

## RANCANG BANGUN *NETWORK ATTACHED STORAGE* PADA RASPBERRY PI 3 MODEL B BERBASIS *WEBSITE*

<sup>1</sup>Ria Astuti, <sup>2</sup>Ikhwan Ruslianto, <sup>3</sup>Suhardi

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura  
Jalan Prof Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak  
Telp./Fax. : (0561) 577963

e-mail: <sup>1</sup>riaastuti@student.untan.ac.id, <sup>2</sup>ikhwanruslianto@siskom.untan.ac.id, <sup>3</sup>suhardi@siskom.untan.ac.id

### ABSTRAK

Perkembangan perangkat *storage* sekarang ini sangat pesat. Terutama penggunaan *storage* pada pengguna laptop dan *handphone*, untuk mengakses dan berbagi data merupakan hal yang sering dijumpai di kehidupan sehari-hari. Pada dasarnya jumlah pengguna komputer dalam jaringan sangat besar, untuk melakukan akses data yang terus meningkat berdampak pada pemilihan *server* yang baik dan media penyimpanan data yang besar sangat diperlukan. Disisi lain media penyimpanan data dengan kinerja sistem yang bagus menjadi kendala bagi setiap individu maupun kelompok. Sistem *server Network Attached Storage* (NAS) menggunakan *Raspberry Pi* merupakan solusi dalam mengatasi permasalahan kinerja sistem dari penyimpanan data yang lebih *portable* dengan *Raspberry Pi*. NAS adalah sebuah piranti penyimpanan data dengan sistem operasi yang dikhususkan untuk melayani kebutuhan *backup* dan *share* data. Metode penelitian berisikan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian yang terdiri dari studi *literature*, metode pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi dan pengujian. Tahap perancangan topologi jaringan infrastruktur WLAN dari NAS *server*, tahap instalasi dan konfigurasi *software* yang dibutuhkan untuk NAS *server*, dan tahap uji coba. Sistem dibuat dengan *offline* tetapi memiliki tampilan *Website* yang hampir menyerupai sistem penyimpanan *online*. Berdasarkan uji coba yang dilakukan pada perangkat kinerja CPU *server* awalnya adalah 0% kondisi awal, disaat proses pengiriman data, terjadi kenaikan kinerja CPU *server* dengan rata-rata 63% dari *range* 18%. Selanjutnya nilai kinerja *server* meningkat lagi rata-rata menjadi 50%. Kesimpulan penelitian ini adalah sistem NAS dibangun menggunakan *Raspberry Pi* yang memanfaatkan aplikasi *samba* yang dikonfigurasi sesuai dengan kebutuhan jaringan, sehingga data berupa foto, video, musik, dokumen dan aplikasi dapat lebih cepat diakses *sharing file* baik dari perangkat laptop ataupun *handphone*.

**Kata kunci** : NAS *server*; Samba; *Raspberry Pi*; WLAN

### 1. PENDAHULUAN

*Storage* adalah suatu penyimpanan, atau sebuah perangkat digital yang berfungsi untuk menyimpan berbagai macam data digital. Perkembangan perangkat *storage* sangat pesat. Kemajuan ini diiringi dengan kemajuan teknologi jaringan komputer. Pada dasarnya jumlah pengguna komputer didalam jaringan sangat besar, untuk melakukan akses data yang terus meningkat berdampak pada pemilihan *server* yang baik dan media penyimpanan data yang besar sangat diperlukan. Dari segi lain media penyimpanan data dengan kinerja sistem yang bagus menjadi kendala bagi setiap individu maupun kelompok.

Permasalahan yang dipaparkan adalah masalah kinerja sistem dari penyimpanan data dalam pemilihan *server* yang baik. Sistem *server Network Attached Storage* (NAS) merupakan solusi dalam mengatasi permasalahan kinerja sistem dari penyimpanan data. NAS ialah suatu *server*

penyimpanan yang tersambung ke jaringan dan memungkinkan penyimpanan maupun pengambilan data dari lokasi terpusat untuk pengguna jaringan. Sistem NAS *fleksibel* dan terukur, NAS layaknya seperti memiliki *cloud* pribadi di kantor, lebih cepat, lebih murah, dan memberikan semua manfaat *cloud* publik.

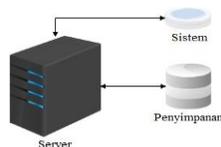
Ada beberapa penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan untuk penyimpanan data terpusat menggunakan NAS, yang pertama oleh [1] membangun *Network Attached Storage* (NAS) *server* pada *Raspberry Pi*, pada *android* dibutuhkan aplikasi *ES File Explorer* untuk dapat mengakses NAS *server*. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [2] sistem NAS ini dibangun menggunakan *Raspberry Pi* yang memanfaatkan aplikasi *samba* yang di konfigurasi sesuai dengan kebutuhan jaringan, sehingga *file* berupa materi maupun tugas dapat lebih cepat diakses dari laptop maupun *smartphone* melalui aplikasi *Network Browser*.

Namun pada penelitian yang telah dilakukan tersebut masih belum terdapat pemantau yang dapat dilakukan di *website* untuk memberikan batasan hak akses penerima data. Solusi dari pengembangan sistem yang telah direalisasikan, yaitu akan dilakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun *Network Attached Storage* (NAS) Pada *Raspberry Pi* 3 Model B Berbasis *Website*”. Penelitian ini menghasilkan NAS yang dibangun dengan perangkat mini PC *Raspberry Pi* untuk menyederhanakan manajemen penyimpanan dan meningkatkan keandalan, kinerja dan efisiensi jaringan, sehingga meningkatkan produktivitas organisasi secara keseluruhan dalam kebutuhan data. Dengan demikian lebih berguna untuk penyimpanan data, serta lebih memudahkan komputer *client* mengakses data.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Penyimpanan

Penyimpanan (*storage*) merupakan tempat penyimpanan data baik sementara maupun permanen. Ukuran penyimpanan tersebut bervariasi tergantung dari kebutuhan dan kapasitas ukuran data [3]. *Shared Storage* merupakan teknologi penyimpanan yang mendukung pada penyimpanan kluster dimana setiap node dapat mengakses penyimpanan secara bersamaan. Penyimpanan pada *server*, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyimpanan

### 2.2. *Network Attached Storage*

*Network Attached Storage* (NAS) adalah sebuah *server* dengan sistem operasi dan jaringan berkecepatan sangat tinggi yang dikhususkan untuk melayani kebutuhan berkas data. NAS berbeda dengan *server* pada umumnya, yaitu NAS hanya dapat digunakan untuk penyimpanan data. NAS dapat berbentuk perangkat yang siap pakai atau berupa sebuah *software* yang akan di-*install*-kan pada sebuah komputer agar berubah fungsi menjadi *server* NAS. NAS dapat diakses langsung melalui jaringan LAN dengan protokol seperti TCP/IP. *File transfer protocol* yang didukung oleh NAS termasuk *Network File System*, *Common Internet File System*, *File Transfer Protocol* dan sebagainya [4].

### 2.3. Samba

SMB (*Server Message Block*) merupakan sebuah protokol standar yang dibuat oleh Microsoft yang digunakan pada sistem Windows. Fungsi dari SMB dalam Windows adalah sebagai protokol yang

digunakan untuk membagi data, baik dari perangkat seperti *CD-ROM*, *harddisk*, maupun perangkat keluaran seperti *printer* dan *plotter* untuk dapat digunakan bersama dengan komputer lain dalam jaringan [5]. Samba telah menyediakan layanan *file* dan cetak yang aman, stabil, dan cepat untuk semua klien menggunakan protokol SMB / CIFS, seperti semua versi DOS dan Windows, OS / 2, Linux dan banyak lainnya. Samba adalah komponen penting untuk mengintegrasikan Linux / *Server* Unix dan desktop secara mulus ke lingkungan *Active Directory*.

