

Implementasi *Raspberry Pi* Sebagai *Private Cloud Printer Server* Menggunakan *OpenWrt*

Muhammad Udin¹, Mohammad Zoqi Sarwani²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Merdeka Pasuruan

Jl. Ir. H. Juanda No.68 Kota Pasuruan

¹imelekacong28@gmail.com, ²zoqi@unmerpas.ac.id

Diterima : 25 April 2025

Disetujui : 26 Mei 2025

Abstract— Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membuka peluang baru dalam sistem pencetakan berbasis *cloud*. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *Raspberry Pi* sebagai *private cloud printer server* menggunakan *OpenWrt*, memungkinkan pengguna mencetak dokumen dari berbagai perangkat tanpa koneksi fisik langsung ke printer. Proses implementasi mencakup instalasi sistem operasi *Raspbian* pada *Raspberry Pi*, instalasi perangkat lunak *CUPS* untuk pengelolaan printer, serta konfigurasi router berbasis *OpenWrt*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mendukung fungsi pencetakan lokal melalui jaringan lokal dan pencetakan jarak jauh menggunakan layanan *cloud* dengan latensi minimal. Uji koneksi jaringan, deteksi printer, dan fungsi pencetakan menunjukkan hasil yang memuaskan dengan tingkat keberhasilan 100%. Selain itu, sistem terbukti stabil dalam pengoperasian selama 24 jam tanpa gangguan. Dengan biaya yang terjangkau, solusi ini memberikan fleksibilitas tinggi untuk kebutuhan pencetakan di lingkungan rumah, pendidikan, atau usaha kecil-menengah.

Keywords — *Raspberry Pi*, *OpenWrt*, *Cloud Printing*, *Printer Server*, *Jaringan*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan kebutuhan akan akses yang mudah dan cepat dalam mencetak dokumen, solusi *cloud printing* menjadi semakin populer. *Cloud printing* memungkinkan pengguna untuk mencetak dokumen dari perangkat apapun yang terhubung ke internet, tanpa harus terhubung langsung ke printer melalui kabel. Salah satu solusi yang menarik untuk implementasi ini adalah menggunakan *Raspberry Pi* sebagai server *cloud printing* yang murah dan efisien.

Raspberry Pi memiliki kemampuan komputasi cukup untuk beragam aplikasi, termasuk sebagai *server cloud*. *Raspberry Pi* dapat diintegrasikan dengan *OpenWrt*. Kombinasi *Raspberry Pi* dengan *OpenWrt*

menciptakan solusi *cloud printing* yang tidak hanya efisien, tetapi juga hemat biaya bagi pengguna rumahan atau usaha kecil dan menengah[1].

Penelitian yang dilakukan oleh EH Salib [1] menunjukkan bahwa perangkat *Raspberry Pi* yang dikombinasikan dengan *OpenWrt* dapat meningkatkan efisiensi pada sistem keamanan jaringan dan aplikasi berbasis *cloud*. Penelitian lain oleh Giger et al. [2] mendukung penggunaan *Raspberry Pi* sebagai komponen utama untuk pengolahan data berbasis *cloud*, menunjukkan fleksibilitas perangkat tersebut untuk mendukung berbagai aplikasi pendidikan dan bisnis. Selain itu, Berecz [3] mendemonstrasikan bahwa *Raspberry Pi* efektif sebagai perangkat pengelolaan data dan layanan cetak berbasis

jaringan, mendukung efisiensi alur kerja yang lebih baik.

Penelitian oleh Virciglio [4] juga menunjukkan bahwa integrasi *OpenWrt* dengan *Raspberry Pi* dapat meningkatkan kemampuan perangkat untuk menangani lalu lintas jaringan yang kompleks. Selain itu, Kadir et al. [5] mendemonstrasikan penggunaan *Raspberry Pi* untuk mengelola perangkat secara efisien dalam pengelolaan jaringan berbasis *cloud*. Dengan demikian, integrasi *Raspberry Pi* dan *OpenWrt* memberikan solusi yang efisien untuk menciptakan sistem *cloud printing* yang hemat biaya serta mudah diimplementasikan.

