



Artikel Penelitian

PENGUJIAN KINERJA SERVER *PORTABLE* BERBASIS *SINGLE BOARD COMPUTER* (SBC) DALAM Mendukung KEGIATAN PEMBELAJARAN

Lathifah Arief^a, Fajril Akbar^b, Nefy Puteri Novani^a, Iqbal Saputra^a

^a Prodi Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas, Padang, 25163, Indonesia

^b Prodi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas, Padang, 25163, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 15 November 2017

Revisi Akhir: 30 Agustus 2018

Diterbitkan Online: 02 September 2018

KATA KUNCI

Portable,
SBC Server,
Wi-Fi Direct,
Performance Testing,
NMON

KORESPONDENSI

Telepon: +62 813 22574766

E-mail: lathifah.arief@fti.unand.ac.id

ABSTRACT

Dukungan fasilitas komputer atau alat bantu kegiatan hands-on lainnya jelas dibutuhkan dalam membekali keterampilan praktis bidang komputasi dan teknologi informasi kepada peserta didik. Dalam penelitian ini, diusulkan suatu portable server berbasis single board computer (SBC) dan teknologi WiFi-direct untuk menjadi alat bantu pembelajaran dengan beberapa karakteristik: (a) portable secara fisik, (b) rendah biaya, (c) dapat diakses dari berbagai platform perangkat pengguna, dan (d) tidak mengandalkan ketersediaan koneksi internet. Fokus penelitian ini adalah rancang bangun portable server tersebut dan pengujian kinerjanya ketika digunakan dalam pembelajaran hands-on. Server yang dibangun berhasil diakses oleh beberapa perangkat berbeda (dicobakan hingga 4 platform perangkat yang berbeda) baik secara terpisah maupun secara bersamaan. Pengujian kinerja yang dilakukan mencakup pengujian waktu respon sistem dan pengujian penggunaan sumber daya komputasi server. Pengujian waktu respon sistem dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan dan harus dialokasikan untuk persiapan server dalam kerangka kegiatan pembelajaran. Hasil yang didapatkan cukup baik, yaitu total waktu terlama sejak server booting sampai pengguna berhasil login adalah 2 menit 45 detik. Pengujian penggunaan sumber daya komputasi server pada paper kali ini difokuskan berupa baselining untuk mendapatkan gambaran penggunaan sumber daya server dalam kondisi beban minimum ketika hanya diakses oleh pengguna tunggal yang hanya mengakses satu tool pembelajaran saja. Baseline penggunaan sumberdaya komputasi server yang didapatkan meliputi penggunaan sumber daya CPU, memory dan network untuk beberapa skenario: akses melalui kabel UTP, akses melalui hotspot server, aktivitas remote shell, aktivitas remote desktop, dan akses suatu tool pembelajaran berbasis command line interface (CLI). Tindak lanjut yang diharapkan dari penelitian ini adalah pengujian waktu respon, pengujian beban, serta pengujian batas kemampuan server ketika diakses secara simultan oleh banyak pengguna yang mewakili lazimnya jumlah peserta suatu kelas.

1. PENDAHULUAN

Hampir setiap perguruan tinggi di Indonesia saat ini memiliki program studi yang berfokus di bidang teknologi informasi (TI), yang lulusannya ditargetkan memiliki keterampilan praktis yang sesuai dengan kebutuhan industri. Kebanyakan perguruan tinggi masih kesulitan mencapai target ini karena untuk membekali mahasiswa dengan keterampilan praktis diperlukan kombinasi antara kompetensi pengajar yang baik, pembelajaran yang berpusat pada siswa, serta fasilitas media pembelajaran yang memadai. Kalaupun pembekalan keterampilan praktis ini dapat diberikan melalui praktikum, sumber daya laboratorium umumnya masih terbatas jumlahnya dan hanya dapat diakses selama sesi praktikum. Jika diharapkan pembekalan ini juga dapat disisipkan dalam kegiatan pembelajaran di kelas, pembelajaran

seringkali dilaksanakan di ruang kuliah bersama yang tak jarang mengalami perubahan lokasi, yang masing-masingnya belum tentu memiliki fasilitas media pengajaran yang seragam. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu alat bantu pembelajaran semacam *portable labs* berbiaya rendah yang mampu untuk mengatasi kendala-kendala ini [1].

Pada penelitian sebelumnya, telah dirancang suatu alat bantu pembelajaran yang bersifat *portable* yang dapat digunakan untuk menawarkan kurikulum intensif suatu laboratorium *online* [2]. Disamping itu, ada pula penelitian yang berfokus pada pengembangan modul pembelajaran keamanan, khususnya pada aspek keamanan, analisis ancaman dan perlindungan perangkat *mobile*, yang modul tersebut diakses melalui perangkat mobile pula [3][4]. Pendekatan yang agak berbeda dalam pengembangan alat bantu pembelajaran yang *portable* juga dilakukan dalam

penelitian terpisah yang memanfaatkan *single board computer* (SBC) *BeagleBone Black* untuk pembelajaran *embedded system design* [5] dan yang menggunakan Xen untuk pembelajaran keamanan komputer dalam lingkungan virtual [6].

Dari beberapa penelitian di atas diketahui bahwa alat bantu pembelajaran berbasis SBC juga memiliki keterbatasan, di antaranya spesifikasi sumber daya komputasinya belum memadai untuk komputasi kompleks maupun untuk banyak akses secara simultan. Selain itu, alat bantu pembelajaran pada penelitian-penelitian tersebut umumnya masih membutuhkan ketersediaan koneksi jaringan, sehingga memiliki ketergantungan pada satu jaringan tertentu, dan juga hanya dapat diakses melalui perangkat tertentu saja, contohnya dari perangkat *mobile*.

Dalam penelitian ini, diusulkan suatu *portable server* berbasis *single board computer* (SBC) sebagai alat bantu pembelajaran dengan karakteristik: (a) *portable* secara fisik yaitu dapat mudah dibawa berpindah tempat, (b) relatif rendah biaya, (c) dapat diakses dari berbagai platform perangkat pengguna, dan (d) tidak mengandalkan ketersediaan koneksi internet. *Portable server* tersebut dirancang untuk dapat menyediakan media pembelajaran dan memfasilitasi kegiatan *hands-on* secara fleksibel karena *tools* atau *software* yang akan digunakan dapat diakses melalui halaman web atau aplikasi SSH.

