

**JARINGAN BERBASIS MIKROTIK DENGAN TEKNIK BRIDGING
PADA LAYANAN VIDEO STREAMING**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik



ISNAN RIFQI AZINUDDIN

NIM : 145060307111022

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2019



**JARINGAN BERBASIS MIKROTIK DENGAN TEKNIK *BRIDGING*
PADA LAYANAN *VIDEO STREAMING***

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ISNAN RIFQI AZINUDDIN
NIM. 145060307111022**

Dosen Pembimbing

Ir. Sigit Kusmaryanto, M.Eng

NIP. 19700310199412 1 001





JUDUL SKRIPSI:

**JARINGAN BERBASIS MIKROTIK DENGAN TEKNIK *BRIDGING* PADA
LAYANAN VIDEO STREAMING**

Nama Mahasiswa : Isnan Rifqi Azinuddin

NIM : 145060307111022

Program Studi : TEKNIK ELEKTRO

Konsentrasi : TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Tim Dosen Pembimbing :

Dosen Pembimbing 1 : Ir. Sigit Kusmaryanto, M.Eng.

Dosen Pembimbing 2 : Primatar Kuswiradyo, S.T., M.T.

Tim Dosen Pengaji :

Dosen Pengaji 1 : Dr. Ir. Sholeh Hadi P., M. Sc

Dosen Pengaji 2 : Sapriesty Nainy Sari, S.T., M. T.

Dosen Pengaji 3 : Ir. Endah Budi P., M. T.

Tanggal Ujian : 6 Desember 2019

SK Pengaji : 2526 Tahun 2019





PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 6 Desember 2019

Mahasiswa,

Isnain Rifqi Azinuddin

NIM. 145060307111022







*Sudah Lahir Sudah Terlanjur
Mengapa Harus Menyesal, Hadapi Dunia Berani
Bukalah Dada-mu Tantanglah Dunia*



Isnan Rifqi Azinuddin, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
November 2019, Jaringan Berbasis Mikrotik dengan Teknik Bridging pada Layanan *Video Streaming*, Dosen Pembimbing : Sigit Kusmaryanto dan Primatar Kuswiradyo.

RINGKASAN

Penelitian ini membahas *Quality of Service* (QoS) pada jaringan berbasis Mikrotik untuk layanan aplikasi *live streaming* dengan variasi jarak dan jumlah user. Jenis Mikrotik yang digunakan adalah 3 buah Mikrotik tipe rb951ui-2hnd dan 1 buah Mikrotik tipe rb941ui-2hnd (hAP-Lite). Keempat Mikrotik tersebut akan di-setting menjadi sebuah jaringan *bridge*, dengan satu Mikrotik rb951ui-2hnd sebagai *router master* dan masing-masing dua buah Mikrotik rb-951ui-2hnd dan rb941ui-2hnd (hAP-Lite) sebagai *router slave*. Aplikasi *live streaming* yang digunakan pada penelitian ini adalah VLC media player. Berdasarkan rekomendasi standar ITU-T G.1010 dan G.114^[4], kinerja layanan *live streaming* pada jaringan ini telah memenuhi standar. Dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa pada jumlah user 1, memiliki packet loss, delay dan throughput sebesar 15%, 13,75 ms dan 85,6 KBps. Sedangkan pada jumlah user 2, memiliki packet loss, delay dan throughput sebesar 16,92%, 14 ms dan 87,4 KBps. Dan pada jumlah user 3, memiliki packet loss, delay dan throughput sebesar 15%, 15 ms dan 87 KBps. Untuk nilai delay dan packet loss, resolusi 480 memiliki nilai yang paling rendah.

Kata Kunci: *Live Streaming, Video Streaming, QoS, Mikrotik.*



Isnan Rifqi Azinuddin, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, November 2019, Mikrotik Based Network Using Bridging Techniques on Video Streaming Services, Supervisor : Sigit Kusmaryanto and Primatar Kuswiradjo.

SUMMARY

This study discusses Quality of Service (QoS) on Mikrotik network for live streaming application services with a variations in distance and number of user. Kind of Mikrotik which used in this journal is three Mikrotik rb951ui-2hnd and one Mikrotik rb941ui-2hnd (hAP-Lite). These four Mikrotik will set to be a bridge network with one Mikrotik rb951ui-2hnd as a router master and the other two Mikrotik rb951ui-2hnd and one Mikrotik rb941ui-2hnd (hAP-Lite) as router slave. The live streaming application used in this study is VLC media player. Background traffic is a UDP package based on transmission patterns, namely burst and periodic, burst and random, continuous and constant and continuous and random. Based on the ITU-T standard recommendations G.1010 and G.114, the performance of live streaming services on this network has met the standards. From the results of the study, it shows that if the amount of user one has packet loss, delay and throughput of 15%, 13,75 ms and 85,6 KBps. While if the amount user two, it has packet loss, delay and throughput of 16,92%, 14 ms and 87,4 KBps. And for the user three, it has packet loss, delay and throughput of 15%, 15 ms and 87 KBps. For the value of delay and packet loss, the 480 resolution method has the lowest value.

Keywords: Live Streaming, Streaming Video, QoS, Mikrotik.





KATA PENGANTAR

Dasar dari penelitian ini sebenarnya adalah keinginan pribadi penulis untuk memberi referensi terhadap metode lain yang dapat digunakan dalam hal pemilihan dan pemanfaatan jaringan internet khususnya di Laboratorium Telekomunikasi Universitas Brawijaya. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat untuk kemudian diaplikasikan oleh generasi berikutnya.

Jujur, penulis tidak akan dapat menyelesaikan skripsi ini tanpa bantuan dari semua orang yang terlibat. Secara spesifik saya sampaikan rasa terimakasih yang paling dalam kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Slamet dan Ibu Fauziah Widyaningsih, serta Mas Alif Rifqi, yang selalu menyemangati dengan penuh cinta dan perhatian, juga menjadi salah satu motivasi terbesar penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Hadi Suyono, S.T., M. T., Ph. D., IPM, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Ibu Ir. Nurussa'adah, M. T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Ibu Rahmadwati, S.T., M.T., Ph.D selaku Kepala Program Studi S1 Jurusan Teknik Elektro Brawijaya.
5. Bapak Ir. Sigit Kusmaryanto, M.T., dosen pembimbing yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Primatar Kuswiradyo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan waktu untuk membimbing, memberikan saran, nasehat, dan pelajaran.
7. Ibu Rusmi Ambarwati, S.T., M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Telekomunikasi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Teman-teman dari Iseng-iseng Gaya Rock dan juga Ketan Candu Crew, yang selalu ada untuk saya.
9. Keluarga kontrakkan Ali Hail Timbul yang telah menerima asam garam kehidupan bersama selama satu tahun lebih.