### 2.4 *Raspberry Pi*

*Raspberry Pi*, sering disingkat dengan nama Raspi, adalah komputer papan tunggal (*single-board circuit*; SBC) yang seukuran dengan kartu kredit yang dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, permainan komputer, dan sebagai pemutar media hingga video beresolusi tinggi bahkan menjadikan sebagai *web server* [6]. *Raspberry Pi* menggunakan *system on a chip* (SoC) dari *Broadcom* BCM2835 hingga BCM 2837 (*Raspberry Pi* 3), juga sudah termasuk *prosesor* ARM1176JZF-S MHz bahkan 1.2GHz 64-bit *quad-core* ARMv8 CPU untuk *Raspberry Pi* 3, GPU VideoCore IV dan kapasitas RAM hingga 1 GB. Tidak menggunakan hard disk, namun menggunakan SD Card untuk proses booting dan penyimpanan data jangka-panjang.



Gambar 2. *Raspberry Pi* 3 Model B

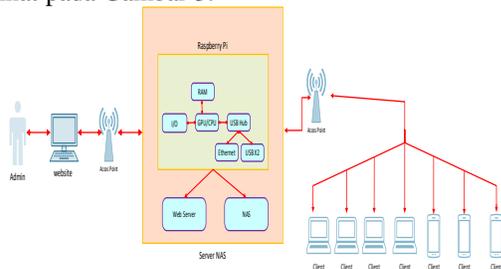
## 3. METODE PENELITIAN

Proses penelitian dimulai dengan melakukan terkait *server*, sistem NAS, konfigurasi *Raspberry Pi*, konfigurasi samba, dan konsep kerja sistem NAS *server* yang dilakukan melalui *website*. Selanjutnya dilakukan perancangan yang terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras meliputi keseluruhan topologi untuk membentuk jaringan local. Perancangan perangkat lunak terdiri dari keseluruhan sistem NAS yang diimplementasikan menggunakan samba sebagai sistem penyimpanan data terpusat pada *server* dengan antarmuka *website*. Selanjutnya melakukan pengujian untuk mengetahui kinerja *server* dan pengaruh sistem NAS. Pengujian dilakukan dengan beberapa skenario uji berupa

pengujian NAS pada *Raspberry Pi* dengan samba, pengujian proses transfer data NAS, pengujian kecepatan transfer dan pengujian keseluruhan sistem. Setelah dilakukan pengujian, maka dilakukan analisa dari pengujian untuk mendapatkan kesimpulan akhir dari proses penelitian.

#### 4. PERANCANGAN

Rancangan system secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur Keseluruhan Sistem

Sistem ini menerapkan konsep jaringan komputer *client – server* yang akan menjadi *server* adalah *Raspberry Pi* dan untuk *PC Config* sebagai *administrator* yang akan digunakan untuk mengkonfigurasi *Raspberry Pi* dengan cara *remote*. *Raspberry Pi* akan dijadikan sebagai perangkat *access point* WLAN dengan menggunakan *Wifi* yang sudah tersedia di dalam *Raspberry Pi* Model B. Sistem ini dapat melakukan pembatasan hak akses penerima data. Pembatasan hak akses penerima data dapat dilakukan oleh admin dan *client* lainnya, tetapi untuk mengontrol semua kerja sistem *server* hanya admin yang dapat melakukannya. Terdapat beberapa perangkat yang nantinya berperan sebagai pengguna yang akan terkoneksi langsung ke *access point* yang dibuat di *Raspberry Pi*.

Proses penyimpanan data dan pengiriman data dapat dilakukan oleh *Raspberry Pi* dikarenakan terdapat sistem NAS yang telah diinstal. Data yang didapat akan dikirim ke *website*. *Website* berfungsi sebagai antarmuka yang akan memantau sistem pengiriman data. Selain itu, pengguna dapat mengakses data tersebut dengan menggunakan *website* yang telah dibuat.

##### 4.1 Perancangan Arsitektur Perangkat Keras Jaringan

Proses perancangan arsitektur dilakukan pertama kali dengan menghubungkan semua perangkat. Perancangan perangkat keras terdiri dari *server* NAS, yang berfungsi sebagai penyimpanan data dalam satu jaringan sama (lokal) sebagai pertukaran data antara *Microsoft Windows* dan *Linux*.

Dalam penelitian ini perangkat keras yang digunakan adalah *Raspberry Pi* yang akan menjadi *server* NAS dan *client* yang disatukan dalam satu

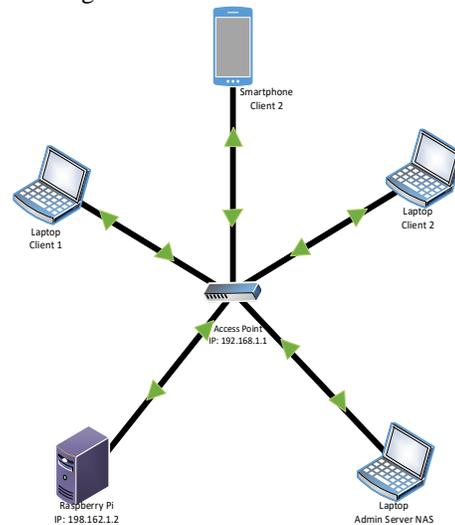
jaringan yang sama (lokal) atau bisa disebut topologi. Berikut merupakan kebutuhan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian:

##### 1. Server NAS

*Server* digunakan sebagai tempat penampung data yang terjadi selama penelitian berlangsung. *Raspberry Pi* digunakan sebagai *server*.

##### 2. Topologi Jaringan

Topologi jaringan pada penelitian ini menggunakan konsep jaringan komputer *client-server*. Topologi yang digunakan adalah topologi fisik yaitu topologi *star*. Perangkat keras yang dibutuhkan adalah *Raspberry Pi*, kabel LAN *straight*, *adapter*, laptop dan *handphone client* sebagai penerima data. Topologi yang digunakan sebagai berikut:



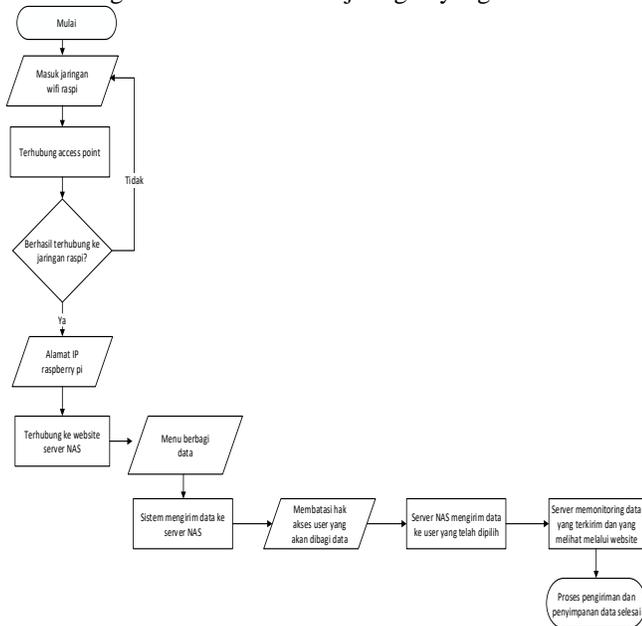
Gambar 4. Topologi Jaringan NAS

Gambar 4 Topologi yang digunakan pada penelitian ini adalah topologi *star*. Topologi dibuat sebagai penghubung antara komputer *client* dan admin. Setiap komputer dihubungkan dengan jaringan *Raspberry Pi* yang menjadi *server*. *Raspberry Pi* dihubungkan dengan *Wireless AP* yang menjadi *access point*. *Server* bertindak sebagai penyedia data, *server* terhubung dengan *client* menggunakan *access point*. Arsitektur ini disebut topologi jaringan *client server*, dimana *client* dan *server* dapat terhubung langsung (*local*). Cara kerja penelitian ini adalah *client* bisa unggah dan memantau data. *Server* dapat melihat *Internet Protocol* yang menerima data yang akan dikirim dan melihat kinerja dari *server* dalam pengiriman data.

