

OPTIMALISASI JARINGAN KOMPUTER DENGAN BONDING INTERFACE MODE 802.3AD SEBAGAI LINK REDUNDANCY PADA ROUTER MIKROTIK

Adika Noor Adicandra¹, Pitrasacha Adytia², Muhammad Fahmi³

Program Studi Teknik Informatika, STMIK Widya Cipta Dharma

Jalan M. Yamin No. 25, Samarinda,

75123 E – Mail :

adikaadicandra@gmail.com¹, pitra.wicida.ac.id², fahmi.wicida.ac.id³

ABSTRAK

Jaringan yang tidak terbagi rata membuat user tidak nyaman untuk menggunakan internet, baik untuk *streaming*, *download*, *upload*, dan *browsing*. Jika rata – rata user langsung menggunakan *download* ataupun *streaming* secara bersamaan, maka *bandwidth* yang dibutuhkan juga besar. Jaringan yang hanya memiliki satu jalur saja tentu sangat beresiko karena jika terjadi *downtime* maka tidak ada lagi jalur cadangan (*backup traffic*), tentu itu akan mengganggu kenyamanan saat *browsing* internet.

Hasil dari penelitian ini yakni adanya peningkatan kualitas jaringan dari tergabungnya kedua *interface* yaitu tergabungnya kedua ISP menggunakan mode *balanced – rr* dan tergabungnya dua jalur yang menghubungkan *router* MikroTik dan *switch* Cisco. Setelah dilakukannya perhitungan *Quality of Service* memang untuk perbedaan sebelum dan sesudah tidak terlalu signifikan, tetapi jika penerapan *bonding* ini dilakukan secara langsung, maka hasil penelitian ini bisa saja berbeda dari apa yang sudah dilaksanakannya penelitian penulis.

Kata Kunci: *Bonding Interface, Bonding, Link Redundancy, Router Mikrotik, Mikrotik, Switch Cisco, VLAN, Failover, port – channel*

Optimization of Computer Networks Using 802.3ad Bonding Interface for Link Redundancy on MikroTik Router

ABSTRACT

Uneven network distribution makes users uncomfortable when using the internet for streaming, downloading, uploading, and browsing. When the average user engages in downloading or streaming simultaneously, the bandwidth required also increases significantly. A network with only a single path is highly risky because, in the event of downtime, there is no backup traffic route, which would disrupt the comfort of browsing the internet.

The results of this study show an improvement in network quality through the integration of two interfaces, combining two ISPs using the balanced-rr mode, and the merging of two paths connecting the MikroTik router and the Cisco switch. After calculating the Quality of Service (QoS), the difference before and after implementation was not highly significant. However, if bonding is implemented in a real-world environment, the results could differ from the outcomes observed in this study.

Keywords: *Bonding Interface, Bonding, Link Redundancy, Router Mikrotik, Mikrotik, Switch Cisco, VLAN, Failover, port – channel*

1. PENDAHULUAN

Jaringan yang tidak terbagi rata membuat user tidak nyaman untuk menggunakan internet, baik itu untuk *streaming*, *download*, *upload*, dan *browsing*. Jika rata-rata user langsung menggunakan *download* ataupun *streaming* secara bersamaan, maka *bandwidth* yang dibutuhkan juga besar. Jaringan yang hanya memiliki

satu jalur saja tentu sangat beresiko karena jika terjadi *downtime* maka tidak ada lagi jalur cadangan (*backup traffic*), tentu itu akan mengganggu kenyamanan saat *browsing* internet. Disinilah peran *bonding* dapat berguna, sebab metode ini dapat membuat *throughput bandwidth* menjadi lebih besar. Secara singkat, *bonding* menggabungkan dua *interface* yang menggunakan satu *ip address* sehingga menghasilkan *virtual link*. Selain itu, kelebihan metode ini adalah adanya jalur kedua sebagai *backup* atau jalur cadangan jika sewaktu –



waktu terjadinya *downtime* dan akan secara otomatis akan berpindah ke jalur yang sudah menjadi bagian atau *slaves* di dalam *interface bonding*.

Setelah melakukan observasi, masih ada ruang untuk dilakukannya peningkatan mutu jaringan di STMIK Widya Cipta Dharma, karena di setiap *switch* belum terdapat *bonding*, hanya ada *trunk*. pada peneliti sebelumnya sudah dibuatkannya VLAN untuk setiap segmen yang berbeda tetapi hanya dikonfigurasi di satu *interface* saja. Peneliti akan membuat *interface baru (bonding)* membuat 2 jalur fisik menjadi satu kesatuan dan tidak membuat VLAN terganggu jika terjadinya *downtime*, diharapkan adanya peningkatan *bandwidth*, juga bisa mengurangi beban kerja jaringan (*link redundancy*) jika hanya menggunakan satu *interface* saja. Dengan adanya sistem *link redundancy* ini, koneksi akan lebih terjaga keberlangsungannya karena terdapat mekanisme *failover*. 802.3ad adalah mode yang diberikan oleh MikroTik untuk penggunaan *bonding* dan *port – channel* untuk perangkat Cisco. Penggunaan mode 802.3ad merupakan mode yang paling kompetibel karena mode ini dapat berfungsi di semua perangkat jaringan selain MikroTik.

Dengan menggunakan metode *bonding interface* sebagai *link redundancy* pada router MikroTik, STMIK Widya Cipta Dharma bisa mendapatkan *throughput bandwidth* yang lebih besar dan adanya jalur kedua selain jalur utama. Selain mendapatkan jalur cadangan *bonding* juga dapat meningkatkan koneksi yang lebih stabil dan menghindari terjadinya *downtime* yang dapat mempengaruhi aktivitas perkuliahan dan administrasi.

Bonding interface merupakan metode yang dapat menggabungkan dua atau lebih *interface* menjadi sebuah *virtual link* sehingga akan mendapatkan *throughput bandwidth* yang lebih besar, bisa juga difungsikan untuk keperluan *failover*. Metode ini juga dapat dikatakan sebagai pengganti media transmisi fiber optik karena dapat menghemat biaya pengeluaran dalam membangun jaringan *backbone*.

Dengan menggunakan metode ini, STMIK dapat melanjutkan kegiatan administrasi dan perkuliahan dengan aman dan nyaman. Dengan mengimplementasi metode *bonding* mode 802.3ad, diharapkan dapat mengurangi *downtime*, menjaga kestabilan jaringan dan kehandalan jaringan agar dapat berjalan secara optimal.

2. Kajian Teoritis

2.1 Jaringan Komputer

Menurut Iskandar, A. (2022), dan penulis lainnya dalam buku yang berjudul “Pengantar Jaringan Komputer” jaringan komputer adalah sekumpulan komputer yang berbagi sumber daya yang terletak di atau disediakan oleh node jaringan (Vimal et Al., 2020). Komputer menggunakan protokol komunikasi umum melalui interkoneksi digital untuk berkomunikasi satu sama lain, saling berinteraksi dan bertukar data (Abdulsahib & Khalaf, 2018). Informasi dan data

ditransmisikan melalui jaringan komputer, biasanya menggunakan kabel (*wired*) maupun nirkabel (*wireless*) sebagai media transmisinya.

2.2 Topologi Jaringan

Menurut website salamadian (2019) Topologi jaringan adalah suatu cara untuk membuat sejumlah komputer saling berhubungan satu sama lain, baik menggunakan kabel maupun yang nirkabel. Biasanya, tujuan topologi jaringan adalah demi kemudahan pertukaran informasi. Topologi jaringan sering kali dipakai suatu perusahaan, lembaga, atau pun badan institusi agar antaranggota bisa saling melakukan komunikasi dengan cepat dan aman.

2.3 Router

Menurut website Dewaweb (2022), router bekerja dengan mentransmisikan paket data dari satu jaringan ke jaringan lain, membaca alamat IP, dan menyaring paket data untuk memastikan lalu lintas yang efisien dan aman. Router memungkinkan beberapa perangkat untuk menggunakan koneksi internet yang sama, mengelola lalu lintas data dengan meneruskan paket data ke alamat IP tujuan, dan menyediakan berbagai jenis jaringan seperti jaringan lokal (LAN) dan jaringan nirkabel (WLAN).

2.4 MikroTik

Menurut Ilmi, N. (2020), dalam bukunya yang berjudul “*Best Practice MIKROTIK FOR BEGINNER*”, MikroTik adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi perangkat keras (*RouterBoard*) dan perangkat lunak (Router OS) yang berhubungan dengan sistem jaringan komputer yang berkantor pusat di Riga, Latvia, bersebelahan dengan Rusia.

2.5 Bonding

Menurut Ilmi, N. (2020), dalam bukunya yang berjudul “*Best Practice MIKROTIK FOR BEGINNER*”, Bonding adalah sebuah teknologi yang memungkinkan agregasi lebih dari satu *interface ethernet* dan menggabungkan kedalam satu *link virtual* sehingga kita akan mendapatkan *throughput bandwidth* yang lebih besar. Selain itu bisa digunakan untuk keperluan *failover*. Pada contoh implementasinya kita bisa menghubungkan dua buah router MikroTik yang mana *interface ethernet* masing-masing router yang telah di *bonding* saling dikoneksikan.