Fokus penelitian ini adalah rancang bangun *portable server* tersebut dan pengujian atas kinerjanya ketika digunakan dalam kegiatan belajar mengajar di kelas maupun di lab. Pada penelitian ini, *portable server* yang dikembangkan diujikan penggunaannya pada dua mata kuliah berbeda, yaitu mata kuliah Keamanan Informasi dan mata kuliah Pemrograman Multi Platform, yang sama-sama memiliki target capaian *hard skill* bersifat *hands-on*.

Oleh karena itu, dapat dirumuskan bahwa permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini antara lain bagaimana membangun server pembelajaran yang bersifat *portable* dan rendah biaya, serta bagaimana memantau serta menguji kinerjanya saat sedang digunakan untuk kegiatan pembelajaran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Single Board Computer (SBC)

Single board computer adalah komputer yang dibangun di atas papan sirkuit utama yang biasanya mencakup sebuah *mikroprosesor* (atau dapat pula banyak), RAM, dan unit I/O. Ini semua adalah persyaratan minimal untuk memiliki komputer yang berfungsi penuh. *Single board komputer* dapat digunakan untuk banyak hal, mulai dari untuk keperluan pendidikan atau demo, pengembangan purwarupa produk, pengendali komputer tertanam (*embedded*) atau sebagai perangkat *media streaming*. Ada banyak produk *single board computer* yang telah berkembang atau beredar di pasaran dan telah digunakan untuk berbagai tujuan tersebut. Di antaranya berasal dari keluarga *Beagleboard*, *Odroid*, *pcDuino*, *Orange Pi*, *Banana Pi*, *Raspberry Pi*, maupun ratusan keluarga SBC lainnya.

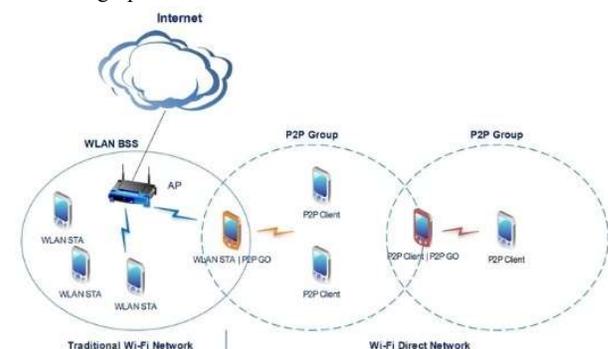
Raspberry Pi, salah satunya, merupakan komputer mungil seukuran dengan sebuah kartu kredit dengan berbagai fungsi yang dapat dilakukannya. Selain ukurannya yang jauh lebih kecil dari komputer biasa, kemampuan komputer mini ini pun di bawah komputer biasa. Raspberry Pi kebanyakan digunakan untuk kegiatan pembelajaran yang tidak memerlukan alokasi memori yang besar seperti belajar pemrograman. Dalam jajak pendapat tahunan yang diadakan oleh LinuxGizmos.com, di mana di tahun 2017 dilakukan terhadap 1.705 responden, Raspberry Pi 3 model B terpilih sebagai SBC pilihan nomor 1 dari 97 SBC lainnya. Di antara alasan unggulnya Raspberry Pi 3 model B dalam jajak pendapat tersebut adalah faktor harganya yang relatif murah (*price per performance*), juga faktor ketersediaan dokumentasi dan dukungan komunitasnya yang paling banyak dan aktif [7]. Dengan alasan inilah, maka dalam penelitian ini SBC yang digunakan sebagai server pembelajaran adalah Raspberry Pi 3 model B.

2.2. Wi-Fi Direct

Untuk memastikan aspek portabilitas fisik dan kemerdekaan dari ketergantungan pada jaringan tertentu, dalam penelitian ini dipilih komunikasi data antara perangkat pengguna dengan server pembelajaran berupa teknologi *Wi-Fi Direct*. *Wi-Fi Direct* adalah teknologi yang didefinisikan oleh *Wi-Fi Alliance* dengan tujuan agar perangkat-perangkat dapat terhubung secara langsung, *Device to Device* (D2D), atau *peer-to-peer* (P2P), dengan cepat untuk melakukan perintah-perintah seperti pengiriman data, sinkronisasi, dan lain lain. *Wi-Fi direct* tidak memerlukan penggunaan jalur akses terpusat, berbeda halnya dengan *Wi-Fi* tradisional. Sebaliknya, perangkat menggunakan "*Access Point*" [8].

Komunikasi antar perangkat pada *Wi-Fi Direct* terjadi dalam satu grup dimana di dalam *group* tersebut ada yang bertindak sebagai *P2P Group Owner* (GO). Setelah *P2P GO* terpilih, maka peran masing-masing klien tidak akan berubah selama sesi seluruh *group*. Ketika *P2P GO* meninggalkan grup, maka klien akan terputus dan melakukan proses pencarian perangkat lagi untuk membentuk grup baru.

Grup pada *Wi-Fi direct* bekerja mirip halnya dengan infrastruktur BSS WLAN yang beroperasi pada saluran tunggal di mana setiap klien pada *group* dapat berkomunikasi. *P2P GO* juga bertugas untuk mengiklankan grupnya secara berkala sehingga memungkinkan perangkat lain untuk menemukan dan bergabung pada grup tersebut. Dengan kata lain, pada *Wi-Fi Direct*, *P2P GO* merupakan perangkat yang menerapkan fungsi *Access Point* (AP) di dalam grup.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan Wi-Fi Direct [9]

Pada Gambar 1 di atas, terlihat keberadaan P2P GO pada suatu *P2P Group* bertindak sebagai pihak yang bertanggung jawab atas grup, termasuk mengendalikan perangkat yang diizinkan untuk bergabung selama sesi grup tersebut. P2P GO juga membuat suatu *Access Point* (AP) yang memungkinkan perangkat lain untuk terhubung pada P2P GO meskipun tidak memiliki dukungan teknologi Wi-Fi *Direct*. Perangkat tersebut dapat dikatakan sebagai *Legacy Client* (LC).

LC merupakan perangkat Wi-Fi konvensional yang tidak memiliki dukungan Wi-Fi *Direct* dan akan “melihat” P2P GO tadi seperti layaknya Wi-Fi *Access Point* (AP) tradisional. Secara umum, LC tidak termasuk dalam group Wi-Fi *Direct* dan tidak dapat ditingkatkan fungsionalitasnya. LC hanya sekedar dapat melihat P2P GO sebagai AP tradisional biasa. Dalam konektivitas yang terbentuk antara *P2P Client* (ataupun LC) kepada P2P GO, P2P GO akan menyediakan suatu DHCP *lease* dan IP *Address* layaknya *Access Point* biasa.