10. REA REO UNIVERSITAS BRAWIJAYA, yang selalu ada meneman penulis kala sedih dan senang.

11. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyelesaian skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan karena kendala dan keterbatasan dalam penggerjaan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, 6 Desember 2019

Isnan Rifqi Azinuddin



DAFTAR ISI	iii
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mikrotik	5
2.1.1 Router Mikrotik	5
2.1.2 Winbox	6
2.2 Bridging	6
2.3 Teknologi Streaming	7
2.3.1 Arsitektur Streaming	7
2.3.2 Parameter Kualitas Video streaming	8
2.3.3 Protokol Video streaming	9
2.4 Quality of Service	10
2.5 Parameter-parameter dari Quality of Service	10
2.5.1 Packet Loss	10
2.5.2 Delay	11
2.5.3 Troughput	12
2.6 Definisi alamat Internet Protocol	13
2.6.1 Jenis Alamat	13
2.6.2 Kelas IP4	13
2.7 User Diagram Protocol	13
2.8 Network Monitoring	14
2.8.1 Wireshark	14



2.9 Layanan RTSP dan RTP	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Umum	17
3.2 Studi Literatur	17
3.3 Perancangan Sistem	17
3.4 Analisis Kebutuhan	18
3.5 Prosedur Penelitian	18
3.5.1 Pengumpulan Data dan Parameter Penelitian	19
3.5.2 Proses <i>Monitoring</i> dan Pengambilan Data	20
3.5.3 Konfigurasi Sistem	21
3.5.4 Menjalankan Sistem	22
3.5.5 Pengolahan Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Umum	23
4.2 Konfigurasi Jaringan	23
4.2.1 Perancangan Perangkat Keras	23
4.2.2 Pengaturan Perangkat	27
4.2.3 Pengujian Koneksi	40
4.2.4 Pengujian layanan <i>live streaming</i>	41
4.3 Hasil pengamatan dan analisis	48
4.3.1 Throughput	48
4.3.2 Packet Loss	50
4.3.3 Delay	52
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR	
<i>Gambar 2. 1 Router Mikrotik RB-941</i>	5
<i>Gambar 2. 2 Topologi sederhana bridge pada mikrotik.....</i>	6
<i>Gambar 2. 3 Gambar Bergerak</i>	8
<i>Gambar 2. 4 Tampilan wireshark yang sedang meng-capture paket pada suatu jaringan</i>	15
<i>Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian</i>	18
<i>Gambar 3. 2 Diagram Alir Proses Pengambilan Data</i>	20
<i>Gambar 3. 3 Konfigurasi Sistem Jaringan Bridge</i>	21
<i>Gambar 4. 1 Tampilan awal Winbox.....</i>	27
<i>Gambar 4. 2 Lakukan koneksi ke Mikrotik RB951Ui-2HnD</i>	28
<i>Gambar 4. 3 Interface Mikrotik1</i>	28
<i>Gambar 4. 5 Membuat bridge pada Mikrotik1</i>	29
<i>Gambar 4. 6 IP Address bridge1.....</i>	29
<i>Gambar 4. 7 NAT Rules untuk Mikrotik1</i>	30
<i>Gambar 4. 8 DNS Settings</i>	30
<i>Gambar 4. 9 DHCP Configuration.....</i>	31
<i>Gambar 4. 10 Membuat security profile</i>	31
<i>Gambar 4. 11 Membuat Access Point</i>	32
<i>Gambar 4. 12 Tes Koneksi ke AP “Bridge Mikrotik”</i>	32
<i>Gambar 4. 13 Tampilan interface list Mikrotik1</i>	33
<i>Gambar 4. 14 Menghubungkan Mikrotik2 ke Laptop Server.....</i>	33
<i>Gambar 4. 15 Buat security profile untuk Mikrotik2.....</i>	34
<i>Gambar 4. 16 Mengatur interface wlan1.....</i>	34
<i>Gambar 4. 17 Membuat DHCP client pada interface wlan1 pada Mikrotik2</i>	35
<i>Gambar 4. 18 Membuat wireless virtual</i>	35
<i>Gambar 4. 19 Mengatur DHCP server wlan2</i>	36
<i>Gambar 4. 20 Memberi IP Address pada wlan2</i>	36

Gambar 4. 21 Mengatur NAT Rules pada Mikrotik2.....	37
Gambar 4. 22 Melakukan koneksi pada Access Point “Wireless Bridge”	37
Gambar 4. 23 Mengatur script untuk Mikrotik1.....	38
Gambar 4. 24 Script Simple Queue.....	38
Gambar 4. 25 Menjalankan script Simple Queue	39
Gambar 4. 26 Speedtest pada Client.....	39
Gambar 4. 27 Speedtest pada Client.....	40
Gambar 4. 28 Speedtest pada Client.....	40
Gambar 4. 29 Tampilan VLC Media Player.....	41
Gambar 4. 30 Kotak dialog Open Media.....	42
Gambar 4. 31 Kotak dialog Source.....	42
Gambar 4. 32 Pengaturan destinasi baru	43
Gambar 4. 33 Pengaturan Port dan Path live streaming	43
Gambar 4. 34 Pengaturan transcoding	44
Gambar 4. 35 Pengaturan akhir live streaming.....	44
Gambar 4. 36 Kotak dialog Open Media di sisi client.....	45
Gambar 4. 37 Tampilan live streaming di sisi client	45
Gambar 4. 38 Tampilan utama Wireshark.....	46
Gambar 4. 39 Kotak dialog Capture Interfaces	46
Gambar 4. 40 Tampilan wireshark setelah capturing selesai.....	47
Gambar 4. 41 Kotak dialog Decode As	47
Gambar 4. 42 Kotak dialog Capture File Properties.....	48
Gambar 4. 45 Grafik hasil pengambilan data throughput.....	50
Gambar 4.46 Grafik hasil pengambilan data <i>packet loss</i>	52
Gambar 4.47 Grafik hasil pengambilan data <i>packet loss</i>	54

DAFTAR TABEL	
<i>Tabel 2. 1 Fungsi Kerja Layer Pada Video Streaming</i>	<i>9</i>
<i>Tabel 2. 2 Standar Tingkat Paket Hilang Berdasarkan ITU-T-G1010.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabel 2. 3 Pengelompokan Delay Berdasarkan ITU-T G.114</i>	<i>11</i>
<i>Tabel 4. 1 Kegunaan Perangkat Keras</i>	<i>24</i>
<i>Tabel 4. 2 Spesifikasi Mikrotik RB951Ui-2HnD.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabel 4. 3 Spesifikasi Laptop HP 1000 Notebook.</i>	<i>25</i>
<i>Tabel 4. 4 Spesifikasi Laptop X550JX</i>	<i>25</i>
<i>Tabel 4. 5 Spesifikasi Laptop Macbook Pro.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabel 4. 6 Spesifikasi Laptop Acer TravelMate P243.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabel 4. 7 Spesifikasi Kabel UTP</i>	<i>26</i>
<i>Tabel 4. 8 Rincian IP yang terhubung dalam AccessPoint “Wireless Bridge”</i>	<i>41</i>
<i>Tabel 4. 9 Hasil pengamatan nilai throughput layanan live streaming</i>	<i>49</i>
<i>Tabel 4.10 Hasil pengamatan nilai packet loss layanan video streaming</i>	<i>51</i>