2.6 Mode Bonding

2.6.1 Mode Round-robin

Mode ini akan mengirimkan paket data secara berurutan melalui setiap antarmuka jaringan yang tersedia. Kelebihannya mode ini adalah meningkatkan *throughput* karena akan memanfaatkan semua jalur jaringan secara merata. Kekurangannya adalah tidak terlalu bagus untuk

pemerataan *traffic*. Jika satu terganggu atau mati, maka jaringan lain akan terganggu juga.

2.6.2 Mode 802.3ad

Mode 802.3ad merupakan mode yang menggunakan LACP (*Link Aggregation Control Protocol*) untuk menggabungkan beberapa jalur secara dinamis. Kelebihannya adalah mode ini mode yang paling standar di dunia jaringan untuk manajemen koneksi. Kekurangannya adalah membutuhkan dukungan dari perangkat jaringan seperti *switch* yang sama – sama memiliki LACP.

2.7 Link Redundancy

Link redundancy merupakan jalur alternatif yang digunakan untuk meningkatkan ketersediaan jaringan sehingga jika terjadi *downtime* atau terputus, maka jalur untuk data masih bisa terhubung tanpa mempengaruhi konektivitas perangkat pada jaringan tersebut. *Link redundancy* juga merupakan salah satu standar dalam membangun jaringan. Dengan adanya *link redundancy*, kita masih mempunyai waktu santai, dan aktifitas lainnya walaupun ada bagian-bagian tertentu dari jaringan yang gagal bekerja. Semua itu karena kita sudah mempersiapkan cadangan (*redundant*).

2.8 Failover

Menurut Ferdiana, Ridi (2016), *failover* adalah *routing* yang menekankan pada proses meneruskan sebuah permintaan ke server lain, manakala server utama tidak tersedia. Jadi, *failover* merupakan metode untuk mengalihkan *traffic* jaringan ke jalur lain ketika jalur utama mengalami kendala atau kegagalan (putus).

2.9 Quality of Service

Menurut Ilahi, I. (2020), manajemen *bandwidth* dikenal dengan istilah QoS (*Quality of Service*) yakni teknik yang digunakan untuk menjamin setiap *client* mendapatkan alokasi *bandwidth* masing-masing sehingga proses pertukaran data pada jaringan bisa berjalan optimal. QoS tidak hanya mengenai manajemen *bandwidth*, QoS juga mengatur prioritas *client* sehingga mencegah terjadinya ada perangkat PC yang menguasai seluruh *bandwidth* yang tersedia.

2.10 Winbox

Menurut Ilahi, I. (2020), Winbox merupakan aplikasi *default* dari MikroTik untuk melakukan administrasi *routerboard*, semua fungsi dari *router* bisa diatur dengan aplikasi tersebut, aplikasi Winbox cukup ringan dengan ukuran 522kb dan dapat di download langsung di halaman website *MikroTik.com*.

2.11 Switch

Menurut Adhiatma, N. (2020), dari bukunya yang berjudul "Naster CCNA: Belajar Network itu Mudah" *Switch* adalah perangkat *network* yang berfungsi mengirimkan frame ke tujuan berdasar *mac-address*. *Switch* melanjutkan hasil pencarian yang telah di temukan *router*. Setelah paket sampai pada *switch*, maka *switch* akan melihat tabel IP dan *mac-address*. Setelah *mac-address* yang dituju, maka paket akan sampai ke tujuan.

2.12 VLAN

Menurut Ilahi, I. (2020), VLAN (*Virtual Local Area Network*) merupakan sekelompok perangkat pada suatu LAN atau lebih yang dikonfigurasi (menggunakan perangkat lunak pengelolaan) sehingga dapat berkomunikasi seperti halnya bila perangkat tersebut terhubung pada jalur yang sama, yang sebenarnya perangkat tersebut berada pada sejumlah segmen LAN yang berbeda.

2.13 WireShark

Menurut website Comptia (2022), Wireshark adalah aplikasi analisis protokol jaringan atau aplikasi yang menangkap paket dari *traffic* internet. Penamaan paket disini diartikan sebagai sekumpulan data – data dari jaringan internet. Biasanya aplikasi ini digunakan untuk menangkap paket, *filtering*, dan visualisasi paket. Maksud dari visualisasi paket adalah memudahkan kita untuk melihat jenis paket apa saja yang kita terima ataupun dikirim ke internet.

2.14 Firewall

Menurut Indra, I. (2021), *firewall* adalah salah satu sistem pengaman jaringan untuk melindungi data dari pengguna yang tidak memiliki hak akses terhadap data tersebut. Firewall berperan sebagai filter antara komputer internal dan eksternal. Peranan *firewall* pada jaringan juga dapat mengatur *traffic* data yang diizinkan untuk mengakses beberapa jaringan *non – public* atau *private*.

2.15 NAT (Network Address Translation)

NAT (*Network Address Translation*) adalah adalah sebuah proses pemetaan alamat IP dimana perangkat jaringan komputer akan memberikan alamat IP *public* ke perangkat jaringan lokal sehingga banyak IP *private* yang dapat mengakses IP *public*. Dengan kata lain NAT akan mentranslasikan alamat IP sehingga IP address pada jaringan lokal dapat mengakses IP *public* pada jaringan WAN. NAT mentranslasikan alamat IP *private* untuk dapat mengakses alamat *host* di internet dengan menggunakan alamat IP *public* pada jaringan tersebut. Tanpa hal tersebut(NAT) tidak mungkin IP *private* pada jaringan local bisa mengakses internet.

Fungsi NAT pada jaringan komputer yaitu sebagai translasi alamat IP *public* ke alamat IP *private* atau sebaliknya sehingga dengan adanya NAT ini setiap komputer pada jaringan LAN dapat mengakses internet dengan mudah.

2.16 STP (*Spanning Tree Protocol*)

Spanning Tree Protocol adalah layanan yang memungkinkan LAN switch dan LAN bridge terinterkoneksi secara berlebih dengan cara menyediakan mekanisme untuk mencegah *loop* jaringan yang tidak diinginkan dalam jaringan yang terjadi pada *bridge*. *Loop* terjadi apabila jalur alternatif diantara *host* – *host*. Untuk menyiapkan jalur *backup*, STP membuat status jalur *backup* menjadi *standby* atau di blokir. STP hanya mengijinkan satu jalur yang aktif diantara dua *host*, namun tetap menyediakan jalur *backup* bila jalur utama terputus. Untuk memberikan jalur *link redundancy*, *Spanning Tree Protocol* mendefinisikan sebuah pohon yang merentangkan semua switch yang aktif dalam jaringan. *Spanning Tree Protocol* memaksa jalur data tertentu yang berlebihan menjadi *standby state* (blokir).

2.17 RSTP (*Rapid Spanning Tree Protocol*)

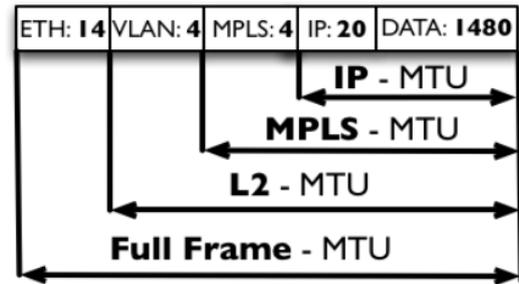
Rapid Spanning Tree Protocol adalah jenis dari STP. Protokol ini mem-*bypass state standby* dari *Spanning Tree Protocol* dan memberikan *forward state* selama 15 detik. Jadi, waktu konvergensi yang diperlukan lebih rendah dari STP. Sebenarnya RSTP mirip dengan STP, tetapi dengan sebuah improvisasi yang lebih baik dari STP.

2.18 Link Monitoring

Sangat penting ketika opsi *link monitoring* di aktifkan. Sebagai contoh jika satu dari *bonding* masih berjalan untuk mengirim paket ke jalur yang *down* yang berakibat menurunnya respon jaringan, konektivitas dan kinerja keseluruhannya yang mengakibatkan memburuknya kualitas jaringan yang disebut degradasi jaringan. Metode *bonding* pada MikroTik saat ini menyediakan dua skema untuk monitoring *traffic* jaringan yakni MII dan ARP. Kedua metode ini tidak bisa berjalan berdampingan karena bawaan *rules* dari *bonding*.

2.19 MTU (*Maximum Transmission Unit*)

Maximum Transmission Unit adalah istilah dalam teknologi informasi yang merujuk kepada ukuran paket data terbesar yang dapat ditransmisikan melalui sebuah media jaringan. Ukuran MTU adalah bervariasi, tergantung teknologi jaringan yang digunakan. Contohnya adalah dalam jaringan berbasis teknologi *Ethernet*, ukuran MTU maksimum adalah 1500 bytes. Adalah tugas lapisan data-link yang harus menentukan ukuran MTU.



