

SIMULASI PEMILIHAN *HARDWARE* JARINGAN KOMPUTER BERDASARKAN PENYESUAIAN SKALABILITAS JARINGAN (Studi Kasus: STMIK Lombok)

Ahmad Tantoni¹, Mohammad Taufan Asri Zaen², Wire Bagye³

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, STMIK Lombok

² Program Studi Sistem Infrmasi, STMIK Lombok

Jln. Basuki Rahmat No.105 Praya Lombok Tengah 83511

¹ahmad.tantoni@students.amikom.ac.id¹, ²opanzain@gmail.com, ³wirestmik@gmail.com

Abstract

STMIK Lombok is one of the college in Central Lombok district and is one of the colleges of computer science. The development of information systems and information technology (SI/IT) strategies became the main foundation in the implementation of the Tri Dharma of Higher Education, but the problem that occurred was in accessing the internet network or information system, the campus community felt the slow access caused by the current computer network infrastructure. Statistics show an increase in the number of students every year makes it necessary to renew the existing computer network infrastructure. The appropriate access point layout in order to cover the wifi signal in all campus locations, and with the new campus building layout, the computer network must be redesigned to increase the scalability of the campus community which is increasing every year. The management of STMIK Lombok wants the alignment between the layout of the new campus building and the blueprint design of the computer network infrastructure. In addition, in the preparation of information technology strategies from business strategies to build computer network infrastructure, a strategy analysis is needed in its preparation, and also wants the selection of computer network hardware products between Cisco and Mikrotik products as the basis of campus management in making decisions on the selection of network hardware used. This study compares the ability of Cisco hardware scalability and Mikrotik products in the design of computer network infrastructure blueprints, and provides guidance for practitioners and academics in computer networks in the selection of network hardware to be installed. This study can determine the scalability of cisco and proxy product users at the core layer and the distribution layer, and can be used by campus management as a reference for migration planning policies according to the Strategic Plan.

Keywords: *network scalability, computer networks, blueprint, cisco, mikrotik.*

Abstrak

STMIK Lombok merupakan salah satu perguruan tinggi swasta di kabupaten Lombok Tengah dan merupakan salah satu perguruan tinggi ilmu komputer. Pengembangan strategi sistem informasi dan teknologi informasi (SI/TI) menjadi landasan utama dalam terlaksananya Tri Dharma Perguruan Tinggi, namun permasalahan yang terjadi adalah dalam mengakses jaringan internet atau sistem informasi, civitas kampus merasakan akses lambat yang disebabkan infrastruktur jaringan komputer saat ini belum maksimal. Statistik menunjukkan peningkatan jumlah mahasiswa dari setiap tahun ajaran membuat perlunya pembaharuan infrastruktur jaringan komputer yang ada. Tata letak akses point yang sesuai agar bisa mengcover sinyal wifi disemua lokasi kampus, dan dengan *layout* gedung kampus baru, maka jaringan komputer harus didesain ulang untuk meningkatkan skalabilitas civitas kampus yang setiap tahun makin meningkat. Pihak pengelola STMIK Lombok menginginkan adanya penyelarasan antara *layout* gedung kampus baru dengan perancangan *blueprint* infrastruktur jaringan komputer. Selain itu dalam penyusunan strategi teknologi informasi dari strategi bisnis untuk membangun infrastruktur jaringan komputer, diperlukan juga sebuah analisis strategi dalam penyusunannya, dan juga menginginkan pemilihan produk *hardware* jaringan komputer antara produk Cisco dengan Mikrotik sebagai landasan manajemen kampus dalam pengambilan keputusan pemilihan *hardware* jaringan yang

digunakan. Penelitian ini membandingkan kemampuan skalabilitas *hardware* produk Cisco dan produk Mikrotik dalam perancangan *blueprint* infrastruktur jaringan komputer, serta memberi panduan untuk praktisi dan akademisi jaringan komputer dalam pemilihan *hardware* jaringan yang akan dipasang. Penelitian ini dapat mengetahui skalabilitas user produk cisco dan mikrotik pada core layer dan disribution layer, dan bisa digunakan oleh manajemen kampus sebagai acuan untuk kebijakan *migration planning* disesuaikan dengan Renstra.

Kata kunci : skalabilitas jaringan, jaringan komputer, *blueprint*, cisco, mikrotik.

1. PENDAHULUAN

STMIK Lombok merupakan salah satu perguruan tinggi swasta di kabupaten Lombok Tengah dan disahkan Menteri Pendidikan Nasional nomor 201/D/O/2004. STMIK Lombok menjadikan pengembangan strategi SI/TI menjadi landasan utama dalam terlaksananya Tri Dharma Perguruan Tinggi.

Permasalahan yang terjadi pada STMIK Lombok adalah menginginkan perancangan infrastruktur jaringan yang baru, karena dalam mengakses jaringan internet atau sistem informasi, para civitas kampus merasakan akses lambat karena infrastruktur jaringan komputer saat ini belum maksimal. Dalam hal ini sudah dilakukan penelitian yang dilakukan oleh Tantoni, Setyanto dan Pramono (2018), mengenai *blueprint* infrastruktur jaringan komputer untuk mendukung implementasi sistem informasi. [1]

Pada data statistik jumlah mahasiswa menunjukkan peningkatan jumlah mahasiswa dari setiap tahun ajaran membuat perlunya pembaharuan infrastruktur jaringan komputer yang ada dan letak akses point yang sesuai dengan tujuan bisa mengcover sinyal wifi disemua lokasi kampus. Dalam hal ini sudah dilakukan penelitian yang dilakukan oleh Tantoni dan Zaen (2019), mengenai manajemen *wireless* dengan *mapping ssid access point*. [2]

Terkait dengan *layout* gedung kampus baru, maka jaringan komputer harus didesain ulang untuk meningkatkan skalabilitas civitas kampus yang semakin tahun makin meningkat dan pihak pengelola STMIK Lombok menginginkan adanya penelarasan antara *layout* gedung kampus baru dengan perancangan *blueprint* infrastruktur jaringan komputer. Dalam hal ini sudah dilakukan penelitian yang dilakukan oleh Tantoni (2019), mengenai perancangan *blueprint* jaringan intervlan routing menggunakan model hirarki desain jaringan. Dengan menggunakan model hirarki desain jaringan, desain jaringan akan menjadi lebih mudah karena perancangan jaringan dapat memfokuskan perhatiannya pada

suatu lapisan tertentu dan pelacakan masalah menjadi lebih mudah. [3]