Penelitian tersebut mendukung gagasan bahwa *Raspberry Pi* dapat menjadi solusi yang efisien dan hemat biaya untuk membangun *cloud printer server*, baik di lingkungan pendidikan maupun pemerintahan. Kombinasi dengan *OpenWrt* memungkinkan integrasi jaringan yang lebih stabil dan aman, yang pada akhirnya memaksimalkan kinerja dan efisiensi dari sistem *cloud printing* tersebut.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer mini berbiaya rendah yang pertama kali dikembangkan oleh *Raspberry Pi Foundation* pada tahun 2012. Tujuan utama dari pengembangannya adalah untuk mempromosikan pendidikan ilmu komputer dan elektronik di seluruh dunia, terutama bagi pelajar dan pengembang yang memiliki keterbatasan sumber daya. *Raspberry Pi* memiliki ukuran kecil namun dilengkapi dengan prosesor, memori, dan port *input/output* yang memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai tugas komputasi layaknya komputer konvensional.

Salah satu keunggulan utama *Raspberry Pi* adalah fleksibilitasnya dalam mendukung aplikasi seperti pendidikan, otomasi rumah, dan *Internet of Things (IoT)*. Penelitian menunjukkan bahwa *Raspberry Pi* dapat digunakan dalam sistem pemantauan berbasis data dengan fokus pada perangkat *edge* untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi latensi [6]. Selain itu,

Raspberry Pi juga telah diterapkan dalam pengawasan *Bluetooth Low Energy* untuk mendukung pengelolaan jaringan *IoT* secara efisien [7].

Dalam konteks *cloud printing*, *Raspberry Pi* digunakan sebagai server yang mengelola permintaan pencetakan dari beberapa perangkat melalui jaringan lokal atau internet. Dengan bantuan perangkat lunak tambahan seperti *CUPS (Common Unix Printing System)* dan *OpenWrt*, *Raspberry Pi* mampu mengubah printer lokal menjadi printer jaringan, memungkinkan pengguna untuk mencetak dari perangkat apa pun yang terhubung tanpa memerlukan koneksi langsung melalui kabel.

B. IP Address (Alamat IP)

Alamat IP adalah identitas yang diberikan kepada perangkat dan jaringan yang menggunakan protokol *TCP/IP*. Alamat ini berbentuk 32-bit angka biner dan biasanya ditulis sebagai empat angka desimal yang dipisahkan oleh titik, contohnya 192.168.88.1. Protokol IP adalah protokol standar yang digunakan untuk routing informasi antar jaringan komputer. Pemahaman tentang struktur dan manajemen alamat IP menjadi hal yang sangat penting untuk menciptakan sistem jaringan yang efisien dan terorganisir.

Konsep *subnetting*, yang melibatkan pembagian jaringan besar menjadi segmen-segmen lebih kecil, menjadi salah satu pendekatan utama dalam pengelolaan alamat IP. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Luo dan Chow [8], penerapan *subnetting* tidak hanya membantu dalam pengalokasian alamat IP, tetapi juga meningkatkan efisiensi jaringan dengan mengurangi risiko konflik alamat dan meningkatkan keamanan sistem. Strategi ini sangat relevan dalam pengaturan jaringan skala besar di mana kompleksitas manajemen sering menjadi tantangan utama.

Alamat IP dikelompokkan menjadi 2 bagian, yaitu:

1. IP Public

Alamat IP ini diberikan oleh *Internet Assigned Numbers Authority (IANA)* dan secara otomatis digunakan sebagai alamat yang terlihat di internet ketika perangkat

terhubung. Alamat ini digunakan untuk komunikasi langsung antara perangkat di jaringan global [8].

2. IP Private

Kelompok alamat IP ini digunakan untuk jaringan lokal seperti *LAN* dan tidak dikenali oleh jaringan internet global. Agar IP privat dapat berkomunikasi dengan jaringan global, diperlukan perangkat *router* tambahan yang dilengkapi fitur *Network Address Translation (NAT)* [8].

