlukan agar komputer dapat masuk kedalam sistem. Pembagian resource pada server mampu meminimalkan beban kerja media penyimpanan dalam melayani kebutuhan klien.

REFERENSI

- [1] Fachiyah, "Seluk Beluk Pranata Laboratorium Pendidikan Perguruan Tinggi," 2012. <http://fatchiyah.lecture.ub.ac.id/2012/09/seluk-beluk-pranata-laboratorium-pendidikan-perguruan-tinggi/> (accessed Apr. 09, 2020).
- [2] R. Safira, E. Asri, M. Azmi, and F. Rozi, "Perancangan dan Implementasi Sistem Operasi Terpusat Pada Server Berbasis Diskless di Laboratorium SMA DEK (Dedikasi Edukasi Kualiva) Kota Padang," *J. Abdimas Pengabd. dan Pengemb. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [3] L. L. Van FC, Y. Darmayunata, and F. A. Syam, "Pelatihan Penggunaan Server Diskless Dengan Cboot Berbasis Windows Di Laboratorium Fakultas Ilmu Komputer (Fasilkom) Universitas Lancang Kuning," *Community Engagem. Emerg. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 30–41, 2020.
- [4] F. J. Abiyyu, I. Ziad, and A. S. Handayani, "Implementasi Compatibility Layer Pada Jaringan Server Diskless Berbasis Ubuntu 18.04 LTS," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 13, no. 2, pp. 1–9, 2020.
- [5] D. A. Kusuma, "Perancangan Jaringan Diskless Menggunakan Program CCBoot (Studi Kasus pada Game Center PHDNet Semarang).," 2012. <http://eprints.dinus.ac.id/5308/>.
- [6] A. R. Trilaksono and I. Hiswara, "Rancangan Sistem Diskless Untuk Game Center Menggunakan Aplikasi CCBOOT," *JEIS J. Elektro dan Inform. Swadharma*, vol. 1, no. 1, pp. 21–25, 2021.
- [7] I. Satwika, I. Handika, and M. H. Prami Swari, "IMPLEMENTASI JARINGAN KOMPUTER DISKLESS MENGGUNAKAN WINDOWS TERMINAL SERVER (WTSP)(Studi Kasus STMIK STIKOM Indonesia)," *SCAN-Jurnal Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 16, no. 3, pp. 17–21, 2021.
- [8] A. M. Ridwan, E. Soesilo, and others, "PERANCANGAN JARINGAN DISKLESS BERBASIS LTSP (LINUX TERMINAL SERVER PROJECT) DI SMKN 2 PARIAMAN," *Abstr. Undergraduate, Fac. Educ. Bung Hatta Univ.*, vol. 3, no. 1, 2016.
- [9] S. Punthawanunt, S. Sappajak, and Y. Fujii, "Fully Automated Diskless Deployment for University's Lab," *Kasem Bundit Eng. J.*, vol. 8, no. 2, pp. 104–116, 2018, [Online]. Available: https://eng.kbu.ac.th/kbej/docs/articles/Vo1.8_2/KBEJ-8-2-8.pdf.
- [10] D. Y. Sasmito, "IMPLEMENTASI JARINGAN KOMPUTER BERBASIS DISKLESS MENGGUNAKAN LTSP (LINUX TERMINAL SERVER PROJECT)," University of Muhammadiyah Malang, 2018.
- [11] B. Julianto, K. T. Nugroho, and D. F. M. N. Saifullah, "Analisis dan Perancangan Jaringan Komputer Tanpa Harddisk (Diskless) pada laboratorium Jaringan AKN Pacitan Menggunakan Metode Preboot Execution Environment (PXE)." in *2010 International*
- [12] T. Cruz, P. Simões, F. Bastos, and E. Monteiro, "Integration of PXE-based desktop solutions into broadband access networks," in *2010 International*

- Conference on Network and Service Management*, 2010, pp. 182–189.
- [13] Z. Hasibuan, *Metodologi Penelitian pada Bidang Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*. Jakarta: Universitas Indonesia, 2007.
- [14] A. Sumarna, “Topologi Jaringan.” <http://sumarna.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/folder/0.4> (accessed Apr. 15, 2020).