1.1 Latar Belakang

Di era modern ini dengan semakin berkembangnya penggunaan internet dimana setiap pengguna dapat mengakses internet dengan berpindah tempat, untuk itulah diciptakannya teknologi Wi-Fi dimana setiap pengguna dapat menggunakan internet dengan berpindah-pindah tempat. *Wireless LAN (WLAN)* atau disebut juga *Wireless-Fidelity (Wi-Fi)* merupakan suatu jaringan area lokal nirkabel yang menggunakan gelombang radio sebagai media transmisinya, link terakhir yang digunakan adalah nirkabel, untuk memberi sebuah koneksi jaringan ke seluruh pengguna dalam area sekitar. Meskipun demikian, Wi-Fi mempunyai batas area yang dinamakan *hotspot*. *Hotspot* sendiri dapat diartikan dengan lokasi dimana orang/client dapat mengakses internet melalui jaringan *Wireless Area Local Network (WLAN)* menggunakan *router* yang terhubung ke penyedia layanan internet/*Internet Service Provider (ISP)*, namun *hotspot* sendiri memiliki batas area jangkauan.

Untuk menjangkau area yang di luar jangkauan perangkat area *hotspot*, ada beberapa teknik yang dapat digunakan, salah satunya adalah teknik *bridging*. *Bridging* merupakan suatu teknik untuk menggabungkan beberapa jalur *port Ethernet* yang terdapat dalam perangkat *router* dimana beberapa jalur tersebut dapat dijadikan dalam satu jalur. Dengan menggunakan teknik *bridging*, setiap jaringan yang berbeda lokasi namun memiliki alamat jaringan yang sama bisa tersambung. Dalam *bridging* yang akan digunakan dalam teknik penambahan jangkauan menggunakan mikrotik. Mikrotik memiliki kelebihan dibandingkan dengan *router* lainnya yaitu memiliki *operating system* yang bersifat *open source* sehingga harganya relatif murah dan terjangkau. Selain itu, Mikrotik memiliki keistimewaan lainnya dibanding *router* lain, seperti dapat di-set sesuai keinginan pengguna. Salah satu fitur yang dapat digunakan adalah *setting* mode Mikrotik menjadi sebuah *bridge*.

Berdasarkan uraian di atas skripsi ini akan mengkaji tentang bagaimana analisis unjuk kerja performansi jaringan berbasis mikrotik menggunakan teknik *bridging*. Dalam skripsi ini akan dilakukan unjuk kerja dan analisis penggunaan *bridging* berbasis Mikrotik sebagai perangkat yang bisa memperluas jangkauan *hotspot* dengan menganalisis nilai *throughput*, *delay*, dan *packet loss*.

Selain itu, salah satu alasan besar masyarakat menggunakan internet adalah untuk

melakukan *video streaming*, karena media informasi yang lebih menarik minat pengguna internet adalah dengan melihat *video* secara *real-time*. Kebutuhan masyarakat lainnya dalam *video streaming* adalah untuk hiburan, komunikasi, *monitoring*, dan keamanan. Namun data berupa *video streaming* lebih berat dibandingkan dengan data berupa teks ataupun suara.

1.2 Rumusan Masalah

Melihat dari masalah yang terdapat pada latar belakang, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat topologi jaringan pada router mikrotik dengan menggunakan *bridge* untuk mentransmisikan data berupa *video streaming*
2. Bagaimana cara melakukan uji coba dan analisis kualitas kerja jaringan dengan menggunakan parameter *throughput*, *delay*, dan *packet loss* untuk transmisi data berupa *video streaming*

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini dibatasi oleh beberapa batasan masalah pada ruang lingkup tertentu antara lain:

1. Penelitian menggunakan 3 *router bridge* mikrotik RB951 ui-2hnd dan 1 *router bridge* mikrotik rb941ui-2hnd (hAP-Lite)
2. Penghubung antar *router* menggunakan *wireless*
3. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software Wireshark*
4. Besaran *bandwidth* yang digunakan adalah 3 Mbps
5. Kualitas video yang akan ditransmisikan adalah 480, 720, dan 1080 Perhitungan akan dilakukan pada sisi penerima.
6. Parameter yang digunakan adalah *delay*, *throughput*, dan *packet loss*.
7. Perhitungan akan dilakukan pada 1 *router master* dan 3 *router slave* masing-masing sebanyak 5 kali dengan 3 variasi user yang diberikan dan 3 variasi kualitas video
8. Pengambilan data *video streaming* dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Universitas Brawijaya.





1.4 Tujuan

Adapun tujuan dalam penulisan skripsi ini sebagai berikut :

1. Membangun jaringan *bridging* dengan menggunakan perangkat mikrotik
2. Melakukan pengujian dan analisis unjuk kerja dengan parameter *delay*, *packet loss*, dan *troughtput* untuk *video streaming*

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam pengerjaan skripsi ini akan mengikuti sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang dasar teori yang berhubungan dengan teori-teori dari penelitian yang dilakukan, meliputi *quality of service*, mikrotik, *internet protocol*, *user diagram protocol*, dan *monitoring system*

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas metode yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi ini,

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang penelitian yang dilakukan, yang meliputi analisis unjuk kerja parameter QoS, antara lain *delay*, *packet loss*, dan *troughtput* dengan pengujian *video streaming*

BAB V PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dari hasil yang didapat pada saat analisis data yang diperoleh dan saran untuk mengembangkan skripsi ini.



BAB II

INJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikrotik

Mikrotik adalah sistem operasi dan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menjadikan komputer menjadi *router network* yang handal, mencakup berbagai fitur yang dibuat untuk IP *network* dan jaringan *wireless*, cocok digunakan oleh ISP dan *provider hotspot*. Untuk instalasi mikrotik tidak dibutuhkan piranti lunak tambahan atau komponen tambahan lain. Mikrotik didesain untuk mudah digunakan dan sangat baik digunakan untuk keperluan administrasi jaringan komputer seperti merancang dan membangun sebuah sistem jaringan komputer skala kecil hingga yang kompleks sekalipun (Ardhiyta, 2013).