Gambar 1 Ukuran Standar MTU

2.20 ARP (*Address Resolution Protocol*)

Address Resolution Protocol atau ARP adalah protokol yang digunakan untuk menemukan MAC address perangkat di suatu jaringan berdasarkan alamat IP. Dalam lapisan jaringan bermodel OSI layer, ARP bekerja antara layer 2 dan 3. Fungsi utama protokol ini adalah merubah IP address 32-bit (IPv4) menjadi 48-bit yang merupakan alamat untuk MAC address.

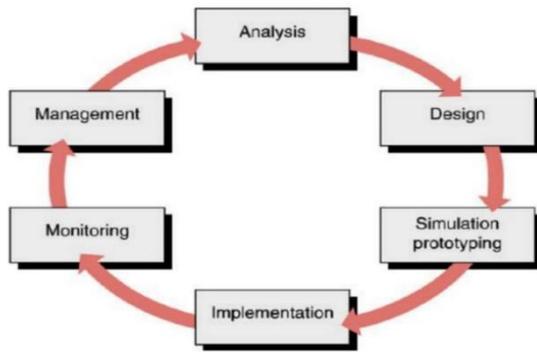
Protokol ARP memiliki peran penting untuk komunikasi data dalam jaringan. Setiap *host* atau perangkat yang terhubung pada jaringan berkomunikasi menggunakan MAC address yang merupakan alamat fisik. Artinya, perangkat hanya dapat berinteraksi satu sama lain apabila memiliki alamat MAC tujuan. Protokol ini memungkinkan perangkat mendapatkan MAC address penerima dengan memanfaatkan alamat IP. Intinya, protokol ARP bertugas untuk menerjemahkan IP address ke MAC address yang sesuai.

3 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara yang digunakan untuk memperoleh dan menganalisa data dalam membuat suatu laporan. Dengan ini penulis menyusun laporan dengan menggunakan metode yang digunakan dan menerapkan pendekatan ilmiah, serta menganut pada kriteria penelitian umum. Dalam metode penelitian ini, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan.

3.1 Tahapan Pengembangan Sistem

NDLC atau biasa disebut juga *Network Development Life Cycle* adalah metode yang bergantung pada proses pembangunan sebelumnya seperti perencanaan strategi bisnis, daur hidup pengembangan aplikasi, dan analisis pendistribusian data. Metode tersebut terdiri dari *analysis, design, simulation prototyping, implementation, monitoring, dan management*. Berikut merupakan tahapan dari metode NDLC:



Gambar 2 Network Development Life Cycle (NDLC)

3.2 Pengujian

Setelah melakukan implementasi metode NDLC, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian sistem yang telah dibangun. Pengujian dimaksudkan untuk menemukan perbandingan sebelum dan sesudah penerapan metode yang akan diuji. Penulis menggunakan QoS sebagai alat ukur untuk menjadi perbandingan seberapa bagus jika penerapan bonding ini sudah bekerja jika sudah di konfigurasi ke setiap perangkat jaringan yang ada di Pusat Komputer di STMIK Widya Cipta Dharma Samarinda.

4 Implementasi dan Hasil

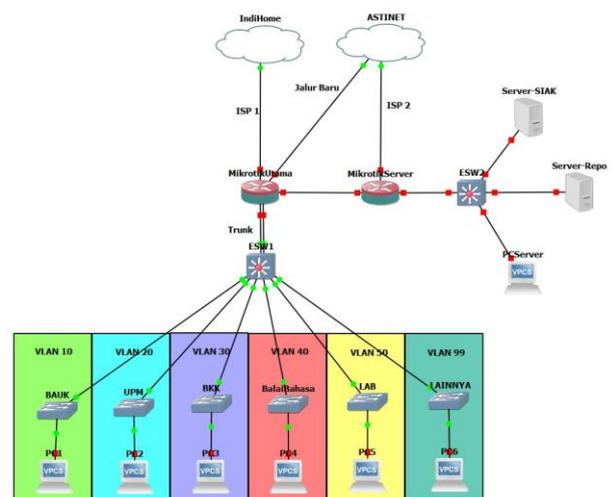
4.1 Tahap Analysis

Penulis telah melaksanakan penelitian sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Penulis melakukan tahapan analisis terlebih dahulu, yakni dengan mengunjungi tempat penelitian Pusat Komputer. Penulis juga mengobservasi apakah metode penulis dapat berjalan dengan sistem yang sudah ada. Penulis melakukan wawancara kepada perwakilan puskom, apakah sebelumnya sudah mengenal metode apa itu *bonding* dan penulis juga bertanya topologi apa yang sudah digunakan pada saat penelitian berlangsung.

4.2 Tahap Design

Pada tahap *design*, penulis akan memberikan gambaran topologi yang akan berjalan jika metode pada penelitian ini diterapkan. Pada gambar 3 merupakan gambaran yang akan penulis kerjakan jika metode *bonding* ini berjalan. Diawali dengan awan yang memiliki arti ISP internet. Disambungkan oleh garis hitam dengan titik hijau yang memiliki arti terhubung dengan perangkat atau tersambung dengan internet. Lalu pada gambar 3 juga ada yang namanya *router* dengan simbol lingkaran dibawah awan yang tersambung dengan internet ISP. *Switch* utama dan *switch* server

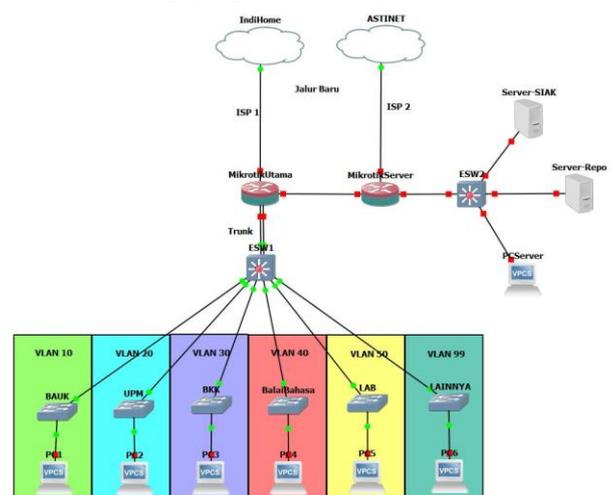
digambarkan dengan kotak persegi empat berwarna biru dan *switch* lainnya yang digambarkan dengan kotak persegi panjang. Lalu server digambarkan dengan perangkat PC dan PC server digambarkan dengan PC monitor.



Gambar 3 Desain Topologi Jika Diterapkan Bonding

4.3 Tahap Simulation Prototype

Pada tahap *Simulation Prototype*, penulis akan mengkonfigurasi metode *bonding* yang diawali dengan menggunakan aplikasi simulasi. Penulis menggunakan simulasi aplikasi yang bernama GNS3. Sebelum diterapkannya *bonding*, penulis akan membuat topologi STMIK Widya Cipta Dharma. Pada gambar 4, penulis akan menganalisa apakah topologi ini cocok jika diterapkannya metode *bonding* dan jika adanya perubahan pada topologi ini, penulis akan merubah topologi dengan konfigurasi dan kesesuaian topologi yang ada sekarang.



Gambar 4 Desain Topologi STMIK Widya Cipta Dharma

4.3 Tahap Implementation

Pada tahap *implementation*, penulis akan menerapkan metode *bonding* di kedua perangkat jaringan, yaitu *router*

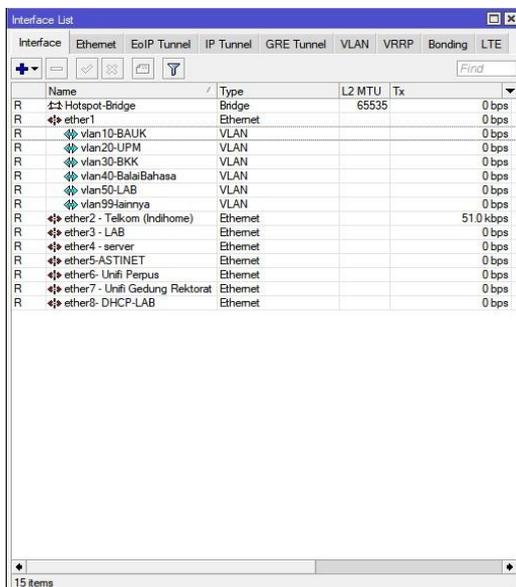
MikroTik dan switch Cisco. Pada router MikroTik, penulis akan mengkonfigurasi metode *bonding* untuk di router MikroTik dan *EtherChannel* di switch Cisco. Berikut pada tabel 4.1 rincian bahan yang digunakan agar metode ini dapat berjalan.