2.3. Sumber Daya Komputasi

Sumber daya komputasi merupakan sumber daya yang dimiliki oleh suatu komputer, yang kinerjanya mempengaruhi kinerja komputer tersebut. Sumber daya komputasi yang umumnya dipantau dari suatu komputer yang diuji, berikut dengan parameter pemantauan atau pengujianya antara lain:

- *Processor*: *processor usage*, *interrupt*, *context switches*, dan seterusnya.
- *Memory*: jumlah memori fisik dan virtual yang tersedia, penggunaan *memori cache*, tingkat baca halaman, dst.
- *Network*: paket diterima/dikirim dan *total byte* yang ditransfer melalui jaringan dan setiap adapter jaringan per detik, aktivitas protokol, dan seterusnya.

2.4. Aplikasi Pemantau

Aplikasi pemantau merupakan aplikasi yang digunakan untuk memantau kinerja dari sumber daya komputasi seperti cpu, memori, jaringan, disk, dan lain-lain. Setelah dilakukan pemantauan, maka akan tentukan tindakan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi dalam sumber daya komputasi. Contoh aplikasi pemantau ini antara lain seperti Cacti, MRTG, TCPDump dan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Nigel's performance Monitor* (NMON).

NMON merupakan salah satu *tool* untuk melakukan sistem administrasi, *tuning*, dan *benchmarking* yang memberikan informasi penting kondisi sumber daya sistem. Informasi tersebut di antaranya kondisi CPU, memori, jaringan, disk, dan lain-lain. Data hasil pemantauan disimpan dalam file berekstensi *.nmon*, dan dapat dilihat secara grafis dengan bantuan *NMONchart*.

3. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian secara percobaan (*experimental research*). Dalam melaksanakan penelitian ini, terdapat tujuh tahapan yang terdiri

dari (1) identifikasi masalah, (2) studi literatur dan kepustakaan, (3) analisis kebutuhan fungsionalitas, perangkat keras dan perangkat lunak sistem, (4) perancangan sistem, (5) implementasi sistem, (6) pengujian dan analisis hasil, lalu ditutup dengan (7) dokumentasi hasil. Oleh karena fokus penelitian ini juga ditekankan pada pengujian kinerja sistem, maka tahap pengujian mendapat porsi pembahasan yang lebih banyak dalam paper ini.

Pengujian kinerja sistem dikelompokkan menjadi dua jenis pengujian, yaitu (a) pengujian kinerja dari segi waktu respon sistem, dan (b) pengujian kinerja dari segi penggunaan sumber daya komputasi server.

Pengujian waktu respon sistem dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan dan harus dialokasikan untuk persiapan server dalam kerangka waktu kegiatan pembelajaran. Terdapat lima tahap skenario pengujian waktu respon server:

1. Pengujian durasi waktu *booting* server
2. Pengujian durasi waktu munculnya SSID hotspot server di perangkat pengguna
3. Pengujian durasi waktu koneksi perangkat pengguna ke hotspot server (dari satu hingga empat koneksi simultan)
4. Pengujian durasi waktu login pengguna dari perangkat pengguna ke server

Pada pengujian jenis yang kedua, pengujian penggunaan sumber daya komputasi server, pada paper kali ini difokuskan pada *baselining*, yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan *baseline* penggunaan sumber daya server dalam kondisi beban server berupa beban minimum karena hanya berasal dari koneksi pengguna tunggal.

Di tahap ini diterapkan lima skenario variasi cara penggunaan *portable server* tersebut oleh pengguna yang mungkin terjadi dalam kegiatan pembelajaran. Di setiap skenario, terdapat bagian yang dijaga tetap dan terdapat pula bagian yang diubah dari skenario sebelumnya agar dapat dilihat efek perubahan tersebut terhadap kinerja sumber daya komputasi *server*.

Lima skenario yang diterapkan mewakili variasi cara penggunaan *portable server* tersebut yang mungkin terjadi dalam kegiatan pembelajaran yaitu:

- a. Skenario 1: mengakses ke server dalam mode terminal (*command line interface*, CLI) melalui kabel UTP;
- b. Skenario 2: melakukan *remote access* ke server dalam mode terminal/CLI melalui *Wi-Fi Direct Access Point* (*hotspot*) server;
- c. Skenario 3: melakukan *remote access* ke server dalam mode grafis (*graphical user interface*, GUI) melalui *hotspot* server;
- d. Skenario 4: melakukan *remote access* ke server melalui *hotspot* server, kemudian menjalankan salah satu *tool* pembelajaran yang berbasis CLI, dalam kasus ini Nmap.
- e. Skenario 5: melakukan *remote access* ke server melalui *hotspot* server, kemudian menjalankan salah satu *tool* pembelajaran yang berbasis web. Namun hasil pengujian ini dibahas dalam publikasi terpisah yang berfokus pada *load testing* dan *stress testing* server pembelajaran dengan modul pembelajaran berbasis web.

Setiap skenario pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengujian masing-masingnya selama 30 detik.

Penggunaan sumber daya komputasi server yang dipantau pada setiap skenario adalah penggunaan CPU, *memory* dan *network* server pembelajaran. Pada penggunaan CPU, yang dipantau ada empat *item* pantauan, yaitu:

- CPU *idle*, yaitu persentase waktu CPU saat tidak memproses perintah apapun dan sistem tidak memiliki permintaan I/O *disk* yang belum terselesaikan.
- CPU I/O *wait*, yaitu persentase waktu CPU saat tidak memproses perintah apapun, namun pada saat sistem memiliki permintaan I/O *disk* yang belum terselesaikan.
- CPU *system-level usage*, yaitu persentase penggunaan CPU sementara mengeksekusi pada sistem atau kernel.
- CPU *user-level usage*, yaitu persentase penggunaan CPU sementara mengeksekusi perintah pengguna.

Pada penggunaan *memory*, ada lima *item* pantauan:

- Memory Free* merupakan alokasi memori yang bebas dan dapat dipakai.
- Cached* merupakan daerah memori yang dialokasikan untuk menyimpan sementara data aplikasi agar lebih cepat diakses nantinya.
- Active* merupakan alokasi memori yang digunakan.
- Buffer* merupakan daerah memori yang dialokasikan untuk menyangga kerja antar perangkat keras maupun antar aplikasi atau program yang memiliki kecepatan atau memiliki prioritas eksekusi perintah yang berbeda.
- Inactive* merupakan memori yang dialokasikan untuk proses yang tidak berjalan lagi.