##### 4.2. Perancangan Sistem *Network Attached Storage*

Sistem NAS berperan sebagai sistem *backup* data. Kebutuhan sistem yang ada pada NAS adalah *Raspberry Pi* dan *Wireless AP* dikarenakan *server* NAS akan diinstal ke perangkat utama yaitu

*Raspberry Pi*. Fungsi dari *Raspberry Pi* itu sendiri di dalam sistem NAS adalah sebagai penghubung dalam sistem yang akan dibuat. *Wireless AP* sebagai penghubung antara pengguna lainnya untuk mengakses *website* dalam jaringan yang sama.



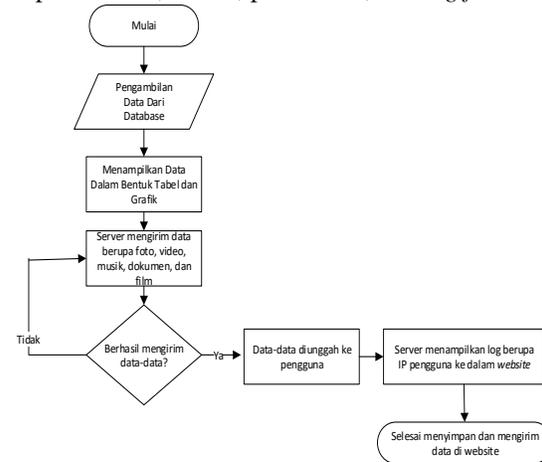
Gambar 5. Diagram Alir Sistem

Pada Gambar 5 sistem NAS ini merupakan sistem *backup* data yang terhubung dengan *Raspberry Pi*, keluaran dari sistem ini adalah data berupa video, foto, musik, dokumen. *Website* berfungsi untuk *monitoring* saat pengiriman data. Sistem dimulai ketika masuk dalam jaringan *access point*. Sistem NAS akan berada didalam *Raspberry Pi*, didalam penelitian ini *Raspberry Pi* yang akan menjadi *server* pusat data. Aktivitas yang dilakukan admin adalah menyambungkan sistem NAS *server* ke *access point*, dimana saat sistem sudah berhasil masuk kedalam jaringan, maka admin akan lanjut memasukkan data kedalam sistem. Data disimpan dalam sistem NAS untuk pengamanan dalam penyimpanan, sehingga pada saat hilangnya data pada *client*, maka sistem NAS yang menjadi pusat data, masih menyimpan data secara aman dan terkontrol. Selanjutnya data dikirim ke *client* dan akan langsung dipantau oleh *server* dalam pengambilan data yang terhubung dengan *access point*. Histori *client* berbentuk *Internet Protocol* akan tersimpan dan ditampilkan pada *Website*.

#### 4.3. Perancangan Sistem Website NAS

*Website* pada penelitian ini berfungsi sebagai penyedia data atau hasil *monitoring* yang dilakukan sistem NAS. Antarmuka *website* menampilkan seluruh data *server*, pemakaian, penyimpanan data, dan histori pengiriman data.

Dalam perangkat ini menampilkan beberapa fitur seperti *server*, *charts*, pemakaian, *sharing file*.

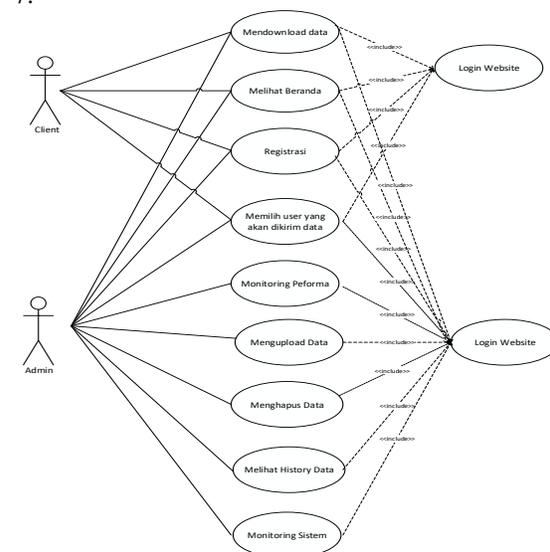


Gambar 6. Diagram Alir Website

Alir sistem pada gambar 6 menjelaskan sistem *raspi* yang berjalan pada *website*. Sistem mulai bekerja pada saat data di unggah ke *website*. Data tersebut di tampilkan pada *website* dalam bentuk tabel dan grafik agar admin dapat membaca data tersebut. Pemantauan dilakukan oleh administrator jaringan untuk melihat aktivitas *client* saat mengunggah data, jika *client* berhasil mengunduh maka admin dapat melihat *log client* yang berupa IP.

#### 4.3. Use Case Diagram Sistem

Use case diagram digunakan sebagai media untuk menjelaskan alur kerja sistem yang digunakan. Penjelasan terkait use case ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Use Case Diagram Sistem

Pada Gambar 7 menjelaskan proses yang dapat dilakukan oleh admin dan *client*. Pada sisi *client*, *client* dapat melakukan registrasi sebelum *login* setelah itu *client* dapat mengunggah data serta

membatasi hak akses penerima data. Admin dapat melakukan kegiatan monitoring semua sistem, dapat mengunggah data dan mengambil data, membatasi hak akses penerima data. Sebelum itu yang harus dilakukan yaitu registrasi terlebih dahulu untuk masuk kedalam *website*, selanjutnya melakukan login *website*.

## 5. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

### 5.1. Implementasi Arsitektur Perangkat Keras

Arsitektur komputer juga dapat didefinisikan sebagai ilmu dan sekaligus seni mengenai cara interkoneksi komponen. Untuk memudahkan dalam implementasi sistem yang dibuat penulis menggunakan *Raspberry Pi* sebagai *server*. Implementasi perangkat keras meliputi proses perakitan komponen-komponen yang dibutuhkan *Raspberry Pi 3 Model B* maupun *Wireless AP*.

#### 5.1.1 Raspberry Pi

Komponen *Raspberry Pi* yaitu *micro SD*, kabel LAN, dan *power adapter*. *SD card* berfungsi sebagai *booting* dan penyimpanan.



Gambar 8. *Raspberry Pi*

*Raspberry Pi* merupakan bagian dari sistem *server* yang berfungsi untuk menjembatani proses pengiriman data dengan menggunakan *software NAS*. Peranan dari *Raspberry Pi* sangat penting bagi terlaksananya sistem pengiriman data berbasis *Website*.