C. Cloud Computing

Cloud computing adalah paradigma yang menggabungkan teknologi komputasi dengan jaringan internet untuk menyediakan layanan komputasi secara virtual. Konsep ini mengacu pada pengelolaan sumber daya komputasi seperti server, penyimpanan, dan aplikasi melalui internet. Pengguna dapat memanfaatkan layanan ini secara *on-demand* tanpa perlu memahami detail teknis infrastruktur yang mendasarinya.

Teknologi *cloud computing* memberikan fleksibilitas tinggi karena pengguna hanya membayar layanan yang digunakan, serta menawarkan skalabilitas untuk menyesuaikan sumber daya dengan kebutuhan bisnis atau personal. Menurut penelitian Yadav [9], manfaat besar dari *cloud computing* meliputi efisiensi biaya, kemudahan akses, dan kolaborasi yang lebih baik. Namun, tantangan terkait privasi dan keamanan data tetap menjadi isu penting yang perlu diatasi.

Cloud computing didukung oleh tiga model layanan utama, yaitu:

- 1. Infrastructure as a Service (IaaS):** Layanan ini menyediakan infrastruktur komputasi, seperti server virtual, jaringan, dan penyimpanan, sehingga pengguna dapat mengelola sistem operasi dan aplikasi mereka sendiri.
- 2. Platform as a Service (PaaS):** Pengguna diberikan platform pengembangan aplikasi yang lengkap, mencakup alat pengembangan, database, dan sistem operasi, tanpa perlu mengelola infrastruktur di bawahnya.
- 3. Software as a Service (SaaS):** Layanan ini memungkinkan pengguna untuk menggunakan aplikasi perangkat lunak yang

di-hosting di *cloud* tanpa harus mengelola atau menginstalnya secara lokal.

Cloud computing memberikan manfaat besar dalam hal efisiensi, skalabilitas, dan kecepatan implementasi yang menguntungkan untuk berbagai bisnis dan pengembangan teknologi. Seperti Penelitian Ahmad et al. [10] menunjukkan bagaimana model *SaaS*, *PaaS*, dan *IaaS* dapat diterapkan secara efektif untuk mendukung pengembangan teknologi di bidang pertanian. Sementara itu, penelitian Karthika dan Dominic [11] menggambarkan adopsi layanan *cloud* di perpustakaan untuk meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas. Namun, seiring dengan banyaknya manfaat, tantangan seperti keamanan data dan ketergantungan pada koneksi internet yang andal tetap menjadi perhatian utama dalam implementasi *cloud computing* [9].

D. Printer

Printer adalah perangkat keluaran (*output device*) yang digunakan untuk mencetak data dari komputer atau perangkat lain ke dalam bentuk fisik, seperti dokumen atau gambar di atas kertas. Printer hadir dalam berbagai jenis dan teknologi, antara lain:

- 1. Inkjet Printer:** Menggunakan tinta cair yang disemprotkan melalui nozzle kecil untuk mencetak gambar atau teks di atas kertas. Printer jenis ini biasanya lebih murah dan sering digunakan untuk keperluan rumah atau kantor kecil.
- 2. Laser Printer:** Menggunakan teknologi laser untuk mencetak dengan toner, yang merupakan bubuk halus, di atas kertas. Laser printer lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan inkjet, serta lebih sering digunakan di lingkungan bisnis yang memerlukan pencetakan dalam jumlah besar [12].
- 3. Dot Matrix Printer:** Memanfaatkan pin untuk mencetak karakter atau gambar di atas kertas melalui pita tinta. Jenis printer ini lebih lambat dan kualitas cetakannya lebih rendah, tetapi tetap digunakan di beberapa industri karena mampu mencetak pada kertas rangkap atau karbon [13].
- 4. Thermal Printer:** Menggunakan panas untuk mencetak di atas kertas termal khusus. Jenis