Pada penggunaan *network*, ada dua *item* pantauan:

- Network receive*, merupakan paket yang diterima oleh *server* untuk permintaan *remote*.
- Network send*, merupakan paket yang dikirimkan oleh *server* ke perangkat klien.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Spesifikasi Kebutuhan Sistem

Kebutuhan fungsional yang harus disediakan oleh sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini antara lain:

- Sistem dapat menyediakan suatu komunikasi *wireless* secara langsung antara perangkat pengguna dengan server tanpa bergantung pada ketersediaan akses internet,
- Sistem mampu menampilkan materi pembelajaran yang dapat diakses oleh lebih dari 1 pengguna secara simultan,
- Sistem dapat menampilkan serta menyimpan data kegiatan pembelajaran secara unik per pengguna,
- Sistem dapat mengetahui kondisi sumber daya komputasi server ketika server sedang diakses,
- Sistem dapat menyimpan data hasil pemantauan kondisi sumber daya komputasi secara unik per waktu *snapshot*.

Kebutuhan non-fungsional sistem antara lain:

- Sistem dapat menyediakan koneksi antara perangkat pengguna dalam masa tenggang persiapan kuliah, yaitu sekitar 5 menit pertama perkuliahan;
- Sistem dapat menampilkan hasil pemantauan kinerja dengan tampilan grafis yang mudah dimengerti pengajar.

Perangkat keras yang dibutuhkan untuk membentuk sistem antara lain:

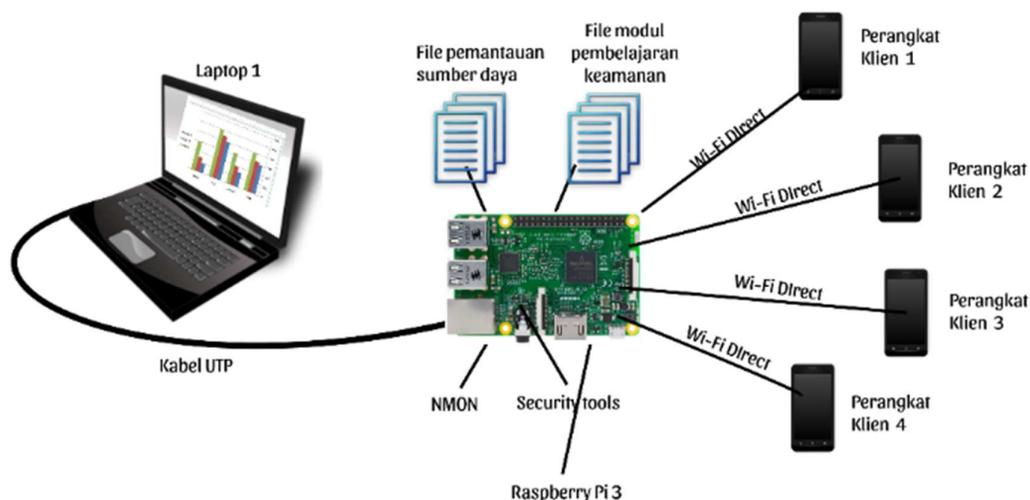
- SBC Raspberry Pi 3 model B
- Power adapter dengan spesifikasi 5V 2,4 A
- MicroSD berukuran 16 GB untuk memuat sistem operasi

Perangkat lunak yang dibutuhkan dalam mengembangkan sistem antara lain:

- Sistem operasi berbasis Linux (Kali Linux dan Raspbian)
- LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP) Server
- Perangkat NMON, NMONChart, dan NMONAnalyzer
- VNCServer dan VNCViewer untuk akses GUI
- Mobile SSH/Termius/PuTTY untuk akses CLI

4.2. Rancangan Umum Sistem

Gambar 2 adalah gambaran umum rancangan sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Rancangan Umum Sistem

Gambar 3 menunjukkan konfigurasi *Wi-Fi Direct* yang digunakan.

```

GNU nano 2.7.4      File: /etc/hostapd/hostapd.conf
interface=wlan0
driver=ml80211
ssid=NetGear
hw_mode=g
channel=6
wmm_enabled=0
macaddr_acl=0
auth_algs=1
ignore_broadcast_ssid=0
wpa=2
wpa_passphrase@sistemkomputer
wpa_key_mgmt=WPA-PSK
wpa_pairwise=TKIP
rsn_pairwise=CCMP

```

Gambar 3. Konfigurasi Wi-Fi Direct

Untuk menghubungkan perangkat klien ke server digunakan teknologi *Wi-Fi direct*. Teknologi ini memberikan peran *hotspot* pada server untuk memungkinkan hubungan langsung antara perangkat pengguna dengan server. Teknologi ini memiliki seluruh keunggulan Wi-Fi, mulai dari jangkauan, transfer data, dan kapasitas pengiriman data.

4.3. Pengujian Kinerja Sistem

4.3.1. Pengujian Waktu Respon Sistem

1. Durasi Waktu Booting Server sampai Login

Booting merupakan proses hidupnya perangkat sampai perangkat siap dipakai oleh pengguna. Terdapat dua jenis *booting*, yaitu *cold booting* dan *warm booting*. *Cold booting* yaitu proses menghidupkan perangkat dari keadaan mati, sedangkan *warm booting* adalah proses menghidupkan kembali perangkat yang sebelumnya telah hidup.

Pengujian waktu *booting* pada skenario ini menggunakan *cold booting*. Hal ini dikarenakan *cold booting* lebih sering dilakukan server di awal kegiatan pembelajaran. *Warm booting* kemungkinan hanya dilakukan ketika server melakukan pembaharuan atau jika terjadi kesalahan pada server yang mengharuskan server itu mengalami *warm booting*.

Berdasarkan data yang diperoleh, waktu *booting* server tidak mengalami perbedaan antara kelima data pemantauan, yaitu sama-sama sebesar 2 menit 26 detik. Waktu *booting* tersebut tergolong singkat mengingat keterbatasan spesifikasi perangkat keras pada server. Sebagai perbandingan, ketika pengujian yang sama dilakukan kepada Raspberry Pi 2 model B, waktu *cold booting* yang didapatkan mendekati 5 menit.

2. Durasi Waktu Munculnya SSID Hotspot Server

Pengujian dilakukan dengan memantau daftar list Wi-Fi yang ada diperangkat klien dari mulai sejak server melakukan awal *booting* sampai muncul SSID *hotspot* server di perangkat pengguna. Pengujian ini bertujuan untuk melihat kemampuan server membentuk fungsi *Access Point* dengan dukungan teknologi *Wi-Fi Direct*.