Selain itu dalam penyusunan strategi teknologi informasi dari strategi bisnis untuk membangun infrastruktur jaringan komputer, diperlukan juga sebuah analisis strategi dalam penyusunannya. Dalam hal ini sudah dilakukan penelitian menggunakan analisis SWOT dalam penyusunan strategi teknologi informasi dari strategi bisnis kampus dalam membangun infrastruktur jaringan yang dilakukan oleh Tantoni dan Zaen. [4]

Tidak sampai disitu pengelola juga menginginkan terdapat pemilihan produk *hardware* jaringan komputer antara produk Cisco dengan produk Mikrotik sebagai landasan untuk manajemen kampus dalam pengambilan keputusan pemilihan *hardware* jaringan yang digunakan. Tujuan penelitian ini untuk membandingkan kemampuan skalabilitas *hardware* produk Cisco dan produk Mikrotik dalam perancangan *blueprint* infrastruktur jaringan komputer. Serta memberi panduan untuk para praktisi dan akademisi jaringan komputer dalam pemilihan *hardware* jaringan yang akan dipasang. Oleh karna itu harus ada penelitian mengenai pemilihan *hardware* jaringan komputer berdasarkan penyesuaian skalabilitas jaringan.

2. TINJUAN PUSTAKA DAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Kodri (2013) mengenai Model Pengambilan Keputusan Untuk Mendukung Pemilihan *Hardware Wireless*. Tujuan melakukan penelitian untuk pengambilan keputusan pemilihan *hardware wireless*. Hasil penelitian pengolahan data responden ahli diperoleh bahwa prioritas utama atau tertinggi alternatif penentuan *Hardware wireless* adalah Linksys dengan nilai bobot 0,372 atau sebanding dengan 37,2% dari total alternatif yang ditetapkan. Kemudian peringkat prioritas alternatif berikutnya adalah D-Link (nilai bobot 32,4%), dan peringkat prioritas terendah adalah TP-Link (nilai bobot 30,4%). Perbedaan dengan

penelitian yang dilakukan ini menggunakan AHP dalam perbandingannya, sedangkan penelitian yang akan dilakukan membandingkan produk Cisco dan produk Mikrotik dengan pertimbangan spesifikasi *hardware* jaringan dengan skalabilitas *user* jaringan yang didapatkan. [5]

Penelitian yang dilakukan oleh Oktober (2013) mengenai Sistem Pendukung Keputusan Untuk Mendukung Pemilihan *Hardware Wireless*. Tujuan melakukan penelitian untuk pengambilan keputusan pemilihan *hardware wireless*. Hasil penelitian pengolahan data responden ahli diperoleh bahwa prioritas utama atau tertinggi alternatif penentuan *Hardware wireless* Linksys adalah LinksysN dengan nilai bobot 0,412 atau sebanding dengan 41,2% dari total alternatif yang ditetapkan. Kemudian peringkat prioritas alternatif berikutnya adalah Dual Band (nilai bobot 30,5%), dan peringkat prioritas terendah adalah WMP600-N (nilai bobot 28,3%). Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan ini menggunakan AHP dalam perbandingannya, sedangkan penelitian yang akan dilakukan membandingkan produk Cisco dan produk Mikrotik dengan pertimbangan spesifikasi *hardware* jaringan dengan skalabilitas *user* jaringan yang didapatkan. [6]

Penelitian yang dilakukan oleh Harli (2016) mengenai Pemilihan Network Monitoring System Berdasarkan Kajian Efektifitas Sistem Informasi dengan Pendekatan AHP pada PT. TUV. Tujuan penelitian ini untuk menunjukkan bahwa pendekatan sistematis AHP berlaku untuk apapun pengambilan keputusan masalah. Hal ini praktis dan mudah belajar dan metodologi yang dapat meyakinkan pengguna tentang hasil yang wajar. Hasil penelitian AHP adalah metodologi pengambilan keputusan untuk multi-atribut dan masalah multi-alternatif. Oleh karena itu metodologi ini, sesuai untuk proses seleksi perangkat lunak, yang merupakan masalah pengambilan keputusan terstruktur, terutama untuk sistem software yang mempunyai banyak variasi dan versi seperti software monitoring jaringan. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan ini menggunakan AHP dalam perbandingannya, sedangkan penelitian yang akan dilakukan membandingkan produk Cisco dan produk Mikrotik dengan pertimbangan spesifikasi *hardware* jaringan dengan skalabilitas *user* jaringan yang didapatkan. [7]

B. Jaringan Komputer

Ariyus dan Andri menjabarkan pengertian jaringan komputer merupakan sebuah jaringan paling sedikit terdiri dari dua unit komputer,

dapat berjumlah puluhan, ribuan komputer bahkan jutaan komputer yang saling terhubung. [8]

2.1 Skalabilitas

Skalabilitas merupakan suatu kemampuan sistem atau jaringan dalam memproses penambahan beban yang diberikan. Potensi untuk ditingkatkan menangani penambahan beban. Sebuah sistem terskalabilitas apabila sistem itu dapat menangani penambahan beban. Peningkatan kapasitas dilakukan dengan menambah sumber daya pada suatu sistem. [9]

2.2 Blueprint

Menurut Aziz dkk, *Blueprint* merupakan kerangka kerja terperinci sebagai landasan dalam pembuatan kebijakan, meliputi penetapan tujuan, sasaran, penyusunan strategi, pelaksanaan program dan fokus kegiatan serta langkah-langkah harus dilaksanakan oleh setiap unit di lingkungan kerja. [10]

2.3 Bandwidth

Menurut Mulyanta, *bandwidth* merupakan lebar cakupan frekuensi yang digunakan sinyal dalam medium transmisi. *Bandwidth* diartikan sebagai perbedaan antara komponen sinyal frekuensi tinggi dan sinyal frekuensi rendah. Frekuensi sinyal diukur dalam satuan Hertz. [11]

C. Model Hirarki Desain Jaringan

Model hirarki desain jaringan menghasilkan desain jaringan yang berlapis, memudahkan melakukan perubahan, efektif dalam mengawasi kesalahan dan memudahkan pengembangan jaringan sesuai pertumbuhan kebutuhan yang diperlukan dalam pengoperasian. Secara garis besar terdiri atas 3 lapis, [12], [13], [14] yaitu:

D. Core Layer

Tujuan core layer melakukan pengalihan trafik jaringan dengan cepat. Core layer diharapkan menyediakan konektifitas antar *switch* ke *server* dan melakukan pengalihan frame serta paket dengan cepat, mengabaikan *access list* dan *packet filtering*.