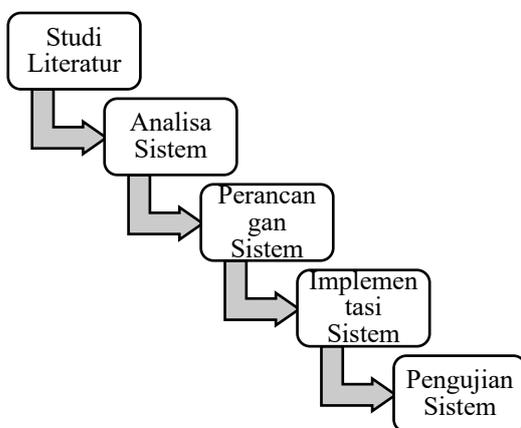
ini sering digunakan di mesin kasir, struk belanja, dan tiket [13].

E. OpenWrt

OpenWrt merupakan sistem operasi berbasis Linux yang khusus dirancang untuk perangkat jaringan, terutama router. Keberadaan *OpenWrt* memberikan fleksibilitas yang lebih besar dibandingkan dengan firmware standar yang umumnya disertakan oleh produsen perangkat keras.

Penelitian oleh Gentile et al. [14] menunjukkan bahwa *OpenWrt* dapat digunakan untuk mengelola lalu lintas jaringan dan mendukung implementasi *Virtual Private Network (VPN)* yang stabil, bahkan pada perangkat keras dengan sumber daya terbatas. Selain itu, penelitian oleh Lubis dan Fitriani [15] membuktikan efektivitas *OpenWrt* dalam membangun router *Virtual Private Network (VPN)* portabel menggunakan *Raspberry Pi*, yang dapat mengoptimalkan konektivitas di berbagai lingkungan jaringan. Dengan demikian, pengguna dapat menyesuaikan fungsi router untuk keperluan tertentu, seperti *Virtual Private Network (VPN)*, firewall, dan manajemen bandwidth.

III. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Tahapan Penelitian

A. Studi Literatur

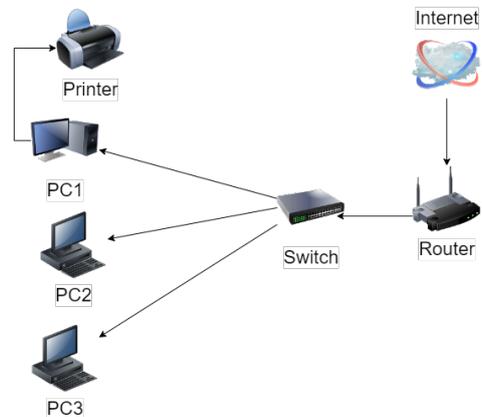
Tahapan pada proses ini meliputi pembuatan konsep mengenai aplikasi yang akan dibuat dengan melakukan studi literatur berdasarkan

topik penelitian yang diambil. Dari literatur diatas dapat menjadi dasar bagi peneliti untuk merancang dan menganalisa sehingga bisa mendapatkan hasil validasi terbaik.

B. Analisa Sistem

1. Alur Sistem

Berikut ini merupakan gambaran dari topologi sintem yang berjalan saat ini:



Gambar 2. Topologi Saat ini

Pada sistem yang ditunjukkan dalam gambar 2, untuk mencetak dokumen, file harus dibuka terlebih dahulu di komputer yang terhubung ke Printer dengan media kabel. Jika berada dalam jaringan *Local Area Network (LAN)*, data yang dikirim dari komputer akan melalui *router* sebelum mencapai komputer yang terhubung dengan printer untuk mencetak dokumen.

2. Identifikasi Masalah

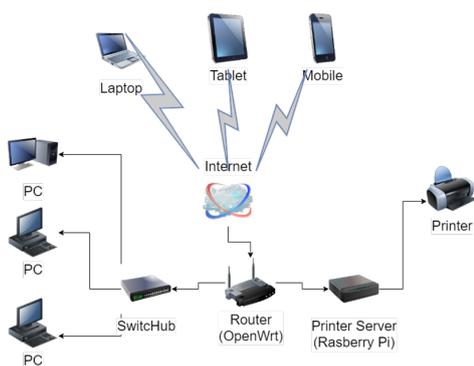
Pengguna menginginkan fleksibilitas dalam mencetak. Banyak dari mereka ingin dapat mencetak langsung dari aplikasi *Google*, *Chromebook*, *smartphone*, atau *tablet Android*, tetapi tidak ada cara yang praktis untuk mencetak dari *Gmail* atau *Google Docs*. Akibatnya, mereka sering mengirim email dokumen mereka sendiri dan mencetaknya melalui komputer dengan kabel, serta harus bergantian dengan pengguna lain untuk mencetak. Situasi ini sering menyebabkan frustrasi dan mengakibatkan pemborosan waktu.