2.1.1 Router Mikrotik

Router mikrotik memiliki produk *routerboard* yang kecil dan diperuntukan untuk didalam rumah. Memiliki 4 buah *port Ethernet* 10/100. Salah satu fitur yang terdapat didalam *router* mikrotik yang digunakan untuk menghubungkan perangkat *network* yang satu dengan yang lainnya adalah *wireless*. Ada beberapa mode *wireless* yang sering digunakan sesuai dengan fungsinya. Digunakan sebagai *access point* atau digunakan sebagai *station*. Pada skripsi ini mikrotik yang digunakan bertipe Mikrotik 941. Mikrotik ini memiliki semua kebutuhan *router* dan *gateway* untuk segala kondisi jaringan, memiliki 4 buah *port Ethernet*, 1 buah *access point embedded* 2.4 GHz, *antenna embedded* 2 x 1,5 dBi, dan *power adaptor* (Ardhitya, 2013).



Gambar 2. 1 Router Mikrotik RB-941

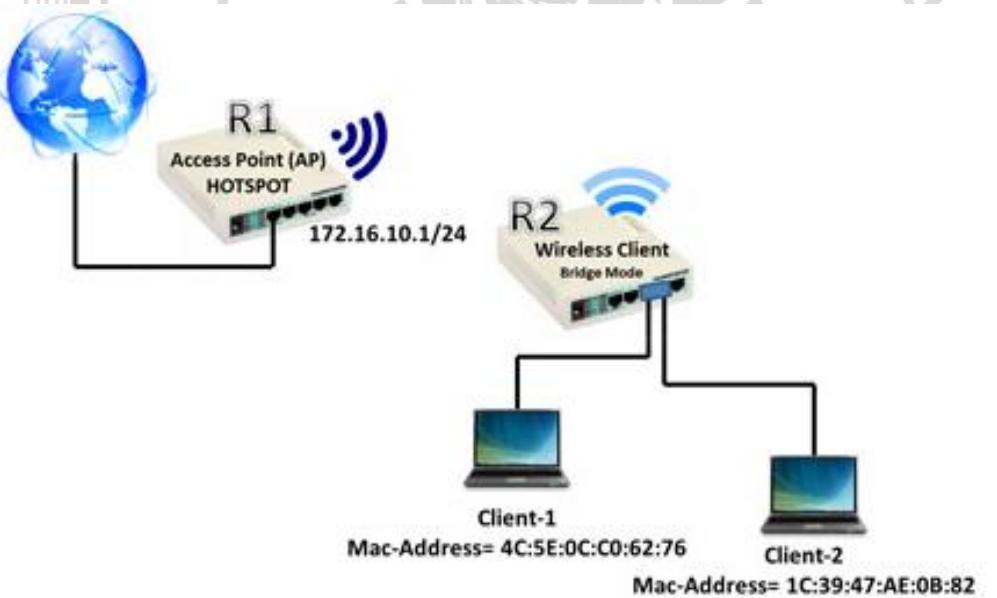
Sumber : mikrotik.co.id

2.1.2 Winbox

Winbox adalah sebuah *software* atau *utility* yang digunakan untuk *remote* sebuah *server Mikrotik* ke dalam mode *GUI (Graphical User Interface)* melalui *operating system windows*. Mengkonfigurasi *Mikrotik OS* atau *Mikrotik routerboard* menggunakan Winbox lebih umum digunakan dibandingkan dengan menggunakan mode *CLI (Command Line Interface)* karena menggunakan Winbox lebih mudah dan simpel dibanding menggunakan *browser*, hasilnya juga lebih cepat (Karim, 2012).

2.2 Bridging

Disebut konfigurasi *wireless bridge*, karena memungkinkan untuk mengakses dua LAN di *link layer*. AP bertingkah seperti *bridge* pada umumnya yang meneruskan antara paket *link* yang terhubung antar AP dan *port Ethernet*.seperti *bridge* pada umumnya, AP mempelajari alamat MAC hingga 64 wireless dan total 128 perangkat jaringan menggunakan kabel dan nirkabel, yang terhubung masing-masing *port Ethernet* untuk membatasi data yang akan diteruskan. Hanya data yang ditunjukan untuk stasiun yang berada pada link *Ethernet*, data *multicast* atau data dengan tujuan yang tidak diketahui perlu diteruskan ke AP yang lain.



Gambar 2. 2 Topologi sederhana bridge pada mikrotik

Sumber : mikrotik.co.id

Perlu diketahui bahwa tidak semua mode *wireless* dapat digunakan dalam *bridge network* karena tidak semua support dengan L2 bridging terutama mode *wireless* sebagai *station* (penerima). Pada fungsi *bridge* di *router* mikrotik telah ditambahkan fitur secara khusus untuk melakukan *management client*. Diantaranya adalah fungsi *filter*, *NAT*, *host*





monitoring. Selain itu juga bisa melakukan konfigurasi dengan memilih opsi ‘*Use Firewall*’ pada *Tab Settings*. Dengan demikian kita bisa mengelola trafik-trafik dari *client* yang terhubung pada *port bridge* dengan melalui fitur *Firewall*.

2.3 Teknologi *Streaming*

Streaming adalah proses pengiriman media data dari *source* menuju *client* secara *real time*. Proses ini berjalan secara kontinyu dan tidak memerlukan penyimpanan lokal untuk media datanya. Dengan semakin majunya teknologi dapat memudahkan pemilik jasa multimedia untuk mencari cara mengirimkan media data yang berupa *file audio video* melalui jaringan berbasis Internet Protokol. Komunikasi menggunakan *audio* dan *video* lebih interaktif dibandingkan dengan komunikasi lewat huruf dan Gambar yang sering digunakan pada awal perkembangan internet. Saat *file video* atau *audio* di *stream*, akan berbentuk sebuah *buffer* di komputer *client*, dan *data video - audio* tersebut akan mulai di *download* ke dalam *buffer* yang telah terbentuk pada mesin *client*. Dalam waktu yang singkat, *buffer* telah terisi penuh dan secara otomatis *file video audio* dijalankan oleh sistem. Sistem akan membaca informasi dari *buffer* dan tetap melakukan proses *download file*, sehingga proses *streaming* tetap berlangsung.

2.3.1 Arsitektur *Streaming*

Media streaming terdiri dari *streaming video* dan *streaming audio*. *Streaming* menunjukkan transmisi satu arah dari server ke *client*. Pada sisi *client*, data masuk ke *buffer* sebelum mulai dikirim ke layar, sehingga terdapat *delay* pada pengiriman data paket.