Tabel 1 Software dan Hardware

Software	Hardware
Winbox	Router MikroTik CCR 1009-7G-1C-1S+
GNS3	Switch Cisco Catalyst 2960
Wireshark	Kabel LAN
TFGEN	
Virtual Box	

4.3.1 Konfigurasi pada Router MikroTik

Untuk implementasi metode *bonding*, pertama kita buat dulu *interface bonding*nya. Untuk gambar dibawah, semua VLAN sebelumnya masih berada di *interface ether1 – Lokal - Switch*. Jadi di metode *bonding* ini, penulis akan membuat semua VLAN ini akan tergabung ke dalam *interface bonding*, dan VLAN akan berperan sebagai *interface fisik trunking*. Lalu, untuk kedua ISP, juga penulis buat *interface bonding* untuk menggabungkan *ether2* dari ISP Indihome dan *ether5* dari ISP Astinet. Agar konfigurasi router MikroTik mudah, penulis menggunakan aplikasi WinBox guna mempermudah konfigurasi router dalam mode GUI.

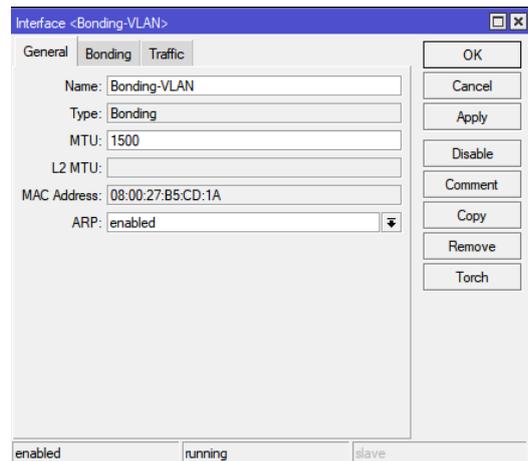


Gambar 5 Interface Sebelum Diterapkan Bonding

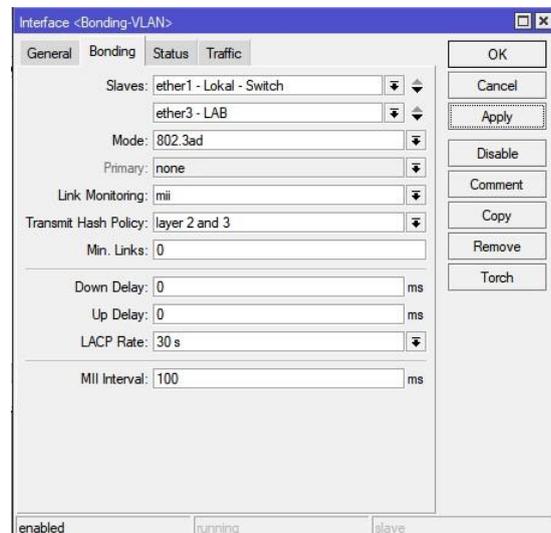
Pertama, kita buat *interface bonding* dengan pergi ke *Tab Bonding* di *Interface List*, lalu kita klik plus biru di pojok atas, dan akan muncul *new interface* untuk *bonding*. Untuk di *General* kita isi dengan nama *Bonding-VLAN*. Untuk *bonding* ISP, kita buat juga dengan nama *Bonding-ISP*. MTU disini secara *default*

sudah di atur ke 1500, dengan arti ukuran paket data terbesar yang dapat ditransmisikan adalah 1500 bytes. Dan untuk ARP kita *enable*. ARP adalah protokol untuk mencari IP Address atau MAC Address perangkat di suatu jaringan.

Kedua, pada *TAB Bonding*, ada yang namanya *Slaves*. Ini yang akan kita pilih *interface* mana yang akan kita gabung ke dalam *bonding*. Disini penulis akan menggunakan *ether1* dengan *ether3*. Harus diingat, minimal ada dua port fisik yang harus tersambung agar *bonding* ini dapat bekerja.



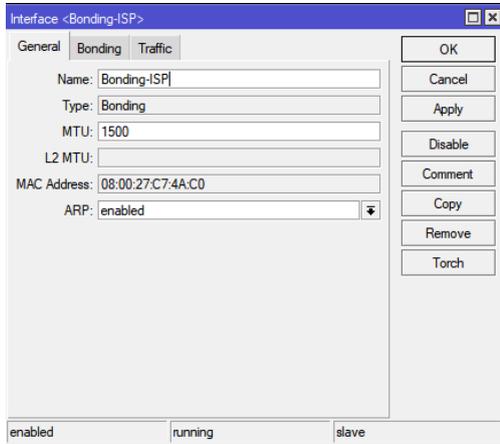
Gambar 6 Interface Bonding-VLAN Tab General



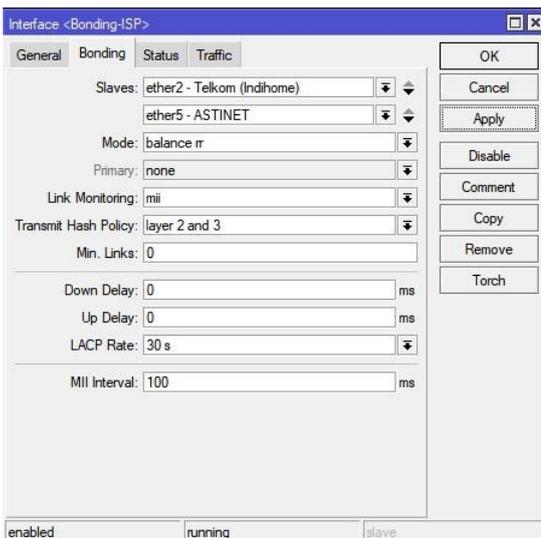
Gambar 7 Interface Bonding-VLAN Tab Bonding

Untuk *interface bonding* ISP, kita akan menggunakan *interface ether2* yang digunakan untuk bisa terhubung dengan ISP Indihome, dan *ether5* sebagai ISP yang digunakan untuk terhubung ke ISP Astinet. Untuk MTU kita konfigurasi di 1500 dan ARP kita *enable* saja. Selanjutnya, pada *Tab Bonding*, kita atur untuk *slave* kita akan gunakan *interface ether2* sebagai port yang digunakan agar dapat terhubung ke ISP Indihome dan *interface ether5* sebagai port yang digunakan untuk terhubung dengan ISP Astinet. Pada tahap selanjutnya, penulis ingin menggunakan mode *balance-rr*. Kenapa? jika kita menggunakan *balance-rr*, semua *traffic*

akan berjalan di kedua *port* tersebut secara bersamaan dan penulis dapat yakin bahwa kedua ISP yang dimiliki oleh kampus merupakan ISP dengan kualitas yang dapat mendukung jika kita menggunakan mode *balance-rr* untuk *bonding* di kedua ISP tersebut



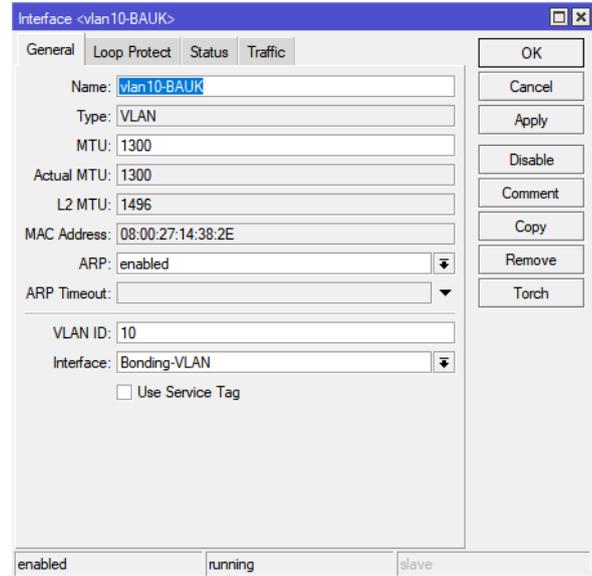
Gambar 8 Interface Bonding-ISP Tab General



Gambar 9 Interface Bonding-ISP Tab Bonding

Ketiga, karena VLAN sudah dibuat dari penulis sebelumnya, penulis hanya akan memindahkan VLAN yang sudah ada ke dalam *interface* Bonding – VLAN. Pertama, kita akan pindahkan semua VLAN yang sudah ada ke dalam *interface* Bonding-VLAN. Lalu, kita masuk ke *interface* VLAN. Selanjutnya, kita pindahkan yang awalnya berada pada *interface ether1* kita pindahkan di *interface* Bonding-VLAN pada kolom *Interface*. Lakukan ke setiap VLAN yang sudah ada ke *interface* Bonding-VLAN. Dengan ini, semua VLAN yang ada secara langsung akan dimonitor oleh *interface* Bonding-VLAN yang diisi oleh *interface ether1* dan *interface ether3*. Dan untuk MTU di *interface* VLAN, kita harus atur dibawah MTU *interface* bonding. Misalnya, MTU di *interface*

bonding di angka 1500, maka MTU di VLAN harus di bawahnya, penulis set di angka 1300.