3. Identifikasi Kebutuhan

Masalah yang dihadapi menyebabkan kesulitan bagi klien atau pengguna yang ingin mencetak dokumen. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan pada sistem tersebut, antara lain:

- a. Membangun sistem *cloud computing* yang dapat mengoptimalkan sumber daya yang sudah ada.
 - b. Menerapkan *Private Cloud Print* pada printer.
4. Usulan Alur Sistem

Topologi sistem yang diusulkan oleh peneliti sebagai berikut:



Gambar 3. Usulan Alur Sistem

Pada gambar 3, sistem yang akan dibangun terdiri dari satu *Raspberry Pi*, sebuah printer USB, satu *router*, dan sumber internet. *Raspberry Pi* berfungsi sebagai server untuk pencetakan. *Router* digunakan untuk menyebarkan akses internet kepada pengguna.

Cara kerja sistem yang ditunjukkan pada gambar 3 adalah sebagai berikut: pertama, buka dokumen yang ingin dicetak di laptop atau *smartphone*. Perangkat tersebut harus terhubung ke internet agar data dapat dikirim. Selanjutnya, *Raspberry Pi* akan menerima data melalui jaringan *router*. Setelah data diterima, proses pencetakan akan dilakukan.

C. Perancangan Sistem

1. Langkah Pengerjaan

Untuk membangun sistem ini, diperlukan beberapa langkah atau tahapan sebagai berikut:

- a. Tahap pertama adalah instalasi dan konfigurasi pada *Raspberry Pi*, yang meliputi:
 - Instalasi sistem operasi *Raspbian* pada *Raspberry Pi*.
 - Instalasi dan konfigurasi paket-paket yang diperlukan pada *Raspberry Pi*.
- b. Tahap kedua meliputi instalasi dan konfigurasi pada *router*, yang terdiri dari:
 - Instalasi atau *flashing firmware OpenWrt* pada *router*.
 - Konfigurasi *OpenWrt* pada *router*.
- c. Tahap terakhir adalah pengujian sistem yang telah selesai dibangun

2. Skenario Pengujian

Pengujian adalah tahap untuk mengidentifikasi kekurangan dan kesalahan dalam sistem yang dibangun. Melalui metode ini, diharapkan sistem yang dibangun dapat memenuhi tujuan yang diinginkan. Pengujian akan dibagi menjadi beberapa bagian, dimulai dengan pengujian printer. Pada tahap ini, dokumen akan dicetak menggunakan *browser Chrome* di laptop, serta melalui *smartphone* atau perangkat *Android*.

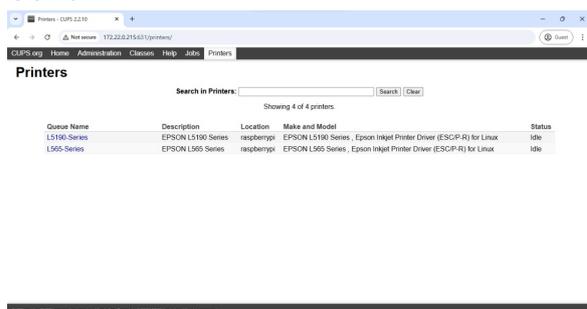
IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

A. Implementasi pada *Raspberry Pi*

Pada tahap ini, *Raspberry Pi* Tipe B berhasil diinstal dengan sistem operasi *Raspbian*. Instalasi dilakukan menggunakan *MicroSD Class 10* berkapasitas 32 GB dengan metode *flashing* menggunakan aplikasi *balenaEtcher*. Setelah sistem operasi diinstal, Langkah berikutnya adalah instalasi aplikasi pendukung yaitu *CUPS (Common Unix Printing System)*. *CUPS* Berhasil diinstal menggunakan perintah `sudo apt-get install cups` melakukan konfigurasi *CUPS* untuk memungkinkan akses jaringan dan mendeteksi printer.