Arsitektur Media *Streaming* umumnya terdiri dari :

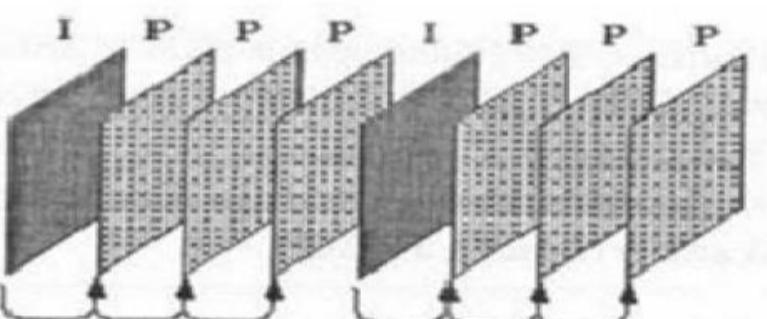
1. *Capture* dan *encoding*
2. Pelayanan oleh *server* (*Serving*)
3. Distribusi pengiriman
4. *Media Player*

Capture dan *encoding* adalah proses pengambilan data *audio video* dari *microphone* dan kamera serta memprosesnya menjadi sebuah *file* yang terkompresi. *File* ini akan disimpan pada *server* penyimpan data yang mempunyai *software* khusus untuk bisa mengontrol pengiriman data di-*stream* secara *real time*. Pada proses *serving*, *file* yang telah di-*encode*-kan di kirim ke *server* untuk didistribusikan melalui jaringan. *Server* pada *streaming* yang berbasis web, memiliki dua fungsi pokok, pertama sebagai *web server*, *web server* ini

berfungsi untuk mengatur komunikasi antara *client* dengan *server streaming*. Kedua berfungsi untuk mengontrol pengiriman data *stream* melalui jaringan. Jaringan distribusi menghubungkan antara *server* dengan *video player*. Proses ini akan melibatkan banyak interkoneksi jaringan dan buffer pada *server*. Koneksi jaringan bisa berasal dari jaringan *local area network* (LAN) menuju jaringan internet. *Video player* biasanya sebagai tambahan (*plug-in*) pada web browser, yang berfungsi untuk menerima data *stream* dan melakukan dekompresi kembali ke format *audio video* semula, dimana data tersebut agar bisa dijalankan di komputer.

2.3.2 Parameter Kualitas Video streaming

Dalam *streaming* ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi kualitas *video streaming* yaitu *Frame size*, *Bit rate*, *Frame rate* dan *Sample rate*. Keempat parameter tersebut sangat penting pada sebuah *streaming*. *Frame size* adalah ukuran *Gambar* dalam *pixels* dan merupakan gabungan dari tinggi dan lebar. Ukuran yang biasa digunakan dalam *streaming* adalah 320x240 (biasa disebut QVGA), 176x144, 169x120. Pemilihan ukuran *Gambar* berhubungan dengan kebutuhan *bandwidth* yang diperlukan. *Bit rate* merupakan jumlah informasi, atau detail yang disimpan per unit waktu dalam suatu rekaman *file*, terlebih pada *video* dan *audio*. *Bit rate* dapat tergantung pada frekuensi sampel, jenis *encoding*. Semakin tinggi *bit-rate* maka akan semakin banyak informasi data videonya. Oleh karena itu, *Gambar* akan menjadi semakin baik kedalamannya warnanya. *Frame rate video* adalah jumlah bingkai *Gambar* atau *frame* yang ditunjukkan setiap detik dalam membuat *Gambar* bergerak, diwujudkan dalam satuan *fps* (*frames per second*), semakin tinggi angka *fps* maka semakin halus *Gambar* yang dihasilkan atau digerakkan, akan tetapi hal ini membuat ukuran *file* menjadi lebih besar.



Gambar 2.3 Gambar Bergerak

Sumber : Auserberry (2004:368)





Sample rate adalah jumlah *sample* per *second* dari *file audio* yang diukur dalam *kilohertz*. *Sample rate* yang lebih tinggi akan menghasilkan suara yang lebih baik. Hal ini di gambarkan dengan frekuensi yang tinggi tapi akan menyebabkan ukuran *file* lebih besar. Normalnya, suara diambil *sample* nya pada 44,1 KHz. Ketika *sample* suara tersebut di-*encoding* untuk menaikkan atau menurunkan *rate* nya maka beberapa noise bisa saja terjadi. *Transcoding* adalah proses pengubahan suatu format kompresi media ke format lainnya dalam sebuah paket data tepat sebelum paket tersebut ditransmisikan. Proses ini berlangsung secara kontinyu selama transmisi berjalan.

2.3.3 Protokol *Video streaming*

Protokol adalah sebuah peraturan yang ditetapkan dan diterapkan suatu teknologi tertentu. Pada teknologi *streaming*, terdapat protokol yang memang khusus diciptakan untuk mengeksekusi proses *streaming* berupa konten *video/audio*. Pada teknologi *streaming*, layer-layer mode OSI yang berperan sebagai penunjang antara dua perangkat ataupun banyak perangkat terdapat pada *Application Layer*, *Presentation Layer*, *Session layer* dan *Transport Layer*. Penjelasan secara ringkas tersebut terdapat tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Fungsi Kerja Layer Pada Video Streaming

Layer	Fungsi
<i>Application Layer</i>	Antarmuka <i>user</i> berkomunikasi pada jaringan <i>stream</i>
<i>Presentation Layer</i>	Menerjemahkan konten <i>video/audio</i> kedalam format yang dapat dibaca oleh mesin
<i>Session layer</i>	Mengatur koneksi <i>streaming</i> baik Saat mulai maupun akhir
<i>Transport Layer</i>	Membawa data <i>stream</i> dari satu device ke device lain

Sumber : Salkintzis A (2005:146)

Biasanya koneksi pada jaringan internet menggunakan TCP (*Transport Control Protokol*) sebagai protokolnya. Namun hal ini secara umum tidak berlaku kepada teknologi *streaming*. Protokol yang lazim digunakan pada teknologi *streaming* adalah UDP (*User Datagram Protokol*). UDP tidak membutuhkan proses *acknowledgment* saat komunikasi

antar device dibangun. Karenanya UDP mampu mentransfer data lebih cepat dibanding TCP.

Pada *streaming* berupa *video/audio*, protokol yang dipakai adalah RTP (*Real-Time Transport Protokol*). RTP bekerja di atas UDP. RTP memiliki fungsi untuk mentransmisikan bit-bit *video/audio*.

2.4 Quality of Service

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan sebuah jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan kapasitas jaringan, untuk mengatas/melihat adanya *delay*, *troughtput*, dan *packet loss*. *Quality of Service* (QoS) dirancang untuk membantu pengguna/client menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa pengguna mendapatkan kinerja yang maksimal dari aplikasi-aplikasi yang berbasis jaringan. QoS mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui penggunaan teknologi yang berbeda-beda. QoS merupakan suatu tantangan yang besar dalam jaringan berbasis IP dan internet secara keseluruhan (Langi, 2011).