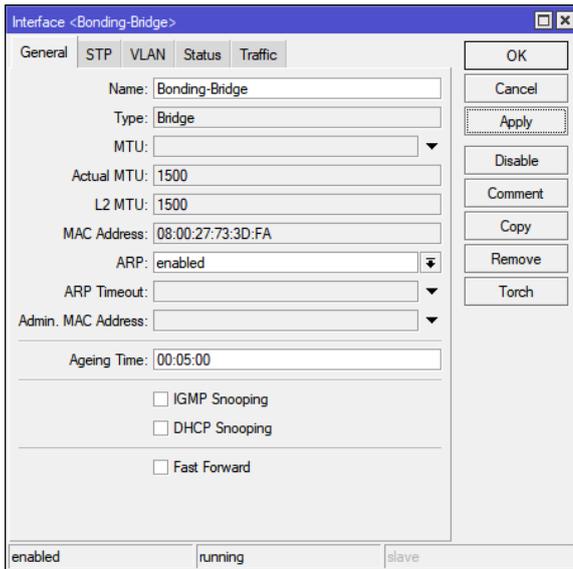


Gambar 10 Interface VLAN 10

Interface	Interface List	Ethernet	EoIP Tunnel	IP Tunnel	GRE Tunnel	VLAN	VRRP	Bonding	LTE
RS	Bonding-ISP	Bonding	1500	1500	64.6 kbps	7.8 kbps			
R	Bonding-VLAN	Bonding	1500	1500	0 bps	0 bps			
R	vlan10-BAUK	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps			
R	vlan20-UPM	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps			
R	vlan30-BKK	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps			
R	vlan40-BalaiBahasa	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps			
R	vlan50-LAB	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps			
R	vlan99-lainnya	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps			
R	Bonding-Bridge	Bridge	1500	1500	0 bps	5.1 kbps			
R	Hotspot-Bridge	Bridge	1500	65535	0 bps	0 bps			
RS	ether1 - Lokal - Switch	Ethernet	1500		0 bps	0 bps			
RS	ether2 - Telkom (Indihome)	Ethernet	1500		35.1 kbps	4.2 kbps			
RS	ether3 - LAB	Ethernet	1500		0 bps	0 bps			
R	ether4 - Server	Ethernet	1500		0 bps	0 bps			
RS	ether5 - ASTINET	Ethernet	1500		29.4 kbps	3.5 kbps			
R	ether6 - Unifi Pepsu	Ethernet	1500		0 bps	0 bps			
R	ether7 - Unifi Gedung Rektorat	Ethernet	1500		0 bps	0 bps			
R	ether8 - DHCP-LAB	Ethernet	1500		0 bps	0 bps			

Gambar 11 Interface Sesudah Konfigurasi

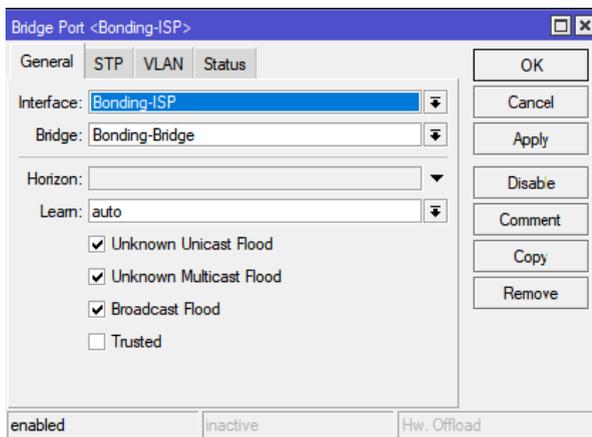
Selanjutnya, agar kita dapat menggunakan ISP Indihome kita menggunakan DHCP – *Client* untuk mendapatkan IP dari ISP Indihome. Untuk *interface bridge*, pertama buat terlebih dahulu dengan konfigurasi detail seperti pada gambar 12. Kita buat dengan nama Bonding – Bridge, lalu dengan ARP *enabled*.



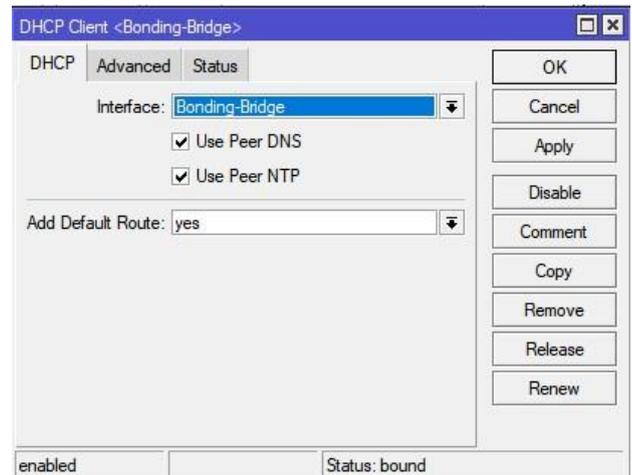
Gambar 12 Interface Bonding-Bridge

Setelah selesai dengan *interface Bonding-Bridge*, kita akan mengatur kemana *bridge* ini digunakan. Kita bisa klik pada tab *ports*, kita tambahkan dengan konfigurasi sebagai berikut. *Interface Bonding-ISP* akan kita hubungkan dengan *Bonding – Bridge*, dan bisa kita lihat juga pada gambar 13.

Untuk IP DHCP dari ISP Indihome kita bisa langsung menambahkan IP DHCP *Client*, karena penulis akan menggunakan IP DHCP yang disediakan oleh ISP Indihome untuk simulasi yang sekarang sedang berjalan.



Gambar 13 Interface Bridge Port untuk Bonding Bridge



Gambar 14 DHCP Client Bonding-Bridge

Adapun beberapa detail kecil, seperti penggunaan *IP Address* untuk semua VLAN yang sudah terkonfigurasi ke dalam *router* MikroTik. Berikut merupakan rincian detail *IP Address* dalam perangkat *router* MikroTik sesuai dengan yang ada pada saat penelitian ini berlangsung.

4.3.2 Konfigurasi pada Switch Cisco

Pada tahap ini penulis akan mengkonfigurasi tahapan untuk *interface EtherChannel* dan juga *trunking* pada *port* yang diperlukan, pada tahap pertama, kita masuk ke terminal dengan perintah *configure terminal* dan kita akan konfigurasi *trunking* di setiap *port* yang terhubung ke *router* MikroTik sebelumnya. Untuk dapat berjalan *trunking*, *EtherChannel*, dan VLAN agar tidak terjadinya *downtime*. Sebelumnya, kita harus mematikan keamanan *Spanning tree Protocol.PortFast* dan *Spanning Tree Bpduguard*. Jika tidak, *Spanning Tree* ini akan mematikan *interface* yang akan terhubung ke *router* MikroTik. Ini akan membuat kita aman jika ingin menambahkan VLAN yang akan kita masukkan *Port-Channel* sebagai syarat agar metode *bonding* dapat berjalan dengan normal. Karena *port* yang tersambung ke *router* MikroTik, semua perintah bisa dilihat pada gambar 15 dibawah ini.

```
SwitchUtama(config)#no spann
SwitchUtama(config)#no spanning-tree po
SwitchUtama(config)#no spanning-tree portfast
% Incomplete command.

SwitchUtama(config)#no spanning-tree portfast ?
  bpduguard  Enable portfast bpduguard on this switch

SwitchUtama(config)#no spanning-tree portfast bpd
SwitchUtama(config)#no spanning-tree portfast bpduguard
SwitchUtama(config)#
```

Gambar 15 Mematikan Spanning tree Cisco

Lalu kita konfigurasi *trunk* di kedua *port* yang sudah terhubung, pertama kita masuk ke dua *port* langsung dengan perintah *int range fastethernet 1/0 – 1/1*. Lalu kita masukkan perintah *switchport mode trunk* untuk mengganti status jenis

port dari mode *access* menjadi mode *trunk*. Setelah itu, kita lanjut membuat *interface EtherChannel*. Ketika kita masukkan perintah *Channel-group 1 mode on* maka secara otomatis akan membentuk *interface port-channel* di *interface EtherChannel 1* dan akan membuat kedua port langsung tergabung kedalam *interface port-channel 1*. Mode *trunk* akan terbuat otomatis dengan mode *802.1Q* atau *dot1q*, protokol ini akan membuat VLAN diizinkan lewat. Jika sudah, maka kita akan lanjut untuk di *port Port-Channel 1* untuk *EtherChannel*. Pada saat melakukan konfigurasi *trunking* di kedua *port*.

```
SwitchUtama(config)#int range fastEthernet 1/0 - 1
SwitchUtama(config-if-range)#swi
SwitchUtama(config-if-range)#switchport mode trunk
SwitchUtama(config-if-range)#switchport mode trunk
SwitchUtama(config-if-range)#sw
SwitchUtama(config-if-range)#chann
SwitchUtama(config-if-range)#channel-group 1 mode on
SwitchUtama(config-if-range)#
*Mar 1 04:50:23.974: %EC-5-BUNDLE: Interface Fa1/0 joined port-channel Po1
*Mar 1 04:50:24.022: %EC-5-BUNDLE: Interface Fa1/1 joined port-channel Po1
SwitchUtama(config-if-range)#
*Mar 1 04:50:26.986: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Port-channel1, changed state to
SwitchUtama(config-if-range)#exit
```