Hasil konfigurasi menunjukkan *Raspberry Pi* dapat mengenali Printer dan memungkinkan

pengelolaan printer melalui antar muka web *CUPS*.



Gambar 4. Antarmuka Web *CUPS*

Dari gambar 4 di atas menampilkan halaman antarmuka *CUPS* (*Common UNIX Printing System*) versi 2.2.10 yang digunakan untuk mengelola antrian dan konfigurasi printer dalam sistem berbasis Linux. Terdapat dua printer aktif dengan *Queue Name* L5190-Series dan L565-Series, yang keduanya menggunakan deskripsi spesifik untuk perangkat Epson. Lokasi printer ditandai sebagai "raspberrypi" yang menunjukkan bahwa keduanya terhubung melalui perangkat *Raspberry Pi* sebagai *print server*. Status kedua printer saat ini adalah *Idle*, yang berarti kedua perangkat printer tersebut siap digunakan tetapi tidak sedang memproses pencetakan. Halaman ini memungkinkan pengguna untuk memantau, mencari, dan mengelola perangkat cetak secara terpusat melalui jaringan lokal.

B. Implementasi pada Router

Proses implementasi router ini melibatkan dua tahapan utama, yaitu instalasi *OpenWrt* dan konfigurasi router. Berikut adalah langkah-langkah rinci pada kedua tahapan tersebut:

1. Instalasi *OpenWrt*

Proses *flashing* dilakukan dengan metode *TFTP* untuk memasukkan firmware *OpenWrt* ke dalam router.

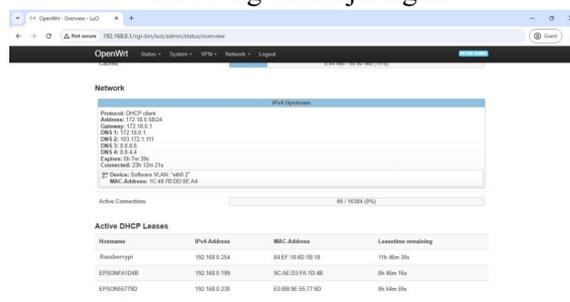
2. Konfigurasi Router

Setelah firmware *OpenWrt* berhasil diinstal, konfigurasi dasar pada router dilakukan untuk memastikan fungsi jaringan berjalan dengan baik:

- Konfigurasi *WAN*: konfigurasi *WAN* (*Wide Area Network*), di mana router dikonfigurasi melalui antarmuka web

LuCI OpenWrt agar memiliki konektivitas ke internet.

- Aktivasi *DHCP Server*: *DHCP* server diaktifkan melalui menu pengaturan jaringan *OpenWrt*. Aktivasi ini memungkinkan router untuk secara otomatis mendistribusikan alamat IP ke perangkat-perangkat client yang terhubung dalam jaringan.