Berdasarkan data yang didapat, waktu munculnya SSID dari hotspot server hamper bersamaan dengan waktu *booting* server, yaitu 2 menit 26 detik. Ini menandakan bahwa *hotspot* pada server sudah otomatis berjalan sehingga dapat mempromosikan SSID-nya segera setelah *booting* selesai.

3. Durasi Waktu Koneksi Perangkat Pengguna ke Server

Pengujiannya dilakukan dengan memantau waktu saat perangkat pengguna melakukan sambungan ke hotspot server dari perangkatnya hingga status hubungan antara keduanya adalah

terkoneksi (*connected*). Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan server dalam merespon permintaan akses *Wi-Fi direct* dari klien. Pengujian awalnya dilakukan secara terpisah dari empat perangkat yang berbeda, dan kemudian dilakukan secara simultan keempat perangkat.

Tabel 1 Durasi Waktu Koneksi Empat Perangkat Ke Server

Percobaan Durasi Waktu Koneksi				
Ke	Perangkat 1	Perangkat 2	Perangkat 3	Perangkat 4
1	8 detik	8 detik	9 detik	8 detik
2	9 detik	6 detik	7 detik	6 detik
3	7 detik	4 detik	7 detik	4 detik
4	7 detik	5 detik	6 detik	4 detik
5	6 detik	4 detik	5 detik	5 detik
Rata-rata	7,4	5,4	6,8	5,4
	detik	detik	detik	detik
Rata-rata keseluruhan	6,25 detik			

Dari pengujian terpisah masing-masing perangkat klien, didapati bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menghubungkan perangkat klien ke hotspot server bervariasi, dengan waktu terlama untuk terciptanya koneksi adalah 11 detik. Banyak faktor yang menyebabkan berbedanya waktu yang dibutuhkan untuk menghubungkan perangkat klien ke hotspot server, diantaranya:

1. Jarak antara perangkat klien dengan server
2. Kualitas jaringan hotspot server
3. Kesiapan perangkat server
4. Kesiapan perangkat klien

Pada pengujian secara simultan, durasi waktu koneksi keempat perangkat klien diperlihatkan pada tabel 1.

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kemampuan server dalam merespon permintaan *Wi-Fi direct* secara simultan. Pengujian dilakukan dengan memantau waktu dari empat perangkat klien melakukan sambungan ke hotspot server secara bersamaan. Berdasarkan hasil pengujian, server tidak mengalami permasalahan ketika menerima permintaan koneksi Wi-Fi direct secara simultan. Semua perangkat klien terhubung ke hotspot server dengan selisih waktu 0.6 sampai 2 detik saja. Bahkan ada perangkat yang memiliki waktu terhubung yang sama dengan perangkat yang lain. Secara keseluruhan, rata-rata durasi waktu koneksi keempat perangkat juga termasuk baik yaitu 6,25 detik dengan waktu terlama adalah 9 detik.

4. Durasi Waktu Login Pengguna ke Server

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui rata-rata durasi waktu yang dibutuhkan untuk pengguna melakukan login ke server pembelajaran. Terdapat dua acara akses untuk mengakses server, yaitu berbasis terminal alias CLI dan berbasis desktop alias GUI. Pada pengujian ini, pengaksesan server secara remote dilakukan dengan basis terminal yang menggunakan aplikasi mobile SSH.

Pengujian dilakukan dengan perangkat klien yang digunakan berupa smartphone Android. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk login dari lima kali pengujian adalah sama yaitu 10 detik. Kesamaan ini dapat dicapai asalkan dalam percobaan tidak ada yang membuat proses login bermasalah.

Secara keseluruhan, hasil pengujian kinerja sistem dari aspek waktu respon sistem memberikan hasil yang baik, dengan nilai total dari rata-rata seluruh proses mencapai 2 menit 42,25 detik dan hasil terlama adalah 2 menit 45 detik. Hasil ini masih dapat dianggap baik dalam kerangka waktu persiapan pembelajaran.

4.3.2. Pengujian Penggunaan Sumber Daya Komputasi Server

Hasil dari pengujian tahap pertama, yaitu *baselining* kinerja server dengan berbagai variasi skenario penggunaan server dalam kegiatan pembelajaran disampaikan sebagai berikut.

1. Skenario 1: Koneksi ke Server Melalui Kabel

Pada skenario 1, terdapat satu laptop yang bertindak sebagai stasiun pemantau kinerja server untuk mewakili klien, dan terdapat kabel UTP sebagai penghubung antara laptop dan server secara lokal. Akses ke server dilakukan dengan mode terminal/CLI. Akses dilakukan dengan protokol SSH (port 22) dengan menggunakan aplikasi PuTTY. Pemantauan kinerja dilakukan setelah akses berhasil dilakukan. Data pemantauan di skenario ini digunakan untuk mendapatkan *baseline* ketika di server dijalankan aplikasi pemantau kinerja server yang akan diakses melalui komunikasi kabel dari laptop staf pengajar.

Tabel 2 Penggunaan CPU (%) pada Skenario 1

Pemantauan				
Ke	Idle	Wait	System	User
1	93.1%	1.3%	4.3%	1.3%
2	90.4%	0%	5.1%	4.5%
3	94.7%	0%	4.5%	2.8%
Rata-rata	92.7%	0.4%	4%	2.9%

Secara keseluruhan, rata-rata penggunaan CPU oleh sistem hanya 4% dengan penggunaan tertinggi hanya mencapai 5,1%. Adapun rata-rata penggunaan oleh pengguna hanya sebesar 2,9% dengan penggunaan tertinggi hanya mencapai 4,5%.

Tabel 3 berikut menunjukkan rata-rata penggunaan *memory* pada Skenario 1.

Tabel 3 Penggunaan Memori (MB) pada Skenario 1

Pemantauan						
Ke	Memory Total	Memory Free	Cached	Active	Buffers	Inactive
1	925.9	736.3	99.7	83.7	84.7	78
2	925.9	654.4	159	150.	27.6	88.2
3	925.9	654.2	129	150	27.6	88.1
Rata-rata	925.9	681.6	129.2	128	46.6	84.8

Dari hasil yang didapatkan nampak bahwa penggunaan memori tidak terlalu besar, ditunjukkan dengan *memory free* rata-rata masih mencapai 681.6 MB. Hal ini dapat dimengerti mengingat tidak ada proses lain yang dijalankan selain *remote access* ke *shell*.

Tabel 4 berikut menunjukkan rata-rata penggunaan *network* pada Skenario 1.