E. Distribution Layer

Distribution layer merepresentasikan fungsi, penyatuan VLAN, akses berdasarkan departemen atau komunitas, mendefinisikan *broadcast domain* atau multicast domain, menyediakan segmentasi, menghentikan tabrakan *broadcast domain*, melakukan routing antar VLAN dan

melakukan fungsi keamanan. Sehingga distribution layer melakukan konektifitas berdasarkan kebijakan menerapkan batasan perangkat adalah jumlah total *bandwidth* yang diperlukan untuk mendukung konektifitas ke lapisan inti dan lapisan akses.

F. Access Layer

Fungsi access layer menyediakan akses bagi pengguna sesuai dengan hak yang diberikan kedalam jaringan. Pada jaringan kampus, beberapa fungsi yang tangani access layer adalah membagi *bandwidth* yang ada, melakukan *switching*, memberikan layanan yang berbasis lapisan VLAN dan melakukan filterisasi trafik berbasis MAC address. Kriteria perangkat access layer memiliki kemampuan melakukan tugas dengan biaya relatif murah.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan sebagai berikut :

- 1) Analisis Kebutuhan Bandwidth Lokal
 - Percobaan mengakses situs stmiklombok.ac.id
 - Analisis kebutuhan *bandwidth* pada Port *Switch* Distribution.
 - Analisis kebutuhan *bandwidth* pada Port *Switch* Core.
 - Kebutuhan *bandwidth* dengan *Transfer rate* Produk Cisco
 - Kebutuhan *bandwidth* dengan *Transfer rate* Produk Mikrotik
- 2) Analisis Kapasitas *Bandwidth* Lokal Tidak Terpakai
- 3) Analisis Skalabilitas Jaringan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, tahap ini digunakan dalam menghitung kapasitas *bandwidth* lokal yang tidak terpakai, skalabilitas jaringan antara produk Cisco dan produk Mikrotik.

Terkait dengan strategi ST2 pada penelitian [4] tentang skalabilitas *user* disesuaikan dengan kemampuan skalabilitas *hardware* jaringan komputer dan strategi WT5 pada penelitian [4] tentang memperhatikan spesifikasi *hardware* jaringan komputer untuk pengukuran tingkat skalabilitas perangkat. Pengembangan infrastruktur jaringan komputer pada STMIK Lombok dilakukan dengan dukungan dari pihak manajemen kampus dengan melibatkan tenaga IT intern sehingga dalam proses pengembangan infrastruktur jaringan komputer diharapkan

mendukung segala aktifitas bisnis di STMIK Lombok.

Dengan pertimbangan pemilihan *hardware* jaringan komputer diharapkan meningkatkan mobilitas trafik data dengan pertimbangan spesifikasi *hardware* jaringan komputer. Daftar perangkat *hardware* jaringan yang dibutuhkan sebagai berikut:

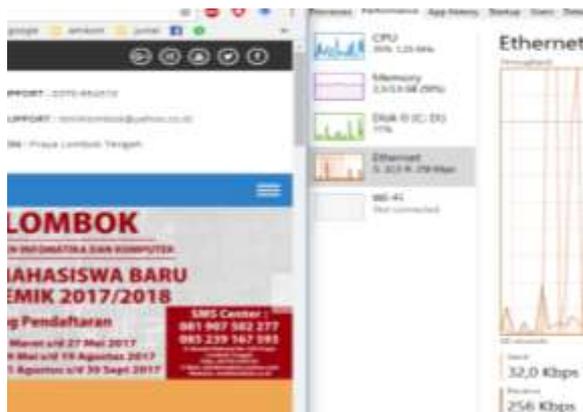
- 1) Core layer3 *switch* yang berfungsi sebagai *hardware* jaringan backbone. Core Layer (*Switch* Layer3) harus memiliki spesifikasi *hardware* yang tinggi karena semua trafik data melewati core layer lalu trafik data teruskan ke distribution layer.
- 2) Distribution layer *switch* berfungsi untuk menyediakan paket routing, QoS, queue, filtering dan untuk menghubungkan core layer dengan access layer.
- 3) Access layer *switch* 16 port yang dikondisikan dengan jumlah port node yang ada dibawahnya untuk Gedung II, Gedung III, Gedung IV, Gedung V dan ruang PUSTIK.
- 4) Access *switch* 48 port yang dikondisikan dengan jumlah port node yang ada dibawahnya untuk Gedung I dan masing-masing pada laboratorium.
- 5) Access point digunakan untuk menghubungkan device yang memiliki teknologi *wireless* supaya menambah skalabilitas pengguna.
- 6) Firewall berfungsi sebagai mencegah serangan jaringan luar (internet) dan serangan jaringan lokal (didalam kampus).

4.1 Analisis Kebutuhan Bandwidth Lokal

Terkait strategi WT5 pada penelitian [4] tentang memperhatikan spesifikasi *hardware* jaringan komputer untuk pengukuran tingkat skalabilitas perangkat, sebagai berikut:

a. Percobaan Mengakses Situs stmiklombok.ac.id

Percobaan untuk mengetahui kebutuhan *bandwidth* untuk 1 *user* dalam mengakses situs stmiklombok.ac.id dari jaringan lokal dilakukan dengan cara membuka google chrome dan taks manager pada windows10. Percobaan dilakukan 5 kali secara berulang dengan hasil pada gambar 1 dan tabel 1, sebagai berikut:



Gambar 1. Percobaan Akses stmiklombok.ac.id

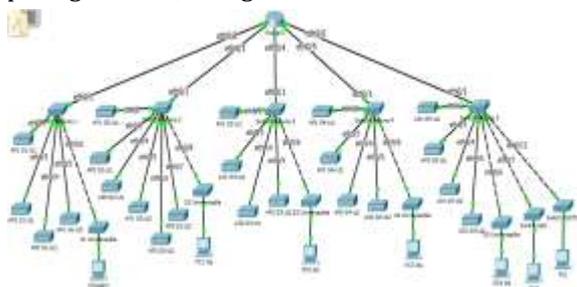
Tabel 1. Hasil Percobaan Mengakses stmiklombok.ac.id

Percobaan	Hasil Percobaan Akses stmiklombok.ac.id
Ke-1	256 Kbps
Ke-2	216 Kbps
Ke-3	200 Kbps
Ke-4	208 Kbps
Ke-5	200 Kbps
Rata-rata	216 Kbps