#### 5.1.2 Wireless AP

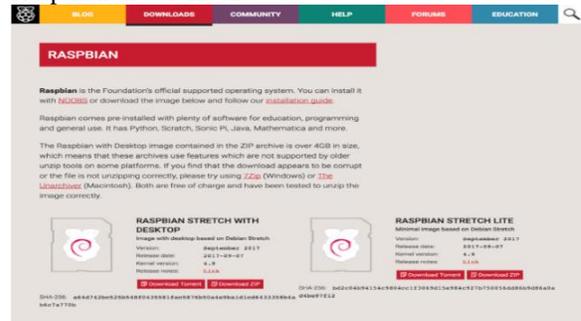
Dalam penelitian ini *Wireless AP* berfungsi sebagai *Hub/Switch* yang bertindak untuk menghubungkan jaringan lokal dengan jaringan *wireless/nirkabel* sebagai jaringan yang berisi sebuah *transceiver* dan antena untuk transmisi serta menerima sinyal dari *client* dengan *remote*. *Wireless Access Points client* bisa dengan cepat dan mudah untuk terhubung pada jaringan LAN.



Gambar 9. *Wireless Access Point (AP)*

### 5.2. Instalasi dan Konfigurasi *Raspberry Pi*

Sebelum menjalankan *Raspberry*, dibutuhkan sebuah sistem operasi (OS) yang di *install* pada *SD card*. OS untuk *Raspberry* dengan file ekstensi *image (.img)* yang akan dipakai adalah *wheezy-raspbian*. Untuk pemasangan *Raspberry OS* ke dalam *SD card* menggunakan *Win32DiskImager-0.9.5*. Pertama masuk kesitus resmi raspi <https://www.raspberrypi.org/downloads/> untuk mengunggah ZIP pada *Raspbian Stretch Witch Desktop*, dan *etcher* untuk melakukan instalasi OS *Raspbian* di dalam *SD card*.



Gambar 10. Situs Raspbian

OS *Raspbian* dimasukan kedalam *SD card* dengan *software Etcher*. Penelitian ini menggunakan *debian linux* seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Sistem Operasi Raspbian

### 5.3. Instalasi dan Konfigurasi NAS

*NAS* dalam penelitian ini sebagai sebuah piranti penyimpanan data dengan sisitem operasi raspbian untuk melayani kebutuhan *backup* dan *share* data. *NAS* memiliki perangkat lunak sendiri untuk pengelolaan dan bertugas menyimpan serta membagi data dalam sebuah jaringan. Dalam penelitian ini *NAS* menggunakan perangkat lunak *samba*. Instalasi aplikasi *samba* pada sistem yang digunakan untuk menjembatani hubungan antara *client* dan *server*.

Hal Pertama yang dilakukan adalah *install samba*

```
#sudo apt-get install samba
```

menginstal *samba* untuk dapat mengakses penyimpanan dari tempat lain pada jaringan.

Setelah paket *samba* selesai menginstal, saatnya untuk melakukan konfigurasi. Pada baris perintah, ketik baris perintah berikut:

```
Sudo nano
```

Perintah tersebut akan membuka editor teks *nano* dan memungkinkan untuk membuat beberapa perubahan.

Tahap selanjutnya akan menambahkan bagian yang sama sekali baru untuk *file* konfigurasi. Jalan ke bagian paling bawah *file* dan masukkan teks berikut:

```
[Backup]
Commen = Backup Files
Browseable = Yes
Path = /home/pi/Ria
Writeable = Yes
Create mask = 0777
Directory mask = 0777
Browseable = Yes
Publice = Yes
```

Langkah selanjutnya yaitu Tekan CTRL + X untuk keluar, tekan Y untuk menyimpan perubahan dan menimpa data konfigurasi yang ada. Ketika kembali pada *command prompt* masukkan perintah untuk me-restart samba.

Pada titik ini perlu ditambahkan pengguna yang dapat mengakses samba. Setelah itu dapat membuat *username* dan *password* apapun yang diinginkan. Untuk melakukannya ketik perintah berikut:

```
Sudo /etc/int.d/samba
```

```
Sudo useradd backup -m
-G users
```

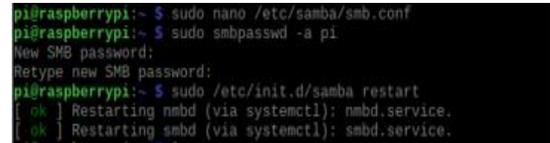
Ketik *password* dua kali untuk konfirmasi. Setelah mengkonfirmasi *password*, saatnya untuk menambahkan "*backup*" sebagai pengguna samba. Masukkan perintah berikut:

```
Sudo smbpasswd -a backups
```

Pada tahap ini NAS dengan *Raspberry Pi* dapat diakses oleh berbagai pengguna jaringan *Local Area* dengan berbagai jenis macam *client* dan berbagai sistem operasi.

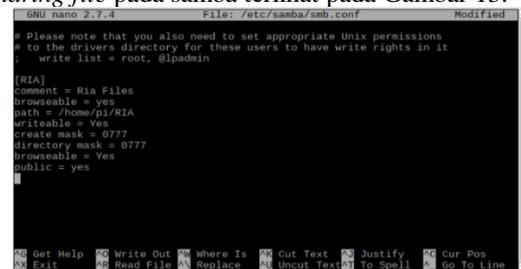
#### 5.4. Pengujian Network Attached Storage (NAS) pada Raspberry Pi dengan Menggunakan Protokol Samba

Untuk dapat membagi data dan perangkat seperti CD ROM, Hard Disk dan printer pada jaringan dibutuhkan *samba/SMB (Server Massage Block)*. Samba terdiri atas dua program yang berjalan di *background* yaitu *SMBD* dan *NMBD*. *SMBD* adalah *file server* yang akan menghasilkan proses baru untuk setiap *client* yang aktif, sedangkan *NMBD* bertugas mengkonversi nama komputer (*NetBIOS*) menjadi alamat IP sekaligus juga memantau *share* yang ada di jaringan. Samba *server* di *install* kedalam *Raspberry Pi*, setelah di *install* dibuat pengaturan dalam samba, memerlukan penggunaan *password* seperti terlihat pada Gambar 12.



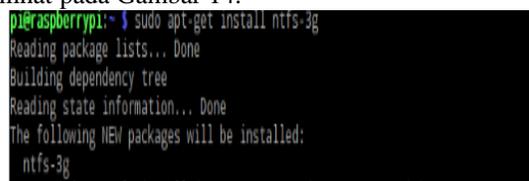
Gambar 12. Konfigurasi *Password*

Konfigurasi *sharing file* yang akan dibuat dalam samba, pertama kali membuat nama folder dengan nama folder RIA. Selanjut pembuatan lokasi direktori yang di *share*, membuat nama pengguna yang digunakan, mengizinkan melakukan penjelelahan terhadap folder yang di *share*, mengizinkan melakukan perubahan terhadap folder beserta isi dari folder dan menentukan hak akses. Tekan CTRL + X untuk keluar, tekan Y ketika ditanya apakah ingin menyimpan perubahan dan menimpa data konfigurasi yang ada. Konfigurasi *sharing file* pada samba terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Konfigurasi *Sharing File*

Agar Raspbian dapat membaca partisi *drive* yang digunakan oleh *Windows*, dilakukan instalasi paket *software ntfs-3g* dan paket *software* samba dan *samba-common-bin*. Kemudian membuat direktori pada *USB flash disk* yang akan di *sharing* pada jaringan dan melakukan *mount* otomatis pada *USB flash disk* ketika sistem dijalankan konfigurasi dilanjutkan dengan membuat beberapa pengaturan autentikasi dan hak akses dari direktori *USB flash disk* yang akan di *sharing* pada jaringan dan dapat dilihat pada Gambar 14.