Tabel 4 Penggunaan Network eth0 (KBps) pada Skenario 1

Pemantauan	Receive (Read)	Send (Write)
1	6.8 KBps	403.9 KBps
2	1 KBps	78 KBps
3	1 KBps	62.2 KBps
Rata-rata	2.9 KBps	181.4 KBps

Berdasarkan hasil percobaan, diperoleh rata-rata untuk *receive/read* pada *ethernet* (eth0) adalah 2,9 KBps dengan nilai tertinggi sebesar 6,8 KBps dan terendah 1 KBps. Adapun nilai rata-rata untuk *send/write* untuk *ethernet* (eth0) tersebut adalah 181,4 KBps dengan nilai tertinggi sebesar 403,9 KBps dan terendah 62,2 KBps.

Masih rendahnya penggunaan sumberdaya komputasi server di skenario ini dapat dimengerti mengingat tidak ada proses lain yang dijalankan selain *remote access* ke *shell*.

2. Skenario 2: Koneksi CLI ke Server melalui HotSpot Server

Pada skenario kedua ini, laptop dihubungkan ke server melalui *hotspot* server. Akses *remote* ke server dilakukan dengan protokol SSH (port 22) dengan aplikasi PuTTY. Pemantauan sumber daya dilakukan setelah akses *remote* berhasil dilakukan.

Hasil pemantauan di skenario ini nantinya akan dibandingkan dengan hasil pemantauan ketika skenario yang sama dilakukan secara simultan oleh 30 pengguna dari perangkat masing-masing pada paper terpisah.

Tabel 5 Penggunaan CPU (%) pada Skenario 2

Pemantauan	Idle	Wait	System	User
1	93.9%	0%	5.1%	1%
2	94.7%	0%	4%	1.4%
3	94.5%	0%	4.2%	1.4%
Rata-rata	94.4%	0%	4.4%	1.2%

Dibandingkan skenario 1, penggunaan CPU oleh sistem pada skenario kedua ini nampak lebih meningkat, sedangkan oleh pengguna nampak mengalami penurunan. Hal serupa ditunjukkan oleh hasil pemantauan penggunaan memori.

Tabel 6 Penggunaan Memori (MB) pada Skenario 2

Pemantauan						
Ke	Memory Total	Memory Free	Cached	Active	Buffers	Inactive
1	925.9	675.5	143.7	140.7	32.7	77.4
2	925.9	675.5	143.7	140.7	32.7	77.4
3	925.9	610.7	156.7	155.8	32.9	89.7
Rata-rata	925.9	653.9	148.0	145.7	32.8	81.5

Rata-rata penggunaan memori aktif pada skenario kedua adalah 145,7 MB, meningkat dibandingkan skenario pertama. Hal ini diperkirakan akibat penggunaan Wi-Fi *direct* sehingga proses komunikasi grup akan bertambah dan menempati memori.

Tabel 7 Penggunaan Network wlan0 (KBps) pada Skenario 2

Pemantauan	Receive (Read)	Send (Write)
1	0.3 KBps	0.1 KBps
2	0.1 KBps	0.1 KBps
3	0,1 KBps	0,1 KBps
Rata-rata	0,2 KBps	0,1 KBps

Karena pada skenario 2 ini perangkat klien terhubung ke server melalui *hotspot* server, maka pemantauan difokuskan pada aktivitas *network wlan0*, berbeda dengan pemantauan pada skenario 1 yang difokuskan pada aktivitas *network eth0*.

Rata-rata penggunaan *network wlan0* adalah 0,2 KBps (*receive*) dan 0,1 KBps (*send*), lebih rendah daripada *network eth0* sebelumnya.

3. Skenario 3: Koneksi GUI ke Server melalui *Hotspot* Server

Pada skenario ini, laptop dihubungkan ke server melalui *hotspot*-nya, dan kemudian dilakukan akses GUI (*remote desktop*) dengan menggunakan aplikasi *VNCViewer*.

Tabel 8 Penggunaan CPU (%) pada Skenario 3

Pemantauan	Idle	Wait	System	User
1	86.2%	0%	2.9%	10.9%
2	91.2%	0%	5.1%	3.7%
3	89.6%	0%	5.9%	4.5%
Rata-rata	89%	0%	4.6%	6.3%

Dibandingkan skenario 2, terdapat peningkatan baik pada pemakaian CPU oleh sistem maupun oleh pengguna. Hal ini diperkirakan karena pada skenario ini di server harus berjalan *VNCServer* untuk menampilkan tampilan *desktop* ke pengguna.

Tabel 9 Penggunaan Memori (MB) pada Skenario 3

Ke	Pemantauan					
	Memory Total	Memory Free	Cached	Active	Buffers	Inactive
1	925.9	610.7	156.7	188.8	32.9	89.7
2	925.9	609.6	156.8	189.4	32.9	89.7
3	925.9	610	159.6	140.7	32.9	89.8
Rata-rata	925.9	610.1	157.7	173.0	32.9	81.7

Hasil pemantauan penggunaan memori pada skenario ini juga menunjukkan peningkatan. Hal ini karena server harus menjalankan *VNCServer* yang membutuhkan alokasi memori. Peningkatan bukan hanya terjadi pada memori *active* namun juga terjadi pada *cached* dan *buffer*. Nilai *cached* meningkat 6,6% dibandingkan dengan skenario 2 karena aplikasi *VNCServer* mengisi *cache* di memori untuk meningkatkan kinerja aplikasi.

Hasil pemantauan penggunaan sumberdaya *network* pada skenario ini diperlihatkan sebagai berikut.

Tabel 10 Penggunaan *Network wlan0* (KBps) pada Skenario 3

Pemantauan	Receive (Read)	Send (Write)
1	11.8 KBps	791.8 KBps
2	0.3 KBps	16.7 KBps
3	11.8 KBps	19 KBps
Rata-rata	8.0 KBps	275.8 KBps

Dibandingkan dengan skenario 2, meski sama-sama mengakses server melalui *Wi-Fi direct*, terjadi peningkatan yang signifikan dalam arus komunikasi data akibat penggunaan aplikasi *VNCServer*. Aplikasi ini diperkirakan membutuhkan sumber daya jaringan yang juga besar untuk secara *realtime* memperbaharui perubahan tampilan *desktop* ke *viewer* pengguna.

4. Skenario 4: Koneksi ke Server melalui *Hotspot* Server untuk Menjalankan Tool Berbasis CLI

Pada skenario ini, empat perangkat pengguna dengan platform yang berbeda (laptop dan *smartphone*, dengan sistem operasi Linux, Windows dan Android) dihubungkan ke *server* melalui *hotspot*-nya yang kemudian melakukan login ke *server*. Laptop menggunakan aplikasi PuTTY sedangkan *smartphone* menggunakan aplikasi *mobile* SSH untuk login. Setelah itu, dari akses jarak jauh tersebut, dijalankan *tool* Nmap untuk memindai suatu target.