Kualitas atau layanan QoS adalah kemampuan sebuah jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik bagi trafik. QoS bukan merupakan sebuah feature yang dimiliki oleh jaringan dan sistem arsitektur end-to-end. QoS suatu network merujuk keandalan dan kecepatan penyampaian berbagai jenis beban data didalam suatu komunikasi. Terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat keandalan dan kecepatan suatu jaringan yang diantaranya *delay*, *packet loss*, dan *troughtput* (Rahayu, 2013).

2.5 Parameter-parameter dari *Quality of Service*

QoS memiliki beberapa parameter, berikut ini adalah parameter-parameter yang digunakan:

2.5.1 Packet Loss

Packet loss adalah jumlah paket data yang hilang saat proses transmisi terjadi. *Packet loss* dapat disebabkan oleh sejumlah faktor, mencakup penurunan signal dalam media jaringan, melebihi batas saturasi jaringan, paket yang *corrupt* yang menolak untuk transit, dan kesalahan keras jaringan. Tabel 2.2 memperlihatkan standar tingkat paket hilang pada jaringan:



Tabel 2. 2 Standar Tingkat Paket Hilang Berdasarkan ITU-T-G1010

Tingkat Paket Hilang	Kualitas
0 – 5 %	Baik
5 – 10 %	Cukup
> 10 %	Buruk

Sumber: ITU-T.G.1010, 2002

Probabilitas *packet loss* merupakan banyaknya kemungkinan paket yang diterima mengalami kesalahan pada sisi penerima. Probabilitas *packet loss video streaming* pada suatu jaringan ditentukan berdasarkan pada probabilitas *packet loss* pada jaringan tersebut serta probabilitas *packet loss video streaming* yang berbasis protokol UDP/RTP/IP ditunjukkan pada Persamaan (2-1).

Probabilitas packet loss dalam persen dirumuskan dalam persen dirumuskan pada Persamaan (2-1).

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Packet Terkirim} - \text{Packet Diterima}}{\text{Packet Terkirim}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (2-1)$$

Keterangan :

Paket terkirim: Total UDP paket yang terkirim

Packet diterima : Paket yang berhasil diterima

2.5.2 Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket dari sumber menuju ke tujuan (ujung ke ujung). Berdasarkan ITU G.114 membagi karakteristik waktu tunda berdasarkan tingkat kenyamanan *user*, dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3:

Tabel 2. 3 Pengelompokan Delay Berdasarkan ITU-T G.114

Waktu tunda (ms)	Kualitas
0-150	Baik
150-300	Cukup, masih dapat diterima
>300	Buruk

Sumber: ITU-T G.114, 2000



Dalam jaringan berbasis *packet switching*, *delay* yang terjadi merupakan penjumlahan

delay yang ada dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuannya pada setiap hop. Waktu tunda pengiriman paket data pada jaringan dirumuskan seperti dalam Persamaan (2-2).

Keterangan :

Duration = total waktu pengiriman paket dari server menuju client.

Total paket = total paket yang dikirim

2.5.3 Throughput

Throughput adalah jumlah rata-rata paket yang sukses diterima atau dikirimkan oleh saluran penerima atau pemancar per detik. *Throughput* merupakan salah satu parameter yang menunjukkan kinerja dari suatu sistem komunikasi data. *Throughput* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-3).

Berikut adalah persamaan untuk menghitung throughput dengan waktu transmisi paket data, Simbol α merupakan konstanta propagasi.

Simbol α merupakan konstanta propagasi dengan persamaan sebagai berikut :

Keterangan :

α = Konstanta propagasi

t_{prop} = Delay propagasi (sekon)

τ_t = Delay transmisi (sekon)

λ_{max} Universitas Brawijaya \equiv Throughput maksimal (byte per sekon)

Universitas Binaan Jakarta

Beberapa faktor yang menentukan nilai throughput adalah :

1. Piranti jaringan.
 2. Tipe data yang dikirim.
 3. Banyaknya pengguna jaringan
 4. Spesifikasi komputer *server* dan *client*.

2.6 Definisi alamat *Internet Protocol*

Alamat *internet protocol* (IP) terdiri atas 32 angka (bit), pada umumnya ditulis dalam notasi *dotted-decimal*. *Decimal* merupakan istilah yang berasal dari setiap byte (8 bit) pada 32 bit alamat IP yang dikonvensi kedalam decimal. Dari keempat angka decimal yang dihasilkan tertulis didalam urutan, dengan “dots” atau titik yang memisahkannya dinamakan *dotted-decimal*. Setiap angka decimal pada alamat IP disebut octet. Istilah octet digunakan secara umum buka byte. Ukuran angka decimal disetiap octet berkisar antara 0 hingga 255 (Odom, 2004).

2.6.1 Jenis Alamat

Pada tulisan memorandum yang ditulis oleh insinyur dan ilmuwan computer tentang metode, perilaku, penelitian, atau inovasi yang berlaku untuk kinerja internet dan sistem yang tersambung ke internet (RFC 790) mendefinisikan protokol IP, termasuk beberapa perbedaan kelas dari sebuah jaringan. IP didefinisikan kedalam tiga bagian kelas jaringan yang berbeda yaitu A, B, dan C, yang digunakan oleh host.

2.6.2 Kelas IPv4

Setiap jaringan kelas A, B, dan C mempunyai perbedaan ukuran sebagai identifikasi jaringan:

1. Kelas A adalah alamat jaringan yang mempunyai panjang 1 byte untuk jaringan. 3 bytes sisanya untuk bagian host
2. Kelas B adalah alamat jaringan yang mempunyai panjang 2 bytes untuk jaringan, 2 bytes sisanya untuk bagian host
- Kelas C adalah alamat jaringan yang mempunyai panjang 3 bytes untuk jaringan, 1 byte sisanya untuk host.

2.7 User Diagram Protocol

UDP menyediakan layanan aplikasi untuk saling bertukar pesan. Tidak seperti TCP, UDP merupakan *connectionless*, *no reliability*, *no windowing*, dan tanpa melakukan penataan kembali data yang diterima, akan tetapi UDP memberikan beberapa fungsi dari TCP, seperti pengiriman data, segmentasi, dan multiplexing yang menggunakan angka port, dan juga melakukan dengan byte lebih sedikit dari yang disediakan dan sedikit pemrosesan.

Multiplexing pada UDP akan menggunakan angka port untuk identitas sama seperti pada TCP, satu-satunya perbedaan dalam soket UDP bahwa sebagai gantinya menunjuk seperti halnya protocol transport pada TCP, UDP adalah protocol transport. Suatu aplikasi dapat



membuka identitas angka port pada host yang sama namun menggunakan TCP dalam dalam

satu kasus dan disisi lain menggunakan UTP itu jarang terjadi, tapi hal tersebut tentu diperbolehkan. Jika suatu layanan tertentu mendukung transport UDP atau TCP, akan menggunakan nilai port yang sama angka port TCP dan UDP.