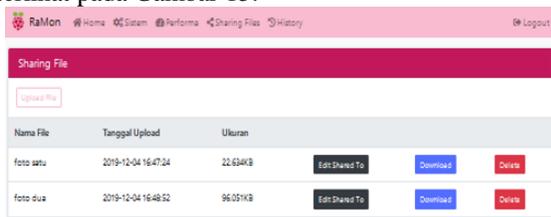
Gambar 14. Instalasi *ntfs-3g*

#### 5.5. Pengujian Proses Transfer Data NAS

Pada tahap ini dilakukan proses pengujian *transfer* data NAS untuk mengetahui cara sistem NAS bekerja dalam penyimpanan maupun pengambilan data dari lokasi terpusat. Penyimpanan maupun pengambilan dilakukan dengan pengujian secara berulang selama 20 kali pengujian, untuk mendapat perbandingan kecepatan *transfer* data yang baik dengan beberapa jenis data.

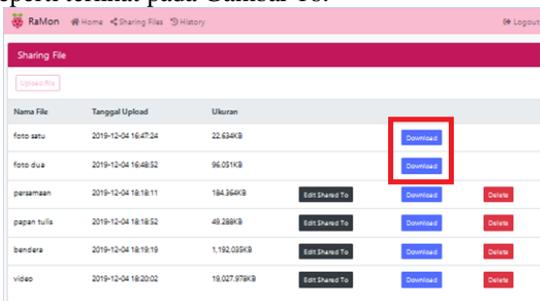
5.6. Proses Pengiriman Data Menggunakan Samba

Sistem NAS yang menggunakan protokol samba telah dikonfigurasi sebelumnya selanjutnya diuji dengan melakukan pengujian NAS pada PC/Laptop yang dihubungkan dengan akses jaringan wireless yang terhubung dengan sistem. Pengujian ini dilakukan dengan cara admin melakukan login ke sistem NAS pada website yang telah dibuat. Setelah admin melakukan login selanjutnya admin akan dapat mengakses folder file sharing untuk kemudian admin yang akan melakukan sharing data pada client seperti terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Tampilan Sharing File

Pengujian selanjutnya adalah client mengakses data yang telah dibagi pada sistem NAS dengan menggunakan smartphone dan laptop. Akses ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Website yang telah dibuat dan terhubung dengan jaringan NAS. Setelah pengguna dapat masuk ke sistem NAS, maka pengguna dapat mengunduh data-data yang diperlukan. Sedangkan pengguna yang berstatus client dapat mengunduh data yang telah dibagikan oleh pengguna lain didalam file sharing dan melakukan pembatasan hak akses penerima data seperti terlihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Halaman Sharing File Client

5.7. Proses Penerima Data ke Laptop

Pada bagian ini dilakukan proses penerima data ke laptop yang dikirim dari Website server NAS. Laptop client harus masuk kedalam jaringan yang sama yaitu Raspberry Pi untuk dapat membuka Website. Laptop client dapat masuk ke website server NAS dengan cara memasukkan alamat IP Raspberry Pi yaitu 192.168.1.2 seperti terlihat pada Gambar 17.



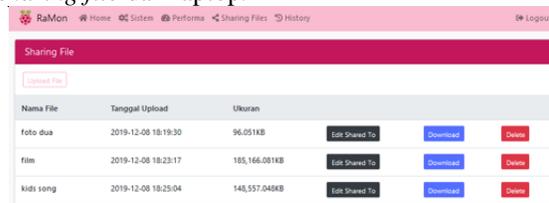
Gambar 17. Home Laptop

Proses selanjutnya untuk melakukan pembatasan hak akses penerima data dengan cara memasukkan username pengguna lain, seperti terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Pembatasan Hak Akses Penerima Data

Proses selanjutnya pada laptop client, untuk melakukan pengambilan file yang telah dibagi oleh server NAS maka laptop client masuk ke menu sharing file, seperti terlihat pada Gambar 19 tampilan sharing file dari laptop.



Gambar 19. Tampilan Sharing File pada Laptop

5.8. Pengujian Kecepatan Transfer

Dari keterangan data-data tersebut terdapat data yang paling kecil dengan ukuran 19.819 KB waktu kurang dari satu detik dan data yang paling besar berukuran 649,022.906 KB dengan waktu pengiriman 4 menit 9,07 detik. Data yang diunduh harus dibawah 1GB agar sistem berjalan dengan lancar, karena dalam penelitian ini menggunakan server Raspberry Pi yang memiliki RAM sebesar 1GB dan memiliki memori eksternal 16GB. Proses pengirimannya yaitu melalui RAM terlebih dahulu setelah itu mengikuti besar dari memori eksternal, terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian Upload

No	Nama File	Ukuran (KB)	Waktu
1	Foto satu	22.634	00:00.90
2	Foto dua	96.051	00:00.94
3	Zumba satu	68,088.114	00:21.00
4	Zumba dua	69,416.591	00:22.79

5	Film	185,166.081	00:51.33
6	Kids song	148,557.048	00:49.39
7	File dokumen	19.819	00:00.63
8	File zip	384.673	00:01.87
9	Lagu islam	68,391.912	00:29.42
10	Album	211,475.66	01:21.51
11	Senam	92,475.328	00:50.20
12	Game	29.465	00:00.80
13	Jalan-jalan	395.215	00:00.48
14	Foto-foto	51.073	00:00.49
15	Video baru	239,628.814	01:45.73
16	Kemerdekaan	635.407	00:02.50
17	Film anak	133,875.248	00:55.22
18	File rar	649,022.906	04:09.07
19	Test 5	47.944	00:00.73
20	Aplikasi	9,065.256	00:08.27

Pengambilan data tercepat dalam tabel ini adalah foto satu dengan ukuran 22.634 KB dengan waktu yang dibutuhkan kurang dari satu detik, data yang lainnya rata-rata lebih dari satu detik. Data yang paling lama waktu pengambilannya adalah file rar. File rar ini paling lama waktu pengunduhannya dibandingkan dengan data yang laian, sama halnya dengan saat mengunggah data rar membutuhkan waktu sebesar 4 menit 9,07 detik. Sedangkan pada saat mengunduh data memiliki waktu setengah lebih cepat dari pada mengunggah yaitu dengan waktu 2 menit 9,49 detik, data dapat dilihat pada Tabel 2.