Dari gambar 1 dan tabel 1, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan *bandwidth* untuk 1 *user* dalam mengakses situs stmiklombok.ac.id dari jaringan lokal adalah 216 Kbps.

b. Analisis Kebutuhan Bandwidth pada Port Switch Distribution

Gambaran umum port *switch* distribution dan port *switch* core yang digunakan untuk menganalisis kebutuhan *bandwidth* lokal sesuai pada gambar 2, sebagai berikut:

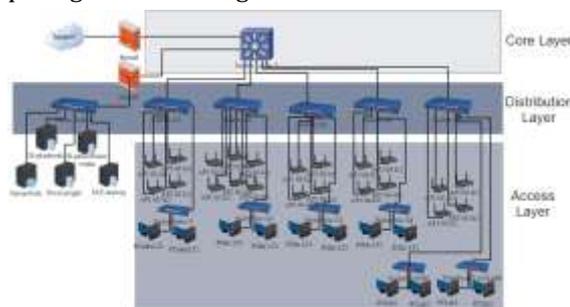


Gambar 2. Gambaran port switch distribution dan port switch core

Gambar 2 menunjukkan pancangan desain topologi jaringan komputer berdasarkan model hirarki desain jaringan yaitu core layer, distribution layer dan access layer. Dengan menerapkan metode ini akan mendapatkan segmentasi dalam perancangan *blueprint* infrastruktur jaringan komputer yang diusulkan

pada STMIK Lombok berdasarkan pada tahapan plan (perencanaan) yaitu analisis SWOT, analisis kebutuhan teknologi infrastruktur jaringan komputer, analisis kebutuhan *user* dan pembangunan gedung kampus baru.

Perancangan topologi jaringan yang diusulkan pada gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Perancangan Topologi Jaringan pada STMIK Lombok

Analisis kebutuhan *bandwidth* yang perlukan untuk mengakses situs stmiklombok.ac.id pada port *switch* distribution disetiap gedung/lantai terlihat di tabel 2, sebagai berikut:

Tabel 2. Kebutuhan Bandwidth pada Port Switch Distribution

Device	Gedung	Tujuan	Total Kebutuhan Bandwidth Lokal
Switch Distribution	Gedung I	Eth0/2 AP1 G1-Lantai1	21,6 Mbps
		Eth0/3 AP2 G1-Lantai1	
		Eth0/4 AP1 G1-Lantai2	21,6 Mbps
		Eth0/5 AP2 G1-Lantai2	
		Eth0/6 SwitchAdm GI	
	Gedung II	Eth0/2 AP1 G2-Lantai1	34,56 Mbps
		Eth0/3 AP2 G2-Lantai1	
		Eth0/4 AP3 G2-Lantai1	40,176 Mbps
		Eth0/5 AP1 G2-Lantai2	
		Eth0/6 AP2 G2-Lantai2	
		Eth0/7 AP3 G2-Lantai2	
	Eth0/8 SwitchKls GII	3,024 Mbps	
	Gedung III	Eth0/2 AP1 G3-Lantai1	38,88 Mbps
		Eth0/3 AP2 G3-Lantai1	37,152 Mbps
		Eth0/4 AP1 G3-Lantai2	
		Eth0/5 AP2 G3-Lantai2	
		Eth0/6 SwitchKls GIII	1,728 Mbps
	Gedung IV	Eth0/2 AP1 G4-Lantai1	32,4 Mbps
		Eth0/3 AP2 G4-Lantai1	40,176 Mbps
		Eth0/4 AP1 G4-Lantai2	
Eth0/5 AP2 G4-Lantai2			
Eth0/6 SwitchKls GIV		1,728 Mbps	
Gedung V		Eth0/2 AP1 G5-Lantai1	17,28 Mbps
	Eth0/3 AP2 G5-Lantai1	19,44 Mbps	
	Eth0/4 AP1 G5-Lantai2		
	Eth0/5 AP2 G5-Lantai2		
	Eth0/6 SwitchLab GV		1,08 Mbps

	Eth0/7 SwitchLab1	7,56 Mbps
	Eth0/8 SwitchLab2	7,56 Mbps
	Eth0/9 SwitchLab3	7,56 Mbps
	Eth0/10 SwitchLab4	7,56 Mbps
	Eth0/11 SwitchLab5	7,56 Mbps
	Eth0/12 PUSTIK	2,16 Mbps

Pada tabel 2. menunjukkan kebutuhan *bandwidth* pada port *switch* distribution. Kolom tujuan merupakan port *switch* distribution pada setiap gedung kemudian kolom total kebutuhan *bandwidth* lokal pada port *switch* distribution dari gedung I sampai dengan gedung V.

c. Analisis Kebutuhan Bandwidth pada Port Switch Core

Analisis kebutuhan *bandwidth* yang perlukan untuk mengakses situs stmiklombok.ac.id pada port *switch* core disetiap gedung/lantai terlihat di tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 3. Kebutuhan Bandwidth pada Port Switch Core

Device	Total Kebutuhan Bandwidth pada Port Switch Distribution	Device	Port Switch Core	Total Kebutuhan Bandwidth pada Port Core Switch
Switch Distribution Gedung I	21,6 Mbps	Switch Core	Eth0/2	52,272 Mbps
	21,6 Mbps			
	9,072 Mbps			
Switch Distribution Gedung II	34,56 Mbps	Switch Core	Eth0/3	77,76 Mbps
	40,176 Mbps			
	3,024 Mbps			
Switch Distribution Gedung III	38,88 Mbps	Switch Core	Eth0/4	77,76 Mbps
	37,152 Mbps			
	1,728 Mbps			
Switch Distribution Gedung IV	32,4 Mbps	Switch Core	Eth0/5	74,304 Mbps
	40,176 Mbps			
	1,728 Mbps			
Switch Distribution Gedung V	17,28 Mbps	Switch Core	Eth0/6	77,76 Mbps
	19,44 Mbps			
	1,08 Mbps			
	7,56 Mbps			
	2,16 Mbps			

Pada tabel 3. Menunjukkan kebutuhan *bandwidth* pada port *switch* core. Pada kolom total kebutuhan *bandwidth* pada port *switch* distribution diambil dari tabel sebelumnya yaitu Tabel 2, kebutuhan *bandwidth* pada port *switch* distribution. Pada total *bandwidth* dimasing-masing port *switch* distribution akan dijumlahkan untuk mendapatkan menghasilkan total *bandwidth* pada masing-masing port *switch* core dan hasil *bandwidth* pada port *switch* core dapat dilihat dikolom diatas.

d. Kebutuhan Bandwidth dengan Transfer rate Produk Cisco

Kebutuhan *bandwidth* dengan *transfer rate* produk cisco distribution layer terlihat pada tabel 4. Tabel 4 Menjelaskan bahwa pada *switch* distribution untuk produk Cisco *Switch* Managed WS-C2960+24TC-S menawarkan kecepatan *transfer rate* disetiap port sebesar 32Gbps, sedangkan kebutuhan *bandwidth* lokal pada port masing-masing gedung dari Eth0/2 sampai Eth0/12 rata-rata sebesar 17,136 Mbps yang diambil dari tabel 2 kebutuhan *bandwidth* pada port *switch* distribution. Kesimpulan dari Tabel 4 ini menunjukkan produk Cisco *Switch* Managed WS-C2960+24TC-S sebagai distribution layer bisa menangani *transfer rate* untuk kebutuhan user pada STMIK Lombok.