Tabel 11 Penggunaan CPU (%) pada Skenario 4

Pemantauan	Idle	Wait	System	User
1	93.3%	1.1%	3.5%	2%
2	94.3%	0%	3.6%	2.2%
3	94.7%	0%	4.7%	0.6%
Rata-rata	94.1%	1.1%	3.9%	1.6%

Dibandingkan dengan skenario 3 yang sama-sama mengakses server melalui *Wi-Fi Direct*, tampak penggunaan CPU oleh sistem di sini mengalami penurunan. Hal ini karena di skenario 3 ada *VNCServer* yang lebih banyak mengkonsumsi sumber daya server dibandingkan *tool* NMap berbasis CLI di skenario 4.

Namun, dibandingkan dengan skenario 2 yang sama-sama menggunakan *WiFi-Direct* dan CLI, penggunaan CPU pengguna atau aplikasi di skenario 4 ini mengalami peningkatan. Hal tersebut karena pada skenario 2 pengguna hanya menjalankan perintah dasar di *shell*, sedangkan di skenario 4 ada penggunaan sumber daya CPU oleh *tool* Nmap yang dijalankan pengguna.

Tabel 12 Penggunaan Memori (MB) pada Skenario 4

Ke	Pemantauan					
	Memory Total	Memory Free	Cached	Active	Buffers	Inactive
1	925.9	654	95.2	86	115	158
2	925.9	654.2	95.2	189.4	115.5	155.9
3	925.9	609.2	129	129	115.5	156.2
Rata-rata	925.9	639.1	106.5	134.8	115.3	156.7

Dibandingkan dengan skenario 2, terjadi peningkatan yang signifikan jumlah penggunaan *buffers* dan memori *inactive*, sebaliknya penurunan memori *active* dan *cached*.

Penurunan pada memori *active* dan *cached* diperkirakan terjadi karena selama *tool* Nmap melakukan pemindaian pada jaringan, tidak ada aktivitas lainnya dari pengguna atau tools lainnya. Sedangkan penggunaan *buffer* pada memori meningkat signifikan karena kedua perangkat yang terhubung ke *server* sama-sama menyimpan data sementara hasil pemindaian untuk disampaikan kemudian laporannya di akhir pengerjaan oleh *tool*. Peningkatan memori *inactive* diperkirakan karena *VNCServer* yang sebelumnya dijalankan, di skenario ini tidak lagi digunakan.

Tabel 13 Penggunaan *Network wlan0* (KBps) pada Skenario 4

Pemantauan	Receive (Read)	Send (Write)
1	0.3	0.4
2	0.3	0.3
3	0.3	0
Rata-rata	0.3	0.2

Hasil pemantauan sumber daya jaringan menunjukkan bahwa terjadi penurunan drastis dibandingkan skenario 3, dan hanya mengalami peningkatan yang tipis dibandingkan skenario 2. Hal ini dikarenakan, di skenario ini tidak ada lagi kebutuhan pembaruan tampilan *desktop* secara *realtime* seperti akses GUI

di skenario 3. Tipisnya peningkatan yang dialami jika dibandingkan dengan skenario 2 adalah karena selain untuk menjalankan *tool* Nmap, perangkat pengguna hanya terhubung ke server tanpa aktivitas apapun, sehingga tidak ada lalu lintas jaringan yang berarti.

4.4. Perbandingan Hasil Pemantauan

A. Skenario 1 dengan Skenario 2

Tujuan perbandingan ini adalah untuk mengetahui perbandingan kinerja sumber daya CPU, memori dan *network* server ketika suatu perangkat pengguna terhubung ke server menggunakan kabel UTP dan ketika menggunakan *hotspot* server. Pada kedua skenario ini, pengguna sama-sama hanya mengakses server namun belum melakukan proses lain apapun.

Hasil perbandingan yang didapatkan dari tabel rata-rata penggunaan CPU server kedua skenario ini adalah:

- a. CPU *idle* mengalami peningkatan (pada skenario 2) sebesar 1,7%.
- b. CPU *I/O-wait* mengalami penurunan sebesar 0,4%.
- c. CPU *system-level usage* mengalami peningkatan 0,4%.
- d. CPU *user-level usage* mengalami penurunan 1,7%.

Hasil perbandingan penggunaan memori adalah:

- a. Memori *active* mengalami peningkatan sebesar 17,7 MB
- b. Memori *free* mengalami penurunan sebesar 27 MB

Hasil perbandingan penggunaan *network* adalah:

- a. *Receive* mengalami penurunan sebesar 27 KBps
- b. *Send* mengalami penurunan sebesar 180 KBps

B. Skenario 2 dengan Skenario 3

Tujuannya perbandingan ini adalah untuk mengetahui perbandingan kinerja sumber daya CPU, memori dan *network* server ketika perangkat pengguna terhubung ke server untuk mengakses CLI (SSH) dengan mengakses GUI (*remote desktop*). Pada kedua skenario ini, perangkat pengguna sama-sama terhubung ke server melalui akses *WiFi-direct* ke *hotspot* server.

Hasil perbandingan yang didapatkan dari tabel rata-rata penggunaan CPU server kedua skenario ini adalah:

- a. CPU *idle* mengalami peningkatan sebesar 5,4%.
- b. CPU *I/O wait* dalam keadaan konstan.
- c. CPU *system-level usage* mengalami peningkatan 0,2%.
- d. CPU *user-level usage* mengalami peningkatan 5,1%.

Hasil perbandingan penggunaan memori adalah:

- a. *Cached* mengalami peningkatan 9,7 MB
- b. *Buffer* mengalami peningkatan 0,1 MB.

Hasil perbandingan penggunaan sumber daya *network*:

- a. *Received* mengalami peningkatan 8 kali dari skenario 2
- b. *Send* mengalami peningkatan 2700 kali dari skenario 2

C. Skenario 2 dan Skenario 4

Tujuan perbandingan ini adalah untuk mengetahui perbandingan kinerja sumber daya CPU, memori dan *network* server ketika terdapat dua perangkat pengguna yang berbeda, terhubung dengan cara yang sama dengan skenario 2 namun menjalankan *tool* pembelajaran berbasis CLI (di sini berupa Nmap).

Hasil perbandingan yang didapatkan dari tabel rata-rata penggunaan CPU server kedua skenario ini adalah:

- a. CPU *idle* mengalami peningkatan sebesar 0,3%.