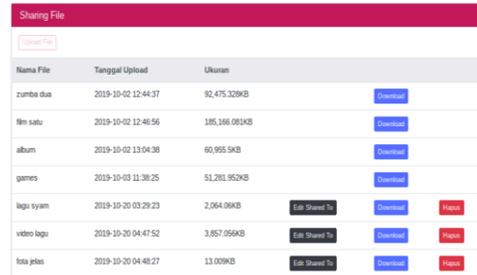
Tabel 2. Pengujian *Download*

No	Nama File	Ukuran (KB)	Waktu
1	Foto satu	22.634	00:00.96
2	Foto dua	96.051	00:01.85
3	Zumba satu	68,088.114	00:11.89
4	Zumba dua	69,416.591	00:12.59
5	Film	185,166.081	00:23.13
6	Kids song	148,557.048	00:22.44
7	File dokumen	19.819	00:03.56
8	File zip	384.673	00:08.94
9	Lagu islam	68,391.912	00:11.99
10	Album	211,475.66	00:38.38
11	Senam	92,475.328	00:19.27
12	Game	29.465	00:01.73
13	Jalan-jalan	395.215	00:04.41
14	Foto-foto	51.073	00:01.09
15	Video baru	239,628.814	00:43.26
16	Kemerdekaan	635.407	00:05.33
17	Film anak	133,875.248	00:28.16
18	File rar	649,022.906	02:09.49
19	Test 5	47.944	00:13.15
20	Aplikasi	9,065.256	00:03.48

5.9. Pengujian Keseluruhan Sistem

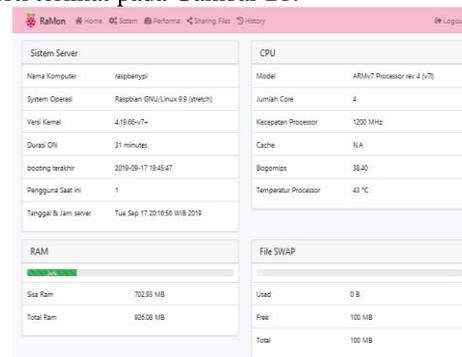
Pada pengujian keseluruhan sistem yang dilakukan untuk melihat apakah sistem yang diimplementasikan dan *website* monitoring yang dibuat dapat berjalan dengan baik. Pengujian yang dilakukan adalah saat *file* yang disimpan kedalam sistem NAS dan saat pengguna mengunggah data. Samba menyimpan data dan menampilkannya dalam bentuk *website*, sehingga dapat mempermudah semua pengguna untuk mendapatkan semua data yang dibutuhkan.

Tampilan *sharing file* dari sudut pandang *client*, *client* itu sendiri dapat melakukan aktivitas *upload*, *download*, *delete*, dan *edit share to*, sama seperti admin yang bisa melakukan *edit share to* dan yang lainnya. Admin dan *client* yang membedakannya adalah admin bisa mngontrol semua kegiatan *client* yang lainnya. *Client* tidak dapat menghapus data yang telah dikirm oleh *client* lain ataupun admin, yang bisa menghapus data tersebut adalah si pengirim data tersebut, seperti terlihat pada Gambar 20.



Gambar 20. *Client* melakukan *Sharing File*

Sistem *server* ini berfungsi agar admin dapat mengetahui informasi tentang spesifikasi *server* secara otomatis tanpa harus melakukannya secara manual. Informasi CPU berfungsi untuk admin agar dapat mengetahui jumlah *core* dari CPU yang digunakan dan kecepatan prosesor. SWAP disini berfungsi sebagai duplikat dari RAM dimana SWAP mempunyai fungsi yang sama dengan RAM tetapi admin bisa melihat kapasitas memory penuh atau tidak tanpa melihat RAM. RAM dalam penelitian ini ditampilkan di *Website* berfungsi untuk mengetahui jumlah RAM yang telah terpakai, dan jumlah yang belum terpakai, sehingga admin tidak khawatir dalam menyimpan data ke dalam sistem samba *server*, seperti terlihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Sistem Perangkat *Raspberry Pi*

Kondisi awal kinerja *server* dapat dilihat pada hasil data *monitoring* yang disimpan pada menu grafik, sehingga administrator dapat melihat hasil semua kegiatan yang ada pada jaringan. Pengguna dapat mengetahui kerja sistem CPU, *memory* dan *disk*. Tampilan grafik CPU menerangkan 0% adalah kondisi awal CPU. *Memory* 22% memberi informasi

bahwa seberapa banyak yang sudah terpakai dan sisa disk 47% yang sudah terpakai, seperti terlihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Kondisi Awal Kinerja Server

Pada Gambar 23 ini merupakan tampilan grafik CPU menerangkan jumlah rata-rata CPU 63% kondisi pada saat setelah pengiriman data, sebelum pengiriman data kerja sistem CPU 0% disaat pengujian terjadi peningkatan kinerja. *Memory* 24% terjadi penambahan dan *disk* mengalami kenaikan sebesar 54,5%. Disaat setelah pengiriman data, CPU berada dalam keadaan diam tanpa kegiatan memiliki kondisi 17% terjadi penurunan.



Gambar 23. Kondisi Kinerja Server Saat Unggah Data

Kondisi kinerja *server* terjadi penurunan setelah melakukan kegiatan unggah, penurun dari 63% menjadi 18%. Kondisi disaat *server* tidak melakukan aktifitas setelah melakukan unggah terlihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Kondisi Keadaan Normal Setelah Mengunggah

Pada Gambar 25 merupakan grafik CPU yang menerangkan jumlah rata-rata CPU 50% pada saat setelah menerima data, disaat pengujian terjadi peningkatan kinerja. Peningkatan naik dari kondisi awal 18% naik 32% menjadi 50%. *Memory* 30% terjadi penambahan dan *disk* 62% terjadi penambahan 7,5% dari setelah kegiatan unggah data.



Gambar 25. Kondisi Kinerja Server Saat Unduh Data

Hasil data monitoring disimpan pada *database* dan ditampilkan di *website*, sehingga administrator dapat melihat IP yang melakukan aktivitas mengunggah dan mengunduh data yang ada pada *website*. Administrator dapat mengetahui waktu, nama data, kegiatan yang dilakukan seperti *upload* atau *download* dan status berfungsi untuk mengetahui apakah data yang diunduh dan diunggah berhasil atau tidak mengirim data, seperti terlihat pada Gambar 26.

Tanggal	IP	Nama File	Kegiatan	Status
2019-12-04 16:46:54	192.168.1.100	foto satu	delete	berhasil
2019-12-04 16:46:58	192.168.1.100	foto satu	upload	berhasil
2019-12-04 16:47:14	192.168.1.100	foto satu	download	berhasil
2019-12-04 16:47:24	192.168.1.100	foto satu	upload	berhasil
2019-12-04 16:48:52	192.168.1.100	foto dua	upload	berhasil

Gambar 26. History Sharing File

## 5.10. Pembahasan

### 5.10.1 Penerapan sistem NAS pada Raspberry Pi

Pengujian sistem NAS yang dilakukan menggunakan protokol samba. NAS yang dibangun dengan perangkat mini pc *Raspberry Pi* ini lebih berguna untuk penyimpanan data terpusat. Sehingga dengan menggunakan NAS dapat manajemen penyimpanan dan meningkatkan keandalan, kinerja dan efisiensi jaringan, sehingga meningkatkan produktivitas secara keseluruhan organisasi dalam kebutuhan data. Pembatasan hak akses dalam pengiriman data berjalan dengan lancar, pengguna hanya memasukan *username* yang ingin dibagikan data tersebut maka data sudah bisa dibagi, sehingga tidak semua orang dapat mengakses data tersebut.

Sistem ini menjadikan semua pengguna dapat melakukan kegiatan pembatasan hak akses penerima data. Pengguna yang telah dikirm data hanya dapat mengunggah data yang telah dikirm oleh pengguna lain, sedangkan pengguna itu sendiri juga bisa berbagi data dengan pengguna yang lainnya. *History* merekam IP yang melakukan kegiatan di *server* NAS, didalam *history* terdapat beberapa info yang lengkap. Terutama waktu dan IP yang melakukan kegiatan tersebut. *Smartphone* tidak perlu menggunakan aplikasi tambahan jika melakukan unduh data, cukup dengan memasuki IP *server* NAS maka sudah dapat mengunduh data apa yang diinginkan.