Tabel 4. Kebutuhan Bandwidth dengan Transfer rate Produk Cisco Distribution Layer

Hardware & Spesifikasi	Port	Perbandingan kebutuhan bandwidth lokal
Distribution Layer Cisco Switch Managed WS-C2960+24TC-S	Eth0/2-3 G.I	21,6 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/4-5 G.I	21,6 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/6 G.I	9,072 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/2-3-4 G.II	34,56 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/5-6-7 G.II	40,174 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/8 G.II	3,024 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/2-3 G.III	38,88 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/4-5 G.III	37,152 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/6 G.III	1,728 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/2-3 G.IV	32,4 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/4-5 G.IV	40,176 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/6 G.IV	1,728 Mbps < 32 Gbps
• Port 24x 10/100Base-TX • Port 2xSFP 10/100/1000Base-T • Switching Bandwidth: 32Gbps • DRAM 64 MB • Berdasarkan pengujian yang dilakukan cisco (cisco.com) pada hardware ini mendapatkan hasil 32Gbps	Eth0/2-3 G.V	17,28 Mbps < 32 Mbps
	Eth0/4-5 G.V	19,44 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/6 G.V	1,08 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/7 G.V	7,56 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/8 G.V	7,56 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/9 G.V	7,56 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/10 G.V	7,56 Mbps < 32 Gbps
	Eth0/11 G.V	7,56 Mbps < 32 Gbps
Eth0/12 G.V	2,16 Mbps < 32 Gbps	

Kebutuhan *bandwidth* dengan *transfer rate* produk cisco core layer terlihat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Kebutuhan Bandwidth dan *Transfer rate* Produk Cisco Core Layer

Hardware & Spesifikasi	Port	Perbandingan kebutuhan <i>bandwidth</i> lokal
Core Layer Cisco Catalyst WS-C3650-24TS-S <ul style="list-style-type: none"> • 24 port 10/100/1000 • Stacking <i>bandwidth</i>: 160Gbps • Forwarding rate 41.66Mpps • Berdasarkan pengujian yang dilakukan cisco (cisco.com) pada <i>hardware</i> ini mendapatkan hasil 272Gbps 	Eth0/2	52,3 Mbps < 272 Gbps
	Eth0/3	77,8 Mbps < 272 Gbps
	Eth0/4	77,8 Mbps < 272 Gbps
	Eth0/5	74,3 Mbps < 272 Gbps
	Eth0/6	77,8 Mbps < 272 Gbps

Pada tabel 5. Core switch untuk produk Cisco Catalyst WS-C3650-24TS-S menawarkan kecepatan *transfer rate* disetiap port sebesar 272Gbps, sedangkan kebutuhan *bandwidth* lokal pada Eth0/2 sampai Eth0/6 rata-rata sebesar 360Mbps yang diambil dari tabel 3. kebutuhan *bandwidth* pada port switch core. Kesimpulan dari Tabel 5, menunjukkan produk Cisco Catalyst WS-C3650-24TS-S sebagai core layer bisa menangani *transfer rate* untuk kebutuhan user pada STMIK Lombok.

e. Kebutuhan Bandwidth dengan Transfer rate Produk Mikrotik

Kebutuhan *bandwidth* dengan *transfer rate* produk Mikrotik distribution layer terlihat pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Kebutuhan Bandwidth dengan *Transfer rate* Produk Mikrotik Distribution Layer

Hardware & Spesifikasi	Port	Perbandingan kebutuhan <i>bandwidth</i> lokal
Distribution Layer Routerboard CCR1016-12G <ul style="list-style-type: none"> • CPU: Tileria Tile-Gx16 1.2GHz 16 Cores • RouterOS License: Level6 • Berdasarkan pengujian yang dilakukan mikrotik (mikrotik.com) pada <i>hardware</i> ini mendapatkan hasil 11842,8Mbps 	Eth0/2-3 G.I	21,6 Mbps < 11842,8 Mbps
	Eth0/4-5 G.I	21,6 Mbps < 11842,8 Mbps
	Eth0/6 G.I	9,072 Mbps < 11842,8 Mbps
	Eth0/2-3-4 G.II	34,56 Mbps < 11842,8 Mbps
	Eth0/5-6-7 G.II	40,176 Mbps < 11842,8 Mbps
	Eth0/8 G.II	3,024 Mbps < 11842,8 Mbps
	Eth0/2-3 G.III	38,88 Mbps < 11842,8 Mbps
	Eth0/4-5 G.III	37,152 Mbps < 11842,8 Mbps
	Eth0/6 G.III	1,728 Mbps < 11842,8 Mbps

Eth0/2-3 G.IV	32,4 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/4-5 G.IV	40,176 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/6 G.IV	1,728 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/2-3 G.V	17,28 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/4-5 G.V	19,44 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/6 G.V	1,08 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/7 G.V	7,56 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/8 G.V	7,56 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/9 G.V	7,56 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/10 G.V	7,56 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/11 G.V	7,56 Mbps < 11842,8 Mbps
Eth0/12 G.V	2,16 Mbps < 11842,8 Mbps

Pada tabel 5, menjelaskan bahwa pada distribution switch untuk produk Mikrotik Routerboard CCR1016-12G menawarkan kecepatan *transfer rate* disetiap port sebesar 11842,8Mbps, sedangkan kebutuhan *bandwidth* lokal pada port masing-masing gedung dari Eth0/2 sampai Eth0/12 rata-rata sebesar 17,136Mbps yang diambil dari tabel 2 kebutuhan *bandwidth* pada port switch distribution. Kesimpulan dari Tabel 5 ini menunjukkan produk Routerboard CCR1016-12G sebagai distribution layer bisa menangani *transfer rate* untuk kebutuhan user pada STMIK Lombok.