Data transfer UDP berbeda dengan data transfer pada TCP bahwa tidak ada penataan kembali. Penggunaan aplikasi UDP mentoleransi terjadinya kehilangan data atau mempunyai suatu mekanisme untuk mendapatkan kembali data yang hilang.

UDP mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan TCP dengan tidak adanya *acknowledgment* dan *sequence*. Keuntungan yang paling jelas dari UDP adalah memiliki lebih sedikit byte dari yang disediakan. Tidak jelas seperti sebenarnya UDP tidak perlu menunggu atau menahan data dimemori hingga setelah acknowledgment. Dengan demikian aplikasi UDP tidak diperlambat dengan proses *acknowledgment* dan memorinya terbatas sehingga lebih cepat (Odom, 2004).

2.8 Network Monitoring

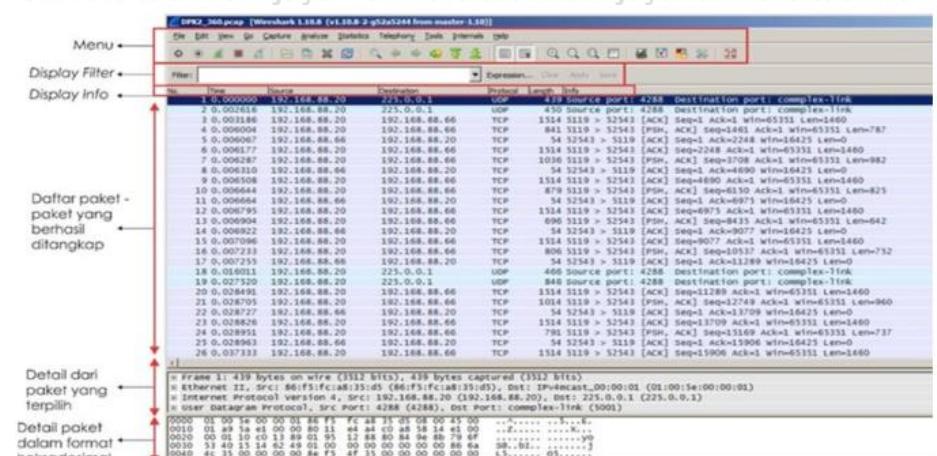
Monitoring jaringan yang dibutuhkan untuk melakukan pengawasan pada jaringan yang dilakukan, agar jaringan tersebut selalu terkontrol dan apabila terputus dapat diketahui langsung oleh user. Pada skripsi ini software yang digunakan untuk monitoring jaringan dengan menggunakan Wireshark.

2.8.1 Wireshark

Wireshark adalah aplikasi gratis yang dapat menangkap paket-paket jaringan (*sniffing*) pada sisi *client* yang berguna untuk menampilkan informasi secara detail pada paket tersebut (Cahyaningtyas, 2013). Fungsi utamanya adalah membantu administrator jaringan dalam menganalisis kinerja jaringan dan protokol yang terkandung didalamnya. Wireshark bekerja pada *Application layer*. Wireshark mempunyai banyak fitur dan kelebihan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi Wireshark bersifat *open source* untuk menganalisis paket jaringan.
2. Mampu menangkap paket data secara langsung dari sebuah *network interface*.
3. Mampu menampilkan informasi secara detail mengenai hasil *capture* pada sebuah jaringan.
4. Mampu menampilkan hasil statistika dari hasil *capture* pada sebuah jaringan.
5. Tersedia untuk Linux dan Windows.





Gambar 2. 4 Tampilan wireshark yang sedang meng-capture paket pada suatu jaringan

Sumber : Perancangan

1. Menu : Menu-menu yang tersedia di Wireshark
2. Display Filter : Sebuah kolom yang dapat diisi dengan sintaks-sintaks untuk membatasi paket-paket apa saja yang akan ditampilkan pada list paket.
3. Daftar Paket : Menampilkan paket-paket yang berhasil ditangkap oleh Aplikasi Wireshark, berurutan dari paket pertama yang ditangkap, dan seterusnya.
4. Detail Paket : Menampilkan detail paket yang terpilih pada daftar paket.
5. Detail Heksa : Menampilkan detail paket yang terpilih yang ditampilkan dalam bentuk heksa

Pada daftar bagian daftar Paket, terdapat kolom-kolom seperti berikut ini:

1. Time : Menampilkan waktu saat paket-paket tersebut ditangkap.
2. Source : Menampilkan alamat IP sumber dari paket data tersebut.
3. Destination : Menampilkan alamat IP tujuan dari paket data tersebut.
4. Protocol : Menampilkan protokol yang digunakan pada sebuah paket data.
5. Info : Menampilkan informasi secara detail tentang paket data tersebut.

2.9 Layanan RTSP dan RTP

Real time transmission protocol (RTP) merupakan protokol standar internet untuk pengiriman data *real time*, termasuk *audio* dan *video*. Protokol ini dapat digunakan untuk *media on demand* dan juga layanan interaktif seperti telepon internet. RTP telah dikembangkan oleh *Internet Engineering Task Force* (IETF) dan digunakan secara luas.

Sebenarnya standar RTP mendefinisikan sepasang protokol yaitu RTP dan *real time transport control protocol* (RTCP).

RTP digunakan untuk pertukaran data multimedia, selama RTCP mengontrol sebagian dan digunakan secara *periodic* termasuk mengontrol *feedback* informasi mengenai kualitas transmisi yang berhubungan dengan *data flow*. RTP berjalan di atas protokol UDP/IP namun upaya yang dilakukan membuatnya menjadi *transport independence* sehingga hal tersebut seharusnya digunakan di atas protokol lain. RTP yang berhubungan dengan RTCP menggunakan *port transport layer* secara berturut-turut, ketika digunakan pada UDP.

Internet merupakan sebuah sistem yang terdiri atas komputer-komputer yang didesain untuk dapat berbagi sumber daya, berkomunikasi, dan dapat mengakses informasi.

Tujuannya agar setiap bagian dari jaringan komputer dapat meminta dan memberikan layanan. Ada beberapa layanan untuk media pengiriman seperti *real time streaming protocol*

Seperti yang telah dideskripsikan oleh RFC 2326, pada layer aplikasi protokol RTSP memungkinkan untuk mengontrol melalui data yang dikirimkan dengan realtime dari sebuah IP. Termasuk seperti mengontrol *pausing playback*, memposisikan *playback*, mempercepat atau mengembalikan *playback*. RTSP bukan bertipe mengirimkan media secara terus menerus, meskipun demikian RTSP menyisipkan media *streaming* secara terus menerus.

RTSP adalah protokol presentasi multimedia antar *client* dan *server*. Sehingga tidak ada *notion* pada koneksi RTSP. Sebagai gantinya, server mengelola identifikasi sesi label.