### 5.10.2 Proses Menampilkan Data NAS di Website

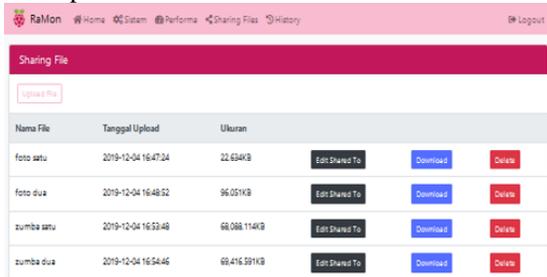
Proses menampilkan data NAS menggunakan bahasa pemrograman PHP. Pemrograman PHP memungkinkan untuk menampilkan data dari *database*. Sebelum melakukan pemrograman PHP ada beberapa hal yang harus dikerjakan terdahulu antara lain *Apache2*, *MySQL*, pemrograman PHP, *phpMyAdmin*, konfigurasi WLAN, *hostapd*, dan *dnsmasq*. *Apache* digunakan sebagai perangkat lunak *web server*, menyediakan layanan HTTP. *Hostapd* dikonfigurasi agar wi-fi dapat digunakan sebagai akses poin. Gunakan *syntax* “*sudo apt-get install mysql-server php5-mysql -y*”. Satu baris *syntax* ini melakukan *install MySQL* serta paket-paket *MySQL* untuk PHP.

Pemrograman PHP berguna untuk pembuatan kerja sistem *Website*. Pada *phpMyAdmin*

digunakan untuk antarmuka basis data *Website*, dan rancangan penulis menggunakan *phpMyAdmin*. Tujuan dari pengguna antarmuka ini untuk mempermudah dalam pengolahan basis data. Konfigurasi WLAN digunakan *syntax "sudo nano /etc/dhcpd.conf"*. Tambahkan konfigurasi *"denyinterfaces wlan0"* pada baris paling bawah file. Hal ini dilakukan untuk mencegah *interface wlan0* memiliki dinamik *IP address*. Dikarenakan akses point harus memiliki statik *IP Address*. Hostapd pada rancangan penulis digunakan untuk mengkonfigurasi normal *Network Interface Card (NIC)* menjadi *Access Point (AP)*. Teknologi *wi-fi* yang diimplementasikan oleh hostapd yaitu *IEEE 802.11*. *Dnsmasq* pada rancangan penulis digunakan untuk konfigurasi *DHCP server*.

Setelah semua dilakukan selanjutnya melakukan pembuatan program dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP. Kode program PHP untuk menampilkan data-data yang diunduh setelah itu akan tersimpan pada *database*. Proses pengiriman data dilakukan dengan menggunakan *Website*.

Selanjutnya hasil data terlihat pada *Website* dengan cara pengguna harus memasuki *wifi* dari *Raspberry Pi*. Pertama-tama pengguna membuka *browser* lalu memasukkan alamat IP 192.168.1.2, *web server* akan menyediakan layanan *Website*, seperti terlihat pada Gambar 27.



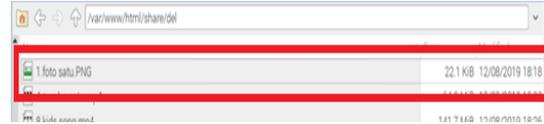
Gambar 27. Tampilan Data NAS pada Website

### 5.10.3 Keamanan Data

Penyimpanan data di *NAS server* memiliki beberapa kelebihan antara lain:

#### 1. Redudansi

Redudansi merupakan duplikasi (kerangkapan) data yang disimpan admin kedalam *database*. Disaat data dengan nama foto satu dengan ukuran 22.1 KB pada tanggal 8 desember 2019 pukul 18:18 dihapus didalam *Website*, maka data tersebut akan tetap ada didalam *server NAS*. Data yang telah dihapus masuk kedalam */var/www/html/share/del*, seperti terlihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Duplikasi Data yang Telah Dihapus

#### 2. Dengan Password

Data akan disimpan kedalam *server* dengan menggunakan *password* untuk memasuki *Website*. Otomatis tidak sembarang orang dapat mengambil data pengguna yang lain. Data akan disimpan secara enkripsi. Dengan enkripsi tentu pengguna harus melakukan decode agar dapat dibaca. Seperti terlihat pada Gambar 29 dengan *username admin* melakukan login dengan memasukkan *username* dan *password* yang telah dibuat saat registrasi. *Username* yang dimasukan terlihat pada gambar yang telah diberi kolom berwarna merah, bahwasannya *password* diberi enkripsi dengan simbol bulat-bulat. Sehingga angka atau huruf isi dari *password* tersebut hanya pemiliknya saja yang mengetahuinya.



Gambar 29. Password Untuk Memasuki Website

#### 3. Berbagi Data dengan Pembatasan Hak Akses

Kehadiran *NAS* mengubah cara pengguna dalam menyimpan dan berbagi data. Pemilik data dapat berbagi data dengan aman dan izin yang berbeda-beda. Artinya pengguna dapat menentukan siapa yang akan dibagi data tersebut, dengan cara memasukkan *username* pengguna yang akan dikirim data. Seperti terlihat pada Gambar 30 data yang telah dimasukan kedalam *Website* setelah itu dibagikan, dengan cara ketik tombol *edit share to*. Dengan *id file* 2 data yang berjudul foto dua, yang akan dikirim ke beberapa pengguna. Pengguna yang akan dikirim memiliki beberapa *username* antara lain *reti@asti*, *dita@ratu*, *lya@reti*, *reti@hasil*, dan *reti@tanti* terlihat pada gambar yang dikolom dengan warna merah.



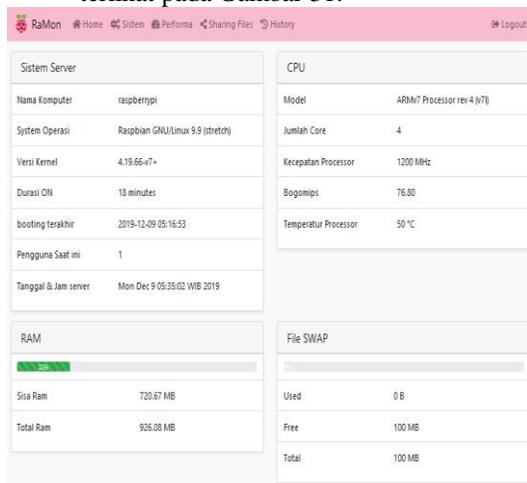
Gambar 30. Pembatasan Hak Akses Data

#### 5.10.4 Informasi Data di Website

Website dibuat secara *realtime*, maksudnya adalah apabila terdapat perubahan data, maka data perubahan tersebut akan *ter-update* secara otomatis tanpa perlu memuat ulang halaman Website. Ada beberapa informasi yang didapat didalam Website yaitu:

##### 1. Sistem

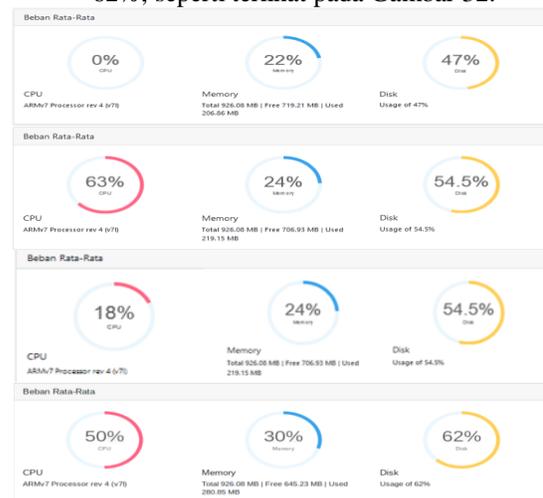
Didalamnya terdapat informasi sistem *server*, info CPU, RAM dan *file SWAP*. Sistem *server* terdapat nama komputer yang digunakan yaitu *Raspberry Pi*, sistem operasi yang digunakan adalah Raspbian GNU/Linux 9.9, versi kernel 4.19.66.v7, durasi *on* 18 menit, *booting* terakhir untuk mengetahui kapan terakhir aktif menggunakan system, terdapat tanggal dan jam. Selanjutnya info CPU *server* model berisi info prosesor, jumlah *core*, kecepatan prosesor 1200 MHz, dan temperatur prosesor. Didalam tampilan RAM memberi informasi berapa besaran RAM *server* dan berapa saja RAM yang telah terpakain dan yang belum terpakai. File SWAP berfungsi untuk membantu kerja RAM, jika RAM tersebut penuh maka dilanjutkan info dari SWAP, lebih tepatnya SWAP sebagai cadangan penyimpanan dari RAM, seperti terlihat pada Gambar 31.