- b. CPU *I/O wait* mengalami peningkatan sebesar 1,1 %.
- c. CPU *system-level usage* mengalami penurunan 0,5%.
- d. CPU *user-level usage* mengalami peningkatan 0,4%.

Hasil perbandingan yang didapatkan dari tabel rata-rata penggunaan memori server kedua skenario ini adalah :

- a. *Buffer* mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 3,5 kali dari pada skenario 2.
- b. *Inactive* mengalami peningkatan dikarenakan pernah ada aplikasi yang dijalankan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan implementasi server *portable* berbasis *single board computer* (SBC) yang telah dilakukan, dan berdasarkan pengujian kinerja yang telah dilakukan terhadap server tersebut, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Server *portable* tersebut dapat diakses melalui beberapa perangkat berbeda (dicobakan hingga 4 platform perangkat yang berbeda) secara bersamaan dengan hasil pemantauan sebagai berikut :
 - a. Waktu *booting* rata-rata adalah 2 menit 26 detik.
 - b. Nama SSID *hotspot* yang disediakan server dengan teknologi *Wi-Fi direct* juga berhasil langsung muncul pada perangkat klien sekitar 2 menit 26 detik sejak awal server *booting*.
 - c. *Hotspot* berfungsi dengan baik dengan waktu koneksi terlama dari perangkat ke server adalah 11 detik, rata-rata 6,25 detik.
 - d. *Hotspot* dapat diakses secara simultan oleh lebih dari satu perangkat pengguna dengan platform yang berbeda, namun terbuka kemungkinan untuk mengalami perbedaan waktu respon.
2. Hasil pemantauan penggunaan sumber daya komputasi berhasil memberikan *baseline* penggunaan sumberdaya CPU, memori dan *network* untuk kasus akses melalui kabel UTP, akses melalui *hotspot* server, aktivitas dengan *remote CLI*, aktivitas dengan *remote GUI*, dan kasus menjalankan *tool* pembelajaran berbasis *remote CLI*.
3. Hasil pengujian kinerja server melalui *load testing* dan *stress testing* akses simultan terhadap modul pembelajaran berbasis web disampaikan dalam paper terpisah, yang data pengujiannya masih bersumber dari hasil pemantauan pada penelitian yang sama.
4. Sebagai lanjutan dari penelitian ini, saat ini sedang dikembangkan server berbasis *SBC-cluster* untuk pengembangan purwarupa pembelajaran mesin (*machine learning*), yang akan dipaparkan dalam paper terpisah.

UCAPAN TERIMA KASIH

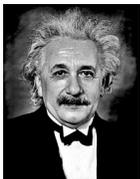
Penelitian ini didanai oleh skim penelitian dosen pemula FTI-UNAND dengan nomor kontrak: 10/UN16.15/PL/FTI-2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lo, Dan Chia-Tien, Kai Qian, and Wei Chen. "Mobile security education on portable labs." In *Frontiers in Education Conference (FIE), 2015 IEEE*, pp. 1-4. IEEE, 2015.
- [2] Lo, Dan Chia-Tien, Kai Qian, Wei Chen, and Tamara Rogers. "A Low Cost, Portable Platform for Information Assurance and Security Education." In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2015 IEEE*

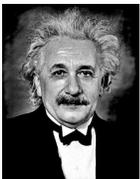
- 15th International Conference on, pp. 111-113. IEEE, 2015.
- [3] Guo, Minzhe, Prabir Bhattacharya, Ming Yang, Kai Qian, and Li Yang. "Work in progress: Real world relevant security labware for mobile threat analysis and protection experience." In *Frontiers in Education Conference (FIE), 2012*, pp. 1-2. IEEE, 2012.
- [4] Mahmoud, Qusay H. "Integrating mobile devices into the computer science curriculum." In *Frontiers in Education Conference, 2008. FIE 2008. 38th Annual*, pp. S3E-17. IEEE, 2008.
- [5] He, Nannan, Ying Qian, and Han-way Huang. "Experience of teaching embedded systems design with BeagleBone Black board." In *Electro Information Technology (EIT), 2016 IEEE International Conference on*, pp. 0217-0220. IEEE, 2016.
- [6] Hu, Dong, and YuYan Wang. "Teaching computer security using xen in a virtual environment." In *Information Security and Assurance, 2008. ISA 2008. International Conference on*, pp. 389-392. IEEE, 2008.
- [7] LinuxGizmos.com. "2017 Hacker Board Survey: Raspberry Pi Still Rules but x86 SBCs Make Gains". <http://linuxgizmos.com/2017-hacker-board-survey-raspberry-pi-still-rules-but-x86-sbcs-make-gains/> [July, 21, 2017]
- [8] Camps-Mur, Daniel, Andres Garcia-Saavedra, and Pablo Serrano. "Device-to-device communications with Wi-Fi Direct: overview and experimentation." *IEEE wireless communications* 20, no. 3 (2013): 96-104.
- [9] Khan, Muhammad Asif & Chérif, Wael & Filali, Fethi & Ridha, Hamila. (2017). "Wi-Fi Direct Research - Current Status and Future Perspectives." *Journal of Network and Computer Applications*. 93. 10.1016/j.jnca.2017.06.004.
- [10] Smartbear. "Load Testing: Measuring Server Hardware Performance". <https://support.smartbear.com/viewarticle/78998/#PerformanceMetrics>. [June, 19, 2017]

BIODATA PENULIS



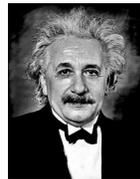
Lathifah Arief

Penulis adalah dosen pada prodi Sistem Komputer FTI UNAND, mengajar mata kuliah Keamanan Informasi dan memiliki pengalaman pemanfaatan *single board computer* untuk projek terkait keamanan dan pemrograman.



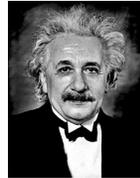
Fajril Akbar

Penulis adalah dosen pada prodi Sistem Informasi FTI UNAND, memiliki pengalaman di berbagai projek pembangunan sistem otomasi yang menggunakan *single board controller* dan *single board computer*.



Nefy Puteri Novani

Penulis adalah dosen pada prodi Sistem Komputer FTI UNAND, mengajar mata kuliah Pemrograman Multi Platform dan Organisasi Arsitektur Komputer, memiliki ketertarikan pada variasi penerapan *single board computer*.



Iqbal Saputra

Penulis menyelesaikan studinya dari prodi Sistem Komputer FTI UNAND dengan tugas akhir berfokus pada monitoring penggunaan sumber daya *single board computer* yang difungsikan sebagai web server lokal.