Kebutuhan *Bandwidth* dengan *Transfer rate* Produk Mikrotik core layer terlihat pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Kebutuhan Bandwidth dengan *Transfer rate* Produk Mikrotik Core Layer

Hardware & Spesifikasi	Port	Perbandingan kebutuhan <i>bandwidth</i> lokal
Core Layer Routerboard CCR1036-12G-4S-EM <ul style="list-style-type: none"> • CPU: Tileria Tile-Gx36 1.2GHz 36 Cores • RouterOS License: Level6 • Berdasarkan pengujian yang dilakukan mikrotik (mikrotik.com) pada <i>hardware</i> ini mendapatkan hasil 15792,1Mbps 	Eth0/2	52,3 Mbps < 15792,1 Mbps
	Eth0/3	77,8 Mbps < 15792,1 Mbps
	Eth0/4	77,8 Mbps < 15792,1 Mbps
	Eth0/5	74,3 Mbps < 15792,1 Mbps
	Eth0/6	77,8 Mbps < 15792,1 Mbps

Pada tabel 7. Core switch untuk produk Mikrotik Routerboard CCR1036-12G-4S-EM menawarkan kecepatan *transfer rate* disetiap

port sebesar 15792,1 Mbps, sedangkan kebutuhan *bandwidth* lokal pada Eth0/4 sampai Eth0/9 rata-rata sebesar 360Mbps yang diambil dari tabel 3 kebutuhan *bandwidth* pada port *switch* core. Kesimpulan dari tabel 7, menunjukan produk Mikrotik Routerboard CCR1036-12G-4S-EM sebagai core layer bisa menangani *transfer rate* untuk kebutuhan *user* pada STMIK Lombok.

4.2 Analisis Kapasitas Bandwidth Lokal Tidak Terpakai

Analisis tingkat kapasitas penggunaan *bandwidth* lokal yang tidak terpakai (idle kapasitas) dengan menggunakan rumus pengurangan. Rumusnya

$$\text{Idle Kapasitas} = \text{Transfer Rate} - \text{Kebutuhan Bandwidth Lokal}$$

Transfer rate oleh masing-masing produk dikurangi dengan kebutuhan *bandwidth* lokal yang diambil dari tabel 2 untuk *hardware* distribution layer dan tabel 3 untuk *hardware* core layer. Pada tabel 8 menunjukan *bandwidth* lokal tidak terpakai pada distribution layer. Tabel 8 menunjukkan analisis *bandwidth* lokal tidak terpakai pada distribution layer di produk Cisco dan produk Mikrotik. Pada kolom *transfer rate* diambil dari tabel 4 untuk spesifikasi produk Cisco dan tabel 5 untuk spesifikasi produk Mikrotik. Pada kolom kebutuhan *bandwidth* lokal diambil dari tabel 2 pada total kebutuhan *bandwidth* lokal pada port *switch* distribution. Kemudian angka pada kolom *transfer rate* akan dikurangi dengan angka pada kolom kebutuhan *bandwidth* lokal untuk mendapatkan hasil sisa *bandwidth* lokal tidak terpakai pada distribution layer.

Tabel 8. Analisis Bandwidth Lokal Tidak Terpakai pada Distribution Layer

Nama Hardware	Transfer rate	Kebutuhan Bandwidth Lokal	Sisa Bandwidth Lokal Tidak Terpakai
Distribution Layer (Cisco Switch Managed WS-C2960+24TC-S)	32000 Mbps	21,6 Mbps	31.978,4 Mbps
		21,6 Mbps	31.978,4 Mbps
		9,072 Mbps	31.990,928 Mbps
		34,56 Mbps	31.965,44 Mbps
		40,176 Mbps	31.959,824 Mbps
		3,024 Mbps	31.996,976 Mbps
		38,88 Mbps	31.961,12 Mbps
		37,152 Mbps	31.962,848 Mbps
		1,728 Mbps	31.998,272 Mbps
		32,4 Mbps	31.967,6 Mbps
		40,176 Mbps	31.959,824 Mbps
		1,728 Mbps	31.998,272 Mbps
		17,28 Mbps	31.982,72 Mbps
		19,44 Mbps	31.980,56 Mbps
		1,08 Mbps	31.998,92 Mbps
		7,56 Mbps	31.992,44 Mbps
7,56 Mbps	31.992,44 Mbps		
7,56 Mbps	31.992,44 Mbps		
7,56 Mbps	31.992,44 Mbps		

Distribution Layer (Mikrotik Routerboard CCR1016-12G)	11842,8 Mbps	7,56 Mbps	31.992,44 Mbps
		2,16 Mbps	31.997,84 Mbps
		21,6 Mbps	11.821,2 Mbps
		21,6 Mbps	11.821,2 Mbps
		9,072 Mbps	11.833,728 Mbps
		34,56 Mbps	11.808,24 Mbps
		40,176 Mbps	11.802,624 Mbps
		3,024 Mbps	11.839,776 Mbps
		38,88 Mbps	11.803,92 Mbps
		37,152 Mbps	11.805,648 Mbps
		1,728 Mbps	11.841,072 Mbps
		32,4 Mbps	11.810,4 Mbps
		40,176 Mbps	11.802,624 Mbps
		1,728 Mbps	11.841,072 Mbps
		17,28 Mbps	11.825,52 Mbps
		19,44 Mbps	11.823,36 Mbps
		1,08 Mbps	11.841,72 Mbps
		7,56 Mbps	11.835,24 Mbps
		7,56 Mbps	11.835,24 Mbps
		7,56 Mbps	11.835,24 Mbps
7,56 Mbps	11.835,24 Mbps		
2,16 Mbps	11.840,64 Mbps		

Pada tabel 9 menunjukan *bandwidth* lokal tidak terpakai pada core layer. Tabel 9 menunjukan analisis *bandwidth* lokal tidak terpakai pada core layer di produk Cisco dan produk Mikrotik. Pada kolom *transfer rate* diambil dari tabel 5 untuk spesifikasi produk Cisco dan tabel 6 untuk spesifikasi produk Mikrotik. Pada kolom kebutuhan *bandwidth* lokal diambil dari tabel 3 pada total kebutuhan *bandwidth* lokal pada port *switch* core. Kemudian angka pada kolom *transfer rate* akan dikurangi dengan angka pada kolom kebutuhan *bandwidth* lokal untuk mendapatkan hasil sisa *bandwidth* lokal tidak terpakai pada core layer.