Gambar 31. Info Sistem

##### 2. Peforma

Menampilkan kinerja CPU, kinerja CPU itu sendiri akan meningkat disaat terjadi proses pengiriman data, maka sistem akan terkontrol dan berjalan secara *realtime*. Memory serta disk akan *ter-update* secara otomatis disaat terjadi penambahan data ke dalam *server*. Tampilan grafik CPU 0% adalah kondisi awal CPU. Memory 22% memberi informasi bahwa seberapa banyak yang sudah terpakai dan sisa disk 47% yang sudah terpakai. CPU mengalami perubahan disaat pengiriman data meningkat menjadi rata-rata 63% mengalami kenaikan 63% dari kondisi awal. Memory 24% terjadi penambahan dan disk mengalami perubahan menjadi 54,3%. Selanjutnya rata-rata 50% kondisi CPU setelah unduh data, disaat pengujian terjadi penurunan kinerja. Memory 30% terjadi penambahan dan *disk* 62%, seperti terlihat pada Gambar 32.

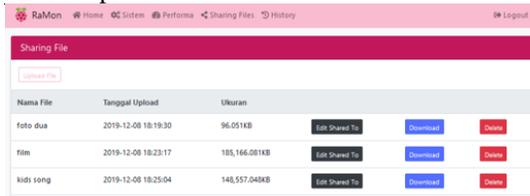


Gambar 32. Info Peforma

##### 3. Sharing File

*Sharing file* adalah menu utama dalam penelitian ini, dimana semua kegiatan penyimpanan data, pengambilan data, penghapusan data dan pembatasan hak akses penerima data terjadi didalam *sharing file* ini. Pada *sharing file* ini memiliki info nama data, tanggal unduh atau unggah serta ukuran dari data tersebut. Menu ini semua pengguna dan admin dapat melakukannya, terutama dalam pembatasan hak akses penerima data. Pembatasan hak akses penerima data berguna untuk keamanan data yang akan dikirim hanya untuk orang yang dituju, tidak semua orang yang bisa melihatnya. Seperti terlihat pada Gambar 33 terdapat tiga foto yang telah diunggah

dengan nama data foto dua dengan ukuran data 96.051 KB, film dengan ukuran 185,166.081 KB dan *kids song* dengan ukuran 148,557.048 KB. Setiap data juga terlihat info tanggal dan waktu saat pengiriman, guna untuk mengetahui kapan kita mengirim disaat data itu sudah lama dan lupa.



Nama File	Tanggal Upload	Ukuran	Get Shared To	Download	Delete
foto dua	2019-12-08 18:19:30	96,051KB	Get Shared To	Download	Delete
film	2019-12-08 18:23:17	185,166.081KB	Get Shared To	Download	Delete
kids song	2019-12-08 18:25:04	148,557.048KB	Get Shared To	Download	Delete

Gambar 33. Info *Sharing File*

#### 4. *History*

Tampilan *history* pada admin dan pengguna lainnya berbeda. *History* admin menginformasikan kegiatan semua pengguna, sehingga admin dapat memantau semua kegiatan pengguna. Sedangkan *history* pada *client*, hanya menginformasikan kegiatan yang telah dilakukan *client* itu sendiri saja, tidak semua kegiatan pengguna terlihat. Terlihat pada Gambar 34 terdapat dua data dengan nama zumba satu dan zumba dua, dengan kegiatan *upload* dan *delete*. Kedua kegiatan tersebut berhasil, dengan memberikan informasi alamat IP pengguna yang telah melakukan *upload* dan *delete*.



2019-12-08 18:20:14	192.168.1.100	zumba satu	upload	berhasil
2019-12-08 18:20:42	192.168.1.100	zumba satu	delete	berhasil

Gambar 34. Info Histori

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari Sistem NAS menggunakan protokol Samba pada jaringan lokal berbasis *Website*, didapat kesimpulan:

1. Pada penelitian ini telah dibuat suatu sistem yang dapat melakukan proses pemantauan dan pengiriman data pada NAS menggunakan *Raspberry Pi* berbasis *website*. Proses yang dilakukan dimulai dari pemrograman PHP yang berfungsi untuk menampilkan data, konfigurasi WLAN, *hostapd* dan *dnsmasq*. Data ditampilkan dalam beberapa halaman yaitu halaman *home*, *sistem*, *peforma*, *sharing file* dan halaman *history*.
2. Keamanan *user* menggunakan autentikasi berupa *password* pada form *login*, sedangkan keamanan informasi diterapkan

dengan pembatasan hak akses pada data sehingga mampu meningkatkan keamanan terhadap data yang dikirimkan.

3. Berdasarkan dari hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 20 kali, kinerja CPU *server* awalnya adalah 0% disaat proses pengiriman data terjadi kenaikan kinerja CPU *server* dengan rata-rata sebesar 63% untuk pengiriman data ke *server* NAS. Pada saat setelah melakukan kegiatan pengiriman kondisi *server* berada dalam keadaan normal yaitu 18%. Dan disaat pengambilan data terjadi kenaikan kinerja CPU dengan nilai rata-rata 50% peningkatan kinerja CPU.

### 6.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada “NAS menggunakan Samba pada jaringan lokal berbasis *website*”, maka diperoleh saran untuk penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Diharapkan *website* yang dibuat dapat dikembangkan menjadi aplikasi *android* dan menambah fitur selain *sharing file*.
2. Penyimpanan data baik *download* maupun *upload file* bisa lebih dari 1GB.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jannah, M. (2015). *Rancang Bangun Network Attached Storage (NAS) Pada Raspberry Pi untuk Penyimpanan Data Terpusat Berbasis WLAN*, Depok: Universitas Gunadarma.
- [2] Primatar, Kuswiradyo; Ansarullah, Dwiki;. (2017). *Rancang Bangun Penyimpanan Data Berbasis NAS Dengan Raspberry Pi Untuk Menunjang Kegiatan Perkuliahan Di Program Vokasi Universitas Brawijaya*, Malang: Universitas Brawijaya.
- [3] Hidayatullah, P. (2014). *Pemrograman Web*. Bandung: Informatika.
- [4] Defni, & Prabowo, C. (2013). *Implementasi Data Loss Prevention System dengan menggunakan Network Attached Storage*. TEKNOIF. 1(2): 45-60.
- [5] Purbo, O. W. (2002). *Samba Jembatan Windows dengan Linux*. Jakarta: Elexmedia Komputindo
- [6] Kadir, A. (2016). *Dasar Raspberry Pi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.