Gambar 16 Konfigurasi Trunk dan EtherChannel

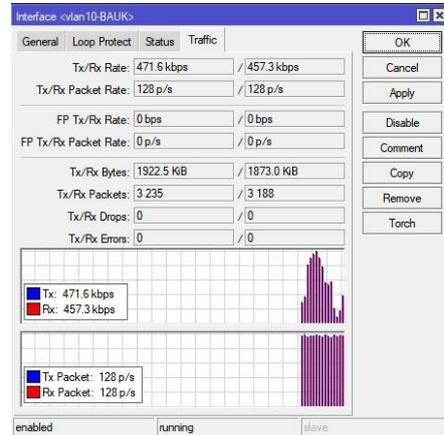
```
SwitchUtama(config)#swit
SwitchUtama(config)#int port
SwitchUtama(config)#int port-channel 1
SwitchUtama(config-if)#sw
SwitchUtama(config-if)#switchport mode tr
SwitchUtama(config-if)#switchport mode trunk
SwitchUtama(config-if)#swi
SwitchUtama(config-if)#switchport trunk all
SwitchUtama(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40,50,99
Command rejected: Bad VLAN allowed list. You have to include all default vlans, e.g. 1-2,1002-100
SwitchUtama(config-if)#switchport trunk allowed vlan add 10,20,30,40,50,99
```

Gambar 17 Interface Port-Channel 1

4.4 Tahap Monitoring

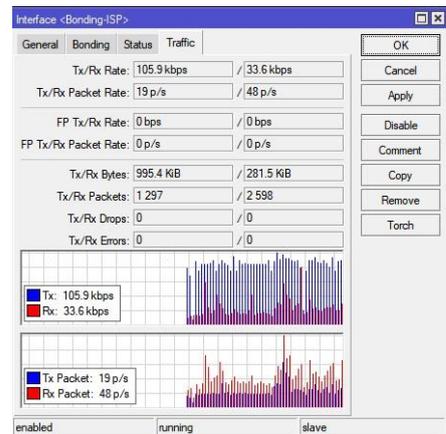
Pada tahap *monitoring*, penulis melihat *traffic* di dalam *interface bonding*, menggunakan aplikasi WinBox. *Traffic* berjalan dengan normal dari kedua sisi yakni *traffic* dari *router MikroTik* ataupun dari *switch Cisco* dapat berkomunikasi dengan konfigurasi di kedua perangkat menggunakan metode *bonding* dari MikroTik dan *EtherChannel* dari Cisco. Dan untuk *bonding* ISP juga berjalan dengan normal. Pada masa *monitoring*, penulis akan menggunakan aplikasi TFGEN untuk mensimulasikan *traffic* yang akan melewati dari ISP Telkom (IndiHome), melewati *router MikroTik*, lalu ke *switch Cisco*, dan dipecah lagi ke semua ruangan yang ada di kampus STMIK Widya Cipta Dharma dengan menggunakan *switch*, dimana di setiap *switch* tersebut akan di konfigurasi VLAN sesuai dengan pembagian yang sudah di tetapkan. Pada tahap ini penulis hanya memastikan apakah kedua perangkat sudah saling terhubung atau belum. Pada saat simulasi paket ini berlangsung, penulis menerapkan pada TFGEN untuk mengirimkan paket sebesar 500kbps dan dengan *traffic pattern* menggunakan *continous and random*. Lalu untuk paket tujuan, penulis mencoba menggunakan VLAN 10

untuk di kirimkan ke PC yang berada pada jangkauan jaringan di ruangan BAUK.



Gambar 18 Monitoring Traffic Bonding-VLAN

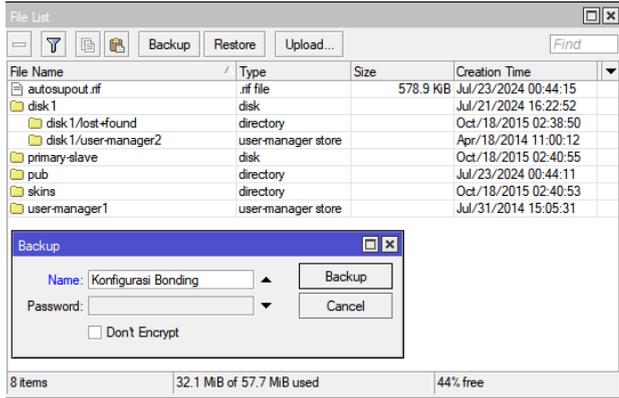
Lalu untuk monitoring jaringan *interface Bonding-ISP*, penulis langsung menghubungkan dengan kabel LAN yang terhubung melalui modem ISP Indihome dan dibagi lagi untuk *ethernet2* digunakan sebagai contoh untuk ISP Astinet. Pada gambar 19 merupakan gambaran *traffic* yang sudah menggunakan metode *bonding*.



Gambar 19 Monitoring Traffic Bonding-ISP

4.5 Tahap Management

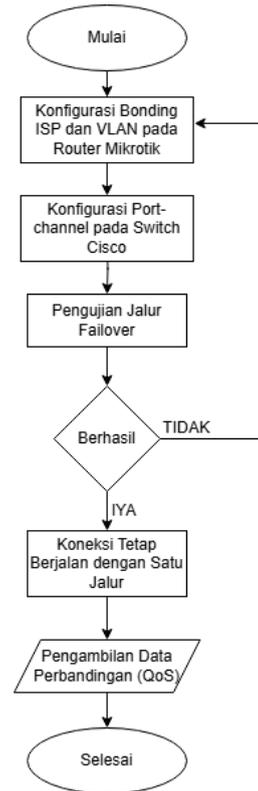
Pada tahapan *management*, dimaksudkan untuk mengatur dan membuat sistem yang sudah di konfigurasi dapat terjaga dengan baik. Lalu untuk menjaga agar sistem ini dapat bekerja sebagaimana mestinya, di sarankan untuk melakukan proses *backup* konfigurasi dan *log monitoring*. Caranya adalah dengan kita pergi ke *File List*, lalu kita klik *Backup* untuk menyimpan hasil dari konfigurasi yang sudah dilakukan pada gambar 20 dibawah.



Gambar 20 Backup Konfigurasi Data

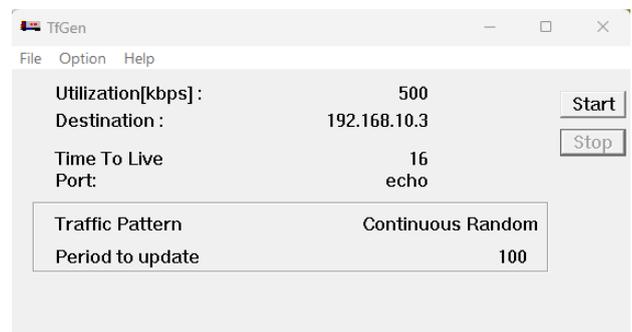
4.6 Pengujian

Pengujian dilakukan dengan semua konfigurasi sudah dilakukan. Jika semua sudah di konfigurasi, pengujian di awali dengan konfigurasi *bonding* pada *router* MikroTik, lalu dilanjutkan ke *switch* Cisco dengan membuat *Port – Channel*. Jika *bonding* tidak bisa berjalan atau mengalami kendala setelah konfigurasi, pengecekan kembali konfigurasi *router* dan *switch* menjadi opsi jika pada saat pengujian berlangsung mengalami kendala. Terkadang antara *router* dan *switch* terjadi *loop*, sehingga monitoring kembali menjadi pilihan. Lalu, jika sudah dilakukannya monitoring, langkah selanjutnya adalah mengambil sampel untuk menghitung *Quality of Service (QoS)*. Sampel diambil sebelum dan sesudah konfigurasi *bonding* sebanyak lima sampel untuk kedua konfigurasi *Bonding – ISP* dan *Bonding VLAN*. Jika sudah, sampel dihitung dan pengujian ini dapat dikatakan selesai. Berikut merupakan gambaran *Flowchart* pengujian pada gambar 21.