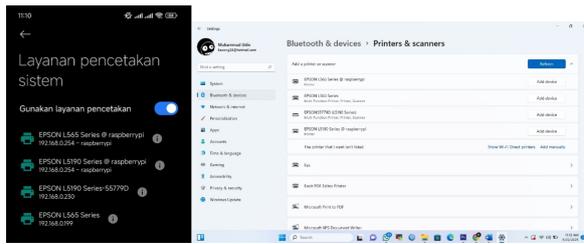


Gambar 5. Hasil Konfigurasi Router

Gambar 5 di atas menampilkan informasi mengenai status jaringan perangkat yang dikonfigurasi menggunakan protokol *DHCP* untuk memperoleh alamat IP secara otomatis dari jaringan utama. Pada bagian "IPv4 Upstream", terlihat alamat IP perangkat (172.18.0.5), gateway (172.18.0.1), serta server DNS yang digunakan, termasuk DNS publik seperti Google. Selain itu, tabel "Active DHCP Leases" memperlihatkan perangkat-perangkat dalam jaringan lokal yang memperoleh alamat IP dari server *DHCP OpenWrt*, seperti *Raspberry Pi* dan perangkat printer Epson, beserta sisa waktu sewa alamat IP masing-masing. Informasi ini menunjukkan peran *OpenWrt* sebagai router yang mengelola koneksi jaringan utama sekaligus jaringan lokal melalui pengalokasian dinamis alamat IP kepada perangkat yang terhubung.

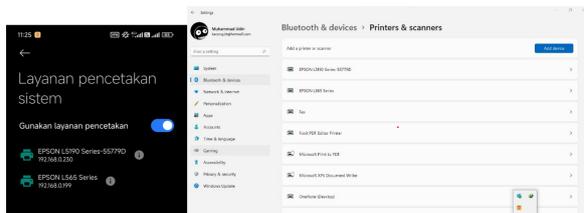
C. Implementasi pada Perangkat Client

Perangkat *client* terdiri dari laptop dengan sistem operasi Windows dan *smartphone* berbasis Android 6 ke atas.



Gambar 6. Hasil Implementasi Melalui Jaringan Lokal

Pada gambar 6 diatas menunjukkan koneksi laptop dan *smartphone* ke jaringan Wi-Fi melalui router *OpenWrt*, serta dapat mendeteksi printer menggunakan protokol *IPP* melalui *Raspberry Pi*.



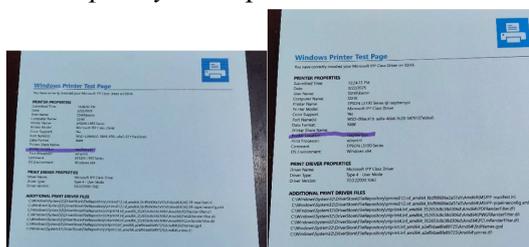
Gambar 7. Hasil Implementasi Melalui Jaringan Private Cloud

Pada gambar 7 diatas menunjukkan Laptop dan *smartphone* berhasil mengakses printer yang terhubung melalui *Raspberry Pi* dengan memanfaatkan layanan *Virtual Private Network* sebagai *Cloud Print*. Pengujian menunjukkan bahwa perangkat dapat mencetak dokumen baik melalui jaringan lokal maupun layanan *cloud*, menunjukkan kompatibilitas dan kemudahan akses dari sistem yang diimplementasikan.

D. Pengujian Fungsionalitas

Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh sistem berjalan sesuai kebutuhan:

1. Fungsi Cetak Lokal: Semua perangkat *client* dapat mencetak dokumen melalui *Raspberry Pi* tanpa kendala.



Gambar 8. Hasil Cetak Dokumen Lokal

2. Fungsi Cetak Jarak Jauh: Penggunaan *Zerotier* memungkinkan pencetakan dokumen melalui jaringan Internet. Pengujian menunjukkan waktu respons yang cukup cepat dengan latensi minimal.



Gambar 9. Hasil Cetak Dokumen Jarak Jauh

E. Hasil Uji BlackBox

Tabel 1 Hasil Uji BlaxBox

No	Pengujian	Input	Output	Hasil
1	Uji Koneksi Jaringan	Perangkat client menghubungkan ke jaringan Wi-Fi router	Perangkat berhasil mendapatkan IP address dari router	Berhasil
2	Uji Deteksi Printer	Perangkat client mencoba mendeteksi printer melalui protokol IPP	Printer Epson L565 terdeteksi di perangkat client	Berhasil
3	Uji Fungsi Cetak Lokal	Perangkat client mengirim dokumen ke printer melalui jaringan lokal	Dokumen tercetak dengan baik tanpa kesalahan format	Berhasil
4	Uji Fungsi Cetak Jarak Jauh	Perangkat client mengirim dokumen melalui layanan <i>Zerotier</i>	Dokumen tercetak melalui printer di lokasi server	Berhasil
5	Uji Ketersediaan Layanan	Perangkat client mencoba mengakses layanan printer selama 24 jam	Layanan tetap tersedia tanpa downtime	Berhasil