Tabel 9. Analisis Bandwidth Lokal Tidak Terpakai pada Core Layer

Nama Hardware	Transfer rate	Kebutuhan Bandwidth Lokal	Sisa Bandwidth Lokal Tidak Terpakai
Core Layer (Cisco Catalyst WS-C3650-24TS-S)	272000 Mbps	52,272 Mbps	271.947,728 Mbps
		77,76 Mbps	271.922,24 Mbps
		77,76 Mbps	271.922,24 Mbps
		74,304 Mbps	271.925,696 Mbps
		77,76 Mbps	271.922,24 Mbps
Core Layer (Mikrotik Routerboard CCR1036-12G-4S-EM)	15792,1 Mbps	52,272 Mbps	15.739,828 Mbps
		77,76 Mbps	15.714,34 Mbps
		77,76 Mbps	15.714,34 Mbps
		74,304 Mbps	15.717,796 Mbps
		77,76 Mbps	15.714,34 Mbps

4.3 Analisis Skalabilitas Jaringan

Terkait dengan strategi ST2 dan strategi WT4 pada penelitian [4] tentang skalabilitas *user* disesuaikan dengan kemampuan skalabilitas *hardware* jaringan komputer yang digunakan.

Percobaan untuk mengetahui skalabilitas *bandwidth user* untuk 1 *user* dalam mengakses situs stmiklombok.ac.id dari jaringan lokal dilakukan dengan cara membuka software google chrome dan taks manager pada windows10. Percobaan dilakukan 5kali secara berulang dengan hasil pada tabel 10, sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Percobaan Mengakses stmiklombok.ac.id

Percobaan	Hasil Percobaan Akses stmiklombok.ac.id
Ke-1	256 Kbps
Ke-2	216 Kbps
Ke-3	200 Kbps
Ke-4	208 Kbps
Ke-5	200 Kbps
Rata-rata	216 Kbps

Dapat disimpulkan bahwa skalabilitas *bandwidth user* untuk 1 *user* dalam mengakses situs stmiklombok.ac.id dari jaringan lokal adalah 216 Kbps (0,216 Mbps). Untuk mengetahui banyaknya *user* yang masih bisa ditangani dalam jaringan lokal dengan rumus:

$$\text{user yang masih bisa ditangani} = \frac{\text{sisa bandwidth lokal tidak terpakai}}{\text{bandwidth setiap user}}$$

Analisis skalabilitas jaringan menggunakan produk Cisco dan Mikrotik pada tabel 11 untuk *distribution layer* dan tabel 12 untuk *core layer*.

Pada tabel 11 menunjukkan analisis skalabilitas jaringan pada *distribution layer* di produk Cisco dan produk Mikrotik. Pada kolom hasil sisa *bandwidth* lokal tidak terpakai diambil dari tabel 8 untuk masing-masing *port distribution layer*. Pada kolom *bandwidth* diambil dari tabel 10 hasil percobaan mengakses stmiklombok.ac.id. Kemudian angka pada kolom sisa *bandwidth* lokal tidak terpakai akan dibagi dengan angka pada kolom *bandwidth* hasil percobaan mengakses, maka didapatkan hasil skalabilitas *user* yang bisa ditangani pada *switch distribution layer*.

Tabel 11. Analisis Skalabilitas Jaringan pada *Distribution Layer*

Nama Hardware	Sisa <i>Bandwidth</i> Lokal Tidak Terpakai	<i>Bandwidth</i>	Skalabilitas <i>User</i> yang Bisa Ditangani
<i>Distribution Layer</i> (Cisco Switch Managed WS-C2960L-24TC-S)	31978,4 Mbps	0,216 Mbps	148.048 user
	31978,4 Mbps		148.048 user
	31990,928 Mbps		148.106 user
	31965,44 Mbps		147.988 user
	31959,824 Mbps		147.962 user
	31996,976 Mbps		148.134 user
	31961,12 Mbps		147.968 user
	31962,848 Mbps		147.976 user

<i>Distribution Layer</i> (Mikrotik Routerboard CCR1016-12G)	31998,272 Mbps	0,216 Mbps	148.140 user
	31967,6 Mbps		147.998 user
	31959,824 Mbps		147.962 user
	31998,272 Mbps		148.140 user
	31982,72 Mbps		148.068 user
	31980,56 Mbps		148.058 user
	31998,92 Mbps		148.143 user
	31992,44 Mbps		148.113 user
	31992,44 Mbps		148.113 user
	31992,44 Mbps		148.113 user
	31992,44 Mbps		148.113 user
	31992,44 Mbps		148.113 user
	31997,84 Mbps		148.138 user
	Rata-rata total <i>user distribution layer</i> produk Cisco		148.069 user
<i>Distribution Layer</i> (Mikrotik Routerboard CCR1016-12G)	11821,2 Mbps	0,216 Mbps	54.728 user
	11821,2 Mbps		54.728 user
	11833,728 Mbps		54.786 user
	11808,24 Mbps		54.668 user
	11802,624 Mbps		54.642 user
	11839,776 Mbps		54.814 user
	11803,92 Mbps		54.648 user
	11805,648 Mbps		54.656 user
	11841,072 Mbps		54.820 user
	11810,4 Mbps		54.678 user
	11802,624 Mbps		54.642 user
	11841,072 Mbps		54.820 user
	11825,52 Mbps		54.748 user
	11823,36 Mbps		54.738 user
	11841,72 Mbps		54.823 user
	11835,24 Mbps		54.793 user
	11835,24 Mbps		54.793 user
	11835,24 Mbps		54.793 user
11835,24 Mbps	54.793 user		
11835,24 Mbps	54.793 user		
11840,64 Mbps	54.818 user		
Rata-rata total <i>user distribution layer</i> produk Mikrotik		54.748 user	

Pada tabel 12 menunjukkan analisis skalabilitas jaringan pada *core layer* di produk Cisco dan produk Mikrotik. Pada kolom hasil sisa *bandwidth* lokal tidak terpakai diambil dari tabel 9 untuk masing-masing *port core layer*. Pada kolom *bandwidth* diambil dari tabel 10 hasil percobaan mengakses stmiklombok.ac.id. Kemudian angka pada kolom sisa *bandwidth* lokal tidak terpakai akan dibagi dengan angka pada kolom *bandwidth* hasil percobaan mengakses, maka didapatkan hasil skalabilitas *user* yang bisa ditangani pada *switch core layer*.