Gambar 21 Flowchart Pengujian Bonding

Pengujian ini menggunakan ISP melalui Telkom (Indihome) dan jaringan Indihome yang dipecah lagi untuk mengisi *ethernet2* untuk dapat mengisi ISP Astinet yang akan melewati *router* MikroTik dengan *interface ether1* dan *interface ether3* untuk *Bonding-VLAN* dan *interface ether2* dan *interface ether5* untuk *Bonding-ISP*. Untuk pengujian *traffic*, penulis akan menggunakan aplikasi simulasi *traffic*, yaitu TFGEN. Bisa kita lihat pada gambar 4.21 dibawah aplikasi ini akan membuat suatu *traffic* secara simulasi ke semua *port* yang akan dilalui juga sebagai bahan pengujian penelitian.



Gambar 22 Aplikasi TGEN

Untuk perhitungan *Quality of Service*, penulis menggunakan aplikasi yang bernama WireShark. Aplikasi ini akan menangkap semua *traffic* yang akan kita gunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan kualitas *bonding* sebelum dan sesudah konfigurasi *bonding* dilakukan.

Penulis akan mengambil lima sampel data dari salah satu jaringan yang akan dilalui oleh *traffic* yang mengarah dari ISP ke *router* untuk *Bonding – ISP* dan *router* ke *switch* Cisco untuk *Bonding – VLAN*.

Tabel 2 Sebelum Bonding-VLAN

N O	Throughput (Kbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)	Index
1	267,2 Kbps	1,485ms	1,485ms	0%	4
2	222,3 Kbps	1,941ms	1,941ms	0%	4
3	295,5 Kbps	1,299ms	1,300ms	0%	4
4	346,1 Kbps	1,275ms	1,275ms	0%	4
5	340,5 Kbps	1,281ms	1,281ms	0%	4

Tabel 3 Sesudah Bonding-VLAN

N O	Throughput (Kbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)	Index
1	356,0 Kbps	1,416ms	1,416ms	0%	4
2	270,4 Kbps	1,465ms	1,465ms	0%	4
3	245,8 Kbps	1,727ms	1,727ms	0%	4
4	262,6 Kbps	1,510ms	1,510ms	0%	4
5	285,0 Kbps	1,409ms	1,409ms	0%	4

Tabel 4 Sebelum Bonding-ISP

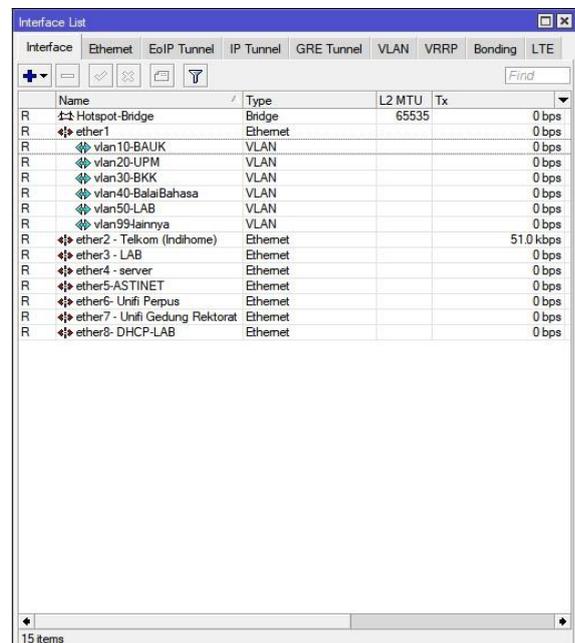
N O	Throughput (Kbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)	Index
1	137,7 Kbps	3,923ms	0,683ms	0%	4
2	484,7 Kbps	2,803ms	4,421ms	0%	4
3	173,5 Kbps	1,316ms	0,175ms	0%	4
4	344,4 Kbps	1,409ms	8,331ms	0%	4
5	600,8 Kbps	2,574ms	0,136ms	0%	4

Tabel 5 Sesudah Bonding – ISP

NO	Throughput (Kbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)	Index
----	-------------------	------------	-------------	-----------------	-------

1	86,6 Kbps	1,369ms	0,473ms	0%	4
2	86,9 Kbps	1,420ms	1,260ms	0%	4
3	66,4 Kbps	2,378ms	0,680ms	0%	4
4	67,5 Kbps	0,812ms	0,521ms	0%	4
5	51,7 Kbps	2,613ms	0,148ms	0%	4

Pengujian yang lainnya adalah untuk mencoba jika kita menggunakan *interface bonding* yang sudah menggabungkan dua *interface* yakni *ether1 – Lokal – Switch* dan *ether3-LAB*. Pengujian pertama, yaitu dengan kedua *interface* aktif dan untuk *traffic* disimulasikan menggunakan aplikasi TFGEN. Karena penulis menggunakan mode 802.3ad, maka salah satu *port* yang ada pada *interface bonding* akan berjalan normal sebagaimana mestinya dan semua *interface* VLAN yang berada pada *interface bonding* akan berjalan normal sesuai dengan berapa besar paket yang kita gunakan pada aplikasi TFGEN. Penulis menggunakan besaran paket 500kbps, destinasi ke PC BAUK, dan *traffic* dengan *pattern continous random* dengan arti TFGEN dengan simulasi *traffic* akan terus mengirimkan paket secara terus menerus dan besaran paketnya acak tetapi tidak melebihi apa yang sudah di atur sebelumnya. Pada gambar dibawah, semua *traffic* berjalan dengan normal. Pada setiap VLAN. Apabila *interface ether1 – Lokal – Switch* mati, *interface ether3 – LAB* siap menggantikan posisi sebagai jalur kedua untuk semua *interface* VLAN 10, 20, 30, 40, 50, dan 99. Berikut merupakan gambaran sebelum dan sesudah konfigurasi, bisa kita lihat pada gambar 23 dan gambar 24.



Gambar 23 Interface List Sebelum Pengujian

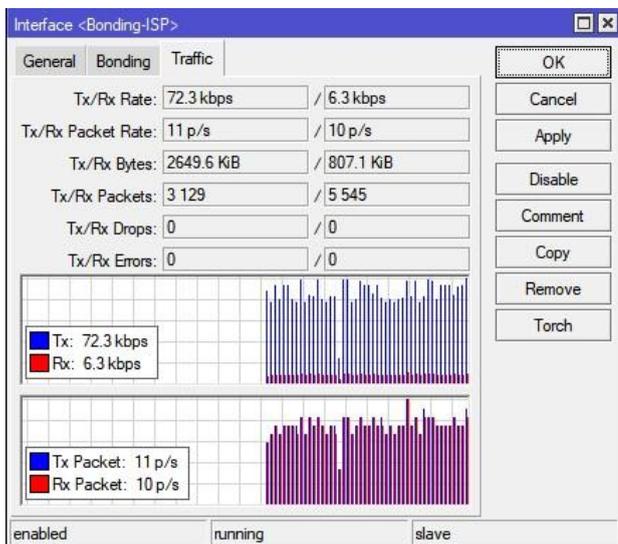
Name	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Pac
RS Bonding-ISP	Bonding	1500	1500	64.6 kbps	7.8 kbps	
R Bonding-VLAN	Bonding	1500	1500	0 bps	0 bps	
R vian10-BAUK	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps	
R vian20-UPM	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps	
R vian30-BKK	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps	
R vian40-BalaBahasa	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps	
R vian50-LAB	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps	
R vian99-lainnya	VLAN	1300	1496	0 bps	0 bps	
R Bonding-Bridge	Bridge	1500	1500	0 bps	5.1 kbps	
R Hotspot-Bridge	Bridge	1500	65535	0 bps	0 bps	
RS ether1 - Lokal - Switch	Ethernet	1500		0 bps	0 bps	
RS ether2 - Telkom (Indihome)	Ethernet	1500		35.1 kbps	4.2 kbps	
RS ether3 - LAB	Ethernet	1500		0 bps	0 bps	
R ether4 - Server	Ethernet	1500		0 bps	0 bps	
RS ether5 - ASTINET	Ethernet	1500		29.4 kbps	3.5 kbps	
R ether6 - Unifi Perpus	Ethernet	1500		0 bps	0 bps	
R ether7 - Unifi Gedung Rektorat	Ethernet	1500		0 bps	0 bps	
R ether8 - DHCP-LAB	Ethernet	1500		0 bps	0 bps	

Gambar 24 Interface List Sesudah Pengujian

Untuk pengujian *Bonding-ISP*, penulis akan mematikan salah satu ISP apakah dapat berjalan dengan normal atau tidak. Pada gambar 25 jika salah satu ISP akan mati, maka secara otomatis akan menggunakan jalur yang ada. Walaupun hanya berjalan satu ISP. pada gambar 26 merupakan *traffic* yang berjalan jika salah satu ISP terputus atau *down*.