V. KESIMPULAN

Implementasi *Raspberry Pi* Sebagai *Private Cloud Printer Server* Menggunakan *OpenWrt* berhasil memenuhi kebutuhan pengembangan sistem yang diusulkan. Sistem ini mendukung fungsi cetak lokal melalui jaringan lokal (*local*

printing) dan cetak jarak jauh melalui layanan *cloud* dengan kinerja yang memadai.

Pengujian fungsionalitas menunjukkan keberhasilan pada perangkat *client*, seperti laptop dan *smartphone*, dalam mendeteksi printer melalui protokol *IPP* dan mencetak dokumen melalui jaringan lokal maupun layanan *cloud*. Selain itu, pengujian sistem menggunakan pendekatan *BlackBox* membuktikan stabilitas sistem dalam mendistribusikan alamat IP, mendeteksi perangkat printer, dan memastikan layanan pencetakan tersedia tanpa gangguan selama 24 jam.

Meskipun demikian, terdapat beberapa kendala kecil, seperti kebutuhan optimasi pada waktu respons pencetakan jarak jauh yang dapat diatasi melalui peningkatan infrastruktur jaringan. Secara keseluruhan, sistem ini menawarkan solusi hemat biaya dan fleksibel untuk kebutuhan pencetakan di lingkungan rumah, pendidikan, atau usaha kecil-menengah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] EH Salib, "WPA3 Personal and Enterprise Wireless Security Algorithm Labs for Undergraduate Level," 2023 ASEE Annual Conference & Exposition, 2023.
- [2] P. Giger, S. Srikugan, B.L. Persaud, "A Raspberry Pi Cluster for Teaching Big-Data Analytics," Master's Thesis, University of Zurich, 2020.
- [3] A. Berecz, "Opportunities of Raspberry Pi's Use in Education Raspberry Pi," ResearchGate, 2019.
- [4] S.C.G. Virciglio, "Performance Evaluation of Online Traffic Feature Extraction for IoT Forensics," Politecnico di Milano, 2020.
- [5] E.A. Kadir, A. Siswanto, "Home Monitoring System Based on Cloud Computing Technology and Object Sensor," Springer, 2018.
- [6] W. Doorsamy & C. Walani, "Edge vs. Cloud: Empirical Insights into Data-Driven Condition Monitoring," Big Data and Cognitive Computing, 2025.
- [7] M. Olexa, "Monitoring of Bluetooth Low Energy Devices," Faculty of Information Technology, VUTBR, 2025.
- [8] K. Luo & K.H. Chow, "Unharmful Backdoor-based Client-side Watermarking in Federated Learning," arXiv preprint arXiv:2410.21179, 2024.
- [9] R. Yadav, "A Simplified Review on Cloud Computing Security Vulnerabilities," International Journal of Distributed Computing, 2024.
- [10] S. Ahmad, M. Wassay, M.A. Hussain, "Cloud Computing: Empowering the Next Generation of Agricultural Research," Trends in Applied Sciences, 2025.
- [11] S. Karthika, J. Dominic, "Adoption and Impact of Cloud Computing in Libraries: Benefits, Challenges, and Future Directions," Journal of Library and Information Science, 2025.
- [12] JH Bohórquez, BP Canfield, KJ Courian, "Laser-comparable inkjet text printing," Hewlett Packard Journal, 1994.
- [13] SJ Noronha, SZ Basheer, MN Vijay, "A comparative study of different printed documents to estimate the type of printer used," Journal of Forensic Research, 2017.
- [14] A.F. Gentile et al., "A VPN performances analysis of constrained hardware open source infrastructure deploy in IoT environment," Future Internet, 2022.
- [15] A. Lubis, W. Fitriani, "Design and Implementation of a Portable VPN Router Based on OpenWrt Using Raspberry Pi," Proceedings Dharmawangsa, 2023.