Tabel 12. Analisis Skalabilitas Jaringan pada *Core Layer*

Nama Hardware	Sisa <i>Bandwidth</i> Lokal Tidak Terpakai	<i>Bandwidth</i>	Skalabilitas <i>User</i> yang Bisa Ditangani
<i>Core Layer</i> (Cisco Catalyst WS-	271947,728 Mbps	0,216 Mbps	1.259.017 user
	271922,24 Mbps		1.258.899 user
	271922,24 Mbps		1.258.899 user

C3650-24TS-S)	271925,696 Mbps		1.258.915 user
	271922,24 Mbps		1.258.899 user
Rata-rata total user core layer produk Cisco			1.258.926 user
Core Layer (Mikrotik Routerboard CCR1036-12G-4S-EM)	15739,828 Mbps	0,216 Mbps	15.740 user
	15714,34 Mbps		15.714 user
	15714,34 Mbps		15.714 user
	15717,796 Mbps		15.718 user
	15714,34 Mbps		15.714 user
Rata-rata total user core layer produk Mikrotik			15.720 user

Nama Hardware	Sisa Bandwidth Lokal Tidak Terpakai	Bandwidth	Skalabilitas User yang Bisa Ditangani
Core Layer (Cisco Catalyst WS-C3650-24TS-S)	271947,728 Mbps	0,216 Mbps	1.259.017 user
	271922,24 Mbps		1.258.899 user
	271922,24 Mbps		1.258.899 user
	271925,696 Mbps		1.258.915 user
	271922,24 Mbps		1.258.899 user
Rata-rata total user core layer produk Cisco			1.258.926 user
Core Layer (Mikrotik Routerboard CCR1036-12G-4S-EM)	15739,828 Mbps	0,216 Mbps	15.740 user
	15714,34 Mbps		15.714 user
	15714,34 Mbps		15.714 user
	15717,796 Mbps		15.718 user
	15714,34 Mbps		15.714 user
Rata-rata total user core layer produk Mikrotik			15.720 user

Tabel 11 dan tabel 12 menunjukkan perbandingan rata-rata jumlah skalabilitas user saat menggunakan produk, baik pada core layer ataupun pada distribution layer.

Pada core layer, skalabilitas produk Cisco sampai 1258926 user dan skalabilitas produk Mikrotik sampai 15720 user. Sedangkan pada distribution layer, skalabilitas produk Cisco sampai 148069 user dan skalabilitas produk Mikrotik sampai 54748 user.

5. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan dari penelitian ini pemilihan produk hardware jaringan berdasarkan perbandingan skalabilitas user, sebagai berikut:

- 1) Pada core layer, skalabilitas produk Cisco 1.258.926 user dan skalabilitas produk Mikrotik 15.720 user.
- 2) Pada distribution layer, skalabilitas produk Cisco 148.069 user dan skalabilitas produk Mikrotik 54.748 user.

Saran dari penelitian ini sebagai berikut:.

- 1) Penelitian selanjutnya bisa melakukan manajemen bandwidth dan network security pada infrastruktur jaringan komputer pada STMIK Lombok.
- 2) Disarankan memilih produk Mikrotik karena skalabilitas core layer menampung 15.720 user, skalabilitas distribution layer menampung 54.748 user.
- 3) Hasil perancangan blueprint infrastruktur jaringan komputer ini dapat diimplementasikan sebagai wujud langkah strategi TI, selanjutnya untuk kebijakan migration planning disesuaikan dengan Restra oleh pengelola STMIK Lombok.

Daftar Pustaka:

- [1] A. Tantoni, A. Setyanto, and E. Pramono, "Analisis Dan Perancangan Blueprint Infrastruktur Jaringan Komputer Untuk Mendukung Implementasi Sistem Informasi Pada STMIK Lombok," *J. Inf. Interaktif Vol.3 No.1 Januari 2018*, vol. 3, no. 1, pp. 67–76, 2018.
- [2] A. Tantoni and M. T. A. Zaen, "Manajemen Wireless Dengan Mapping ssid access point," *J. Inform. Rekayasa Elektron.*, vol. 2, no. 2, pp. 20–26, 2019.
- [3] A. Tantoni, "Perancangan Blueprint Jaringan Intervlan Routing Menggunakan Model Hirarki Desain Jaringan," *J. Transform. (Informasi Pengemb. Iptek)*, vol. 15, no. 1, pp. 56–65, 2019.
- [4] A. Tantoni and M. T. A. Zaen, "Penyusunan Blueprint Infrastruktur Jaringan Komputer Menggunakan Analisis Swot Pada Stmik Lombok," *J. Manaj. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, p. 54, 2019.
- [5] M. Kodri, "Model Pengambilan Keputusan Untuk Mendukung Pemilihan Hardware Wireless," STMIK ATMA LUHUR PANGKALPINANG, Pangkalpinang, Bangka Belitung, 2013.
- [6] D. Oktober, "Sistem Pendukung Keputusan Untuk Mendukung Pemilihan Hardware Wireless," STMIK ATMA LUHUR PANGKALPINANG, 2013.
- [7] E. Harli, "Pemilihan Network Monitoring System Berdasarkan Kajian Efektifitas Sistem Informasi dengan Pendekatan AHP: Studi Kasus pada 'PT.TUV,'" *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 64–70, 2016.

- [8] D. Ariyus and R. Andri, *Komunikasi Data*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2008.
- [9] id.wikipedia.org, "Skalabilitas," 2019. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Skalabilitas>. [Accessed: 10-Jan-2020].
- [10] C. Aziz, H. Supriyono, and M. Muslich, "Analisis *Blueprint* Jaringan Komputer Di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Surakarta Dengan Cisco Packet Tracer," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2013.
- [11] E. S. Mulyanta, *Pengenalan Protokol Jaringan Wireless Komputer*. Yogyakarta: Andi, 2005.
- [12] R. Banerjee, *Internetworking Technologies: An Engineering Perspective*. Pilani, India, 2002.
- [13] K. Webb, *Building Cisco Multilayer Switched Network*, vol. 112, no. 483. 2000.
- [14] D. Teare, *Designing for Cisco internetwork solutions (DESGN)*. 2008.
- [15] M. Husnaini, W. Bagye, and M. Ashari, "Implementasi Fitur Layer 7 Protocols Mikrotik Rb750 Di SMKN 1 Narmada," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 2, no. 1, p. 78, 2019, doi: 10.36595/jire.v2i1.94.