Name	Type	L2 MTU	Tx	Rx	Tx P
RS Bonding-ISP	Bonding		63.5 kbps	4.1 kbps	
R Bonding-VLAN	Bonding		0 bps	0 bps	
R Bridge-Bonding	Bridge	65535	63.5 kbps	3.3 kbps	
RS ether1	Ethernet		0 bps	0 bps	
R vian10	VLAN		0 bps	0 bps	
R vian20	VLAN		0 bps	0 bps	
R vian30	VLAN		0 bps	0 bps	
R vian40	VLAN		0 bps	0 bps	
R vian50	VLAN		0 bps	0 bps	
R vian99	VLAN		0 bps	0 bps	
RS ether2 - Telkom (Indihome)	Ethernet		0 bps	0 bps	
RS ether3 - LAB	Ethernet		0 bps	0 bps	
R ether4 - Server	Ethernet		0 bps	0 bps	
RS ether5 - ASTINET	Ethernet		63.5 kbps	4.1 kbps	
R ether6 - Unifi Perpus	Ethernet		0 bps	0 bps	
R ether7 - Unifi Gedung Rektorat	Ethernet		0 bps	0 bps	
R ether8 - DHCP-LAB	Ethernet		0 bps	0 bps	

Gambar 25 ISP Jika Salah Satu Down



Gambar 26 Traffic ISP yang Berjalan

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pada bab sebelumnya yang telah dijelaskan dan pembahasan mengenai Optimalisasi Jaringan Komputer Dengan *Bonding Interface Mode 802.3ad* Sebagai *Link Redundancy* Pada Router Mikrotik, penulis mendapatkan kesimpulan, yakni :

1. Untuk penerapan *bonding*, kita harus pahami terlebih dahulu kompatibilitas perangkat jaringan. Agar metode ini dapat berjalan sebagaimana mestinya dan cocok untuk kedua perangkat. Karena penelitian ini menggunakan dua perangkat jaringan yakni *MikroTik* untuk *router* dan *Cisco* untuk *switch* yang memiliki protokol yang berbeda.
2. Jika konfigurasi mode *bonding 802.3ad* dan jalur mengarah ke perangkat selain *MikroTik* dan , maka *LACP* tidak berjalan ataupun bisa terjadi *loop* atau *packet loss*.
3. Untuk pemilihan mode *bonding* juga dapat menentukan bagaimana ketepatan mode dapat mempengaruhi kestabilan dan arah *traffic* apakah lebih cocok menggunakan mode *802.3ad* atau menggunakan mode lainya seperti *balance-rr*, *balance xor*, *active backup* dan lainnya.
4. Konfigurasi ulang untuk protokol *RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol)* pada *router MikroTik* dan *switch Cisco* agar *bonding* dapat berjalan dengan sempurna. Konfigurasi *RSTP* dapat diatur jika menggunakan *bridge*.
5. Jika menggunakan *bonding*, semua IP yang sudah kita atur di setiap *interface ether* akan berubah, karena *interface* yang sudah tergabung di *bonding* akan menjadi satu *interface* baru. Agar bisa mendapatkan IP, kita bisa menambahkan IP baru atau menggunakan IP *DHCP Client*. Semua IP yang ada di kedua *interface* yang ada di dalam *bonding* kita atur.
6. Untuk *firewall* juga akan berubah sedikit, kita harus atur. Untuk *NAT* kita konfigurasi dengan *out - interface* di isi dengan *bonding interface* yang terhubung dengan *interface bonding*. Atau jika menggunakan *bridge*, maka disesuaikan lagi di *firewall NAT* dengan *out - interface* dan diatur menggunakan *interface bridge*.
7. Penelitian ini sudah memenuhi tujuannya yaitu membuat jalur kedua atau jalur cadangan menggunakan *bonding*, tetapi di satu sisi *jitter* dan *delay* mengalami peningkatan. Jadi ISP, kompatibilitas perangkat dan mode *bonding* juga mempengaruhi hasil akhirnya dan sesuaikan dengan kondisi atau tujuan yang akan diambil jika memilih salah satu mode *bonding*.

Saran

Saran dari penulis dari penelitian ini adalah :

1. Untuk pengembangan selanjutnya dapat dikembangkan penerapannya secara *real* atau diterapkan secara langsung.
2. Bisa menggunakan mode *bonding* lainnya seperti *balanced - rr*, *active backup* dan masih banyak mode

lainnya. Setiap mode *bonding* memiliki tugas – tugas yang berbeda dan memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda.

3. Kondisi *router* pada saat penelitian berlangsung semua port sudah digunakan, jika ingin menerapkan *bonding* bisa dengan cara *upgrade* atau mengganti perangkat dengan port yang lebih banyak dari sebelumnya. Atau menggunakan NIC (*Network Interface Card*) tambahan untuk menambahkan port. Jika anggaran terbatas bisa juga menggunakan *switch managed* dengan VLAN untuk memperluas port jaringan.

Demikian kesimpulan dan saran yang dapat penulis jabarkan, semoga dapat berguna untuk peneliti berikutnya ataupun untuk pembaca skripsi ini. Diharapkan pada penelitian setelah ini dapat dilakukan secara *real*, dan peneliti juga dapat mencoba mode *bonding* lainnya sesuai dengan kondisi dan hasil akhir yang diinginkan.

Daftar Pustaka

- Adhiatma, N. (2020). *Master CCNA Belajar Network Itu Mudah*.
- Adhiwibowo, W., & Irawan, A. R. (2019). IMPLEMENTASI REDUNDANT LINK UNTUK MENGATASI .
- Alam, J. (2013). *Mengenal Wifi, Hotspot, LAN & Sharing Internet*. Elex Media Komputindo.
- Astono, S., & Salsabeela, S. (2020). PENGGUNAAN BONDING PADA MIKROTIK UNTUK ATM.
- Ferdiana, R. (2016). *Solusi Cloud Computing dengan Microsoft Azure bagi UMKM*. Elex Media Komputindo.
- Ilahi, I. (2020). *ADMINISTRASI INFRASTRUKTUR JARINGAN*. Surabaya: XP Solution Surabaya.
- Ilmi, N. (2020). *Best Practice MIKROTIK FOR BEGINNER*. CV. XP Solution.
- Iskandar, A. (2022). *Pengantar Jaringan Komputer*.
- Nikmah, K., & Prihanto, A. (2017). MENINGKATKAN THROUGHPUT BANDWIDTH SEKALIGUS SEBAGAI JALUR .
- Satya, I. A. (2006). *Mengenal dan Menggunakan Mikrotik Winbox Router Modern Berbasis PC (Windows dan Linux)*. Jakarta.
- Website. (2023). *Pengertian MikroTik*. Diakses pada 26 Mei 2023 dari <https://zathco.com/pengertian-mikrotik-dan-fungsinya/>
- IEEE Standard Association. (2000). IEEE Standard for Information Technology - Local and Metropolitan Area Networks - Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications -Aggregation of Multiple Link Segments. IEEE Computer Society
- Herlambang , Moch Linto Azis. (2008). *Panduan Lengkap Menguasai Router Masa Depan menggunakan Mikrotik Router OS*. Jogjakarta
- Website. (2015). *Konfigurasi Dasar Bonding Interface*. Diakses pada 19 Mei 2023 dari https://citraweb.com/artikel_lihat.php?id=161
- Website. (2022). *Pengertian VLAN, Fungsi beserta Kegunaannya*. Diakses pada 20 Juni 2023 dari <https://www.sampoernauniversity.ac.id/id/vlan-adalah/>
- Website (2022) *Apa Itu Router? Pengertian, Fungsi dan Jenisnya*. Diakses pada 18 Juni 2023 dari <https://www.dewaweb.com/blog/apa-itu-router/>
- Website (2022) What is Wireshark. Diakses pada 18 Juni 2023 dari <https://www.comptia.org/content/articles/what-is-wireshark-and-how-to-use-it>
- Website (2019) *TOPOLOGI JARINGAN: Pengertian, Macam Macam Topologi & Kelebihan Kekurangannya*. Diakses pada 19 Juni 2023 dari <https://salamadian.com/topologi-jaringan-komputer/>
- Imas, Indra. (2021) *“Apa itu Firewall?”*. Diakses pada 15 Desember 2024 dari <https://www.niagahoster.co.id/blog/firewall-adalah/>
- Website (2021) *NAT DAN FIREWALL: NAT (Network Address Translation)* Diakses pada 15 Desember 2024 dari <https://medium.com/@ulfafaudiah99/nat-dan-firewall-4f75069caa39>
- Putra, M. R. (2010). Spanning Tree Protocol sebagai Aplikasi Pohon Merentang. *Makalah IF2091 Struktur Diskrit*.
- Website (2016) Perhitungan MTU pada MikroTik. Diakses pada 19 Desember 2024 dari <https://citraweb.com/artikel/218/>
- Website (2024) Bonding. Diakses pada 19 Desember 2024 dari <https://help.mikrotik.com/docs/spaces/ROS/pages/8323193/Bonding>
- Website (2022) Pengertian ARP (Address Resolution Protocol) dan Cara Kerjanya. Diakses pada 19 Desember 2024 dari <https://www.dewaweb.com/blog/pengertian-arp/>
- Website (2018) Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) Diakses pada 15 Desember 2024 dari <https://gokhankosem.medium.com/rapid-spanning-tree-protocol-rstp-6618f59cf54f>