Pada sesi RTSP protokol transport tidak terikat. Selama sesi RTSP terjadi, RTSP client akan membuka dan menutup agar koneksi pada *transport reliable* untuk *request* RTSP kepada *server*. Hal tersebut mungkin sebagai alternatifnya menggunakan protokol *transport connectionless* seperti UDP.

RTSP didesain untuk bekerja dengan protokol tingkat dasar seperti *real time protocol* (RTP) atau *resource reservation protocol* (RSVP) untuk memberikan servis streaming secara komplit pada internet. Hal tersebut berarti untuk memilih kanal pengiriman (seperti UDP, *multicast* UDP dan TCP), dan mekanisme pengiriman berdasarkan RTP. Pesan RTSP dikirimkan melalui pita media streaming. RTSP bekerja untuk *multicast audience* yang besar seperti halnya *single viewer unicast* (Durresi, 2005).



3.1 Umum

Metode penelitian adalah strategi umum yang dianut dalam pengumpulan dan analisis data yang diperlukan pada penelitian ini, guna menjawab persoalan yang dihadapi. Metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah studi literatur, percobaan, dan analisis.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dalam skripsi ini meliputi studi literatur dan skripsi sebelumnya yang berhubungan dengan mikrotik. Dengan cara tersebut peneliti dapat mengumpulkan dan mendapatkan data-data, informasi, konsep yang berkaitan dari jurnal, buku-buku kuliah dan refensi dari internet yang berkaitan dengan permasalahan. Permasalahannya antara lain QoS, mikrotik, *bridge*, dan topologi. Teori dan informasi yang telah diperoleh merupakan pendukung untuk melakukan langkah selanjutnya yang berhubungan dengan implementasi *bridge* pada mikrotik dan topologi yang digunakan.

Dalam pengujian pada skripsi ini, menggunakan parameter *Quality of Service* (QoS) antara lain *delay*, *packet loss*, dan *troughput*. *Delay* digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan saat pentransmisian data dari sumber ke tujuan pengiriman. *Troughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu dan yang terakhir adalah *packet loss* yang merupakan paket data yang hilang saat pengiriman.

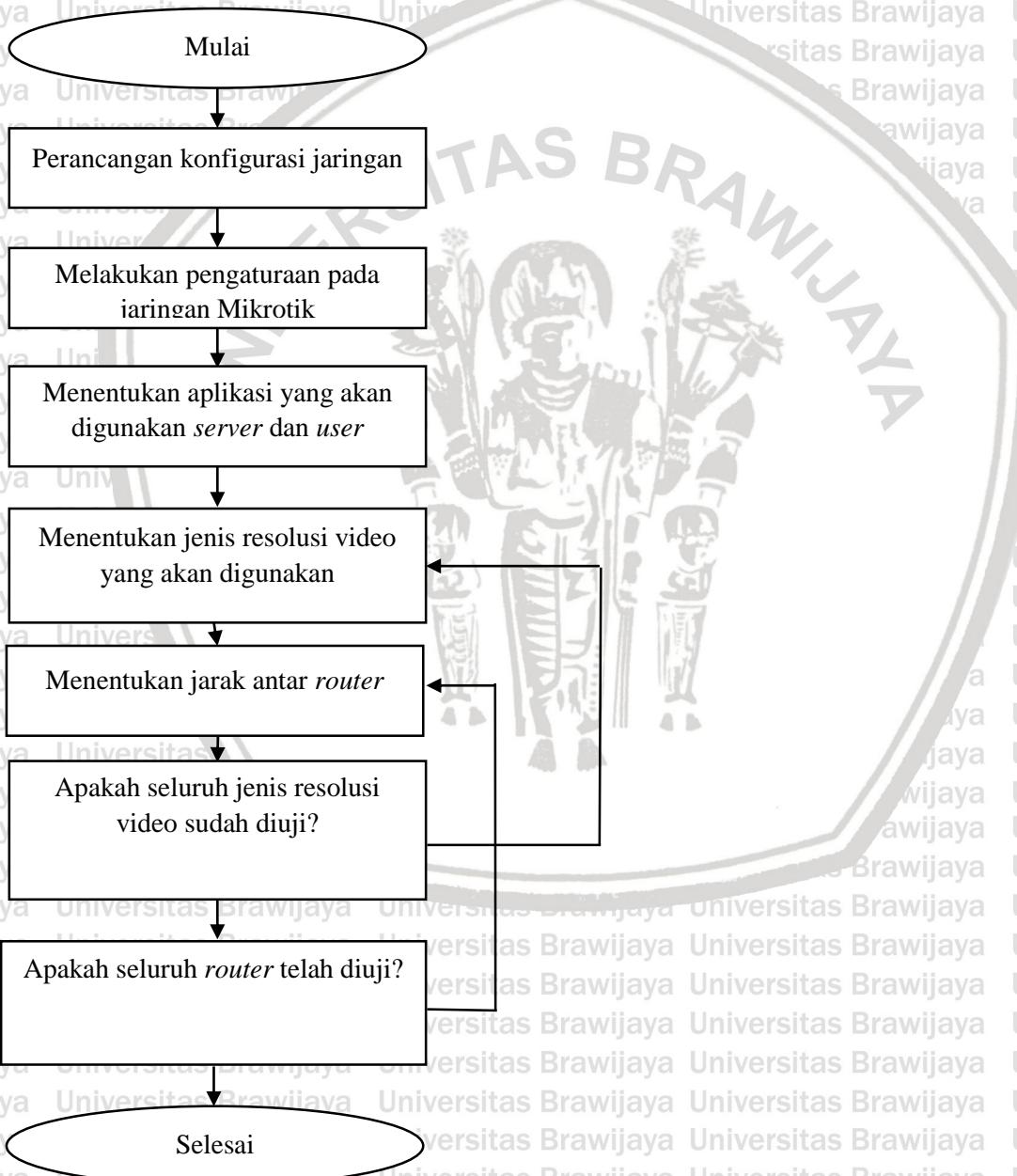
3.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahapan awal untuk menyelesaikan penelitian dan mendapatkan data yang diinginkan. Pada tahap ini akan dilakukan konfigurasi alat dan setting keseluruhan komponen, diantaranya yaitu menyamakan IP address dan MAC address modem dan tiap *client* kepada Mikrotik menggunakan Winbox. Kemudian dilakukan setting mode *bridge* pada Mikrotik. Terakhir, dilakukan *ping* untuk mengetahui bahwa seluruh komponen telah berhasil terhubung.

3.4 Analisis Kebutuhan

Prosedur analisis yang dilakukan adalah mencari tahu sebab akibat dari suatu permasalahan. Masalah tersebut dapat berupa perbedaan *QoS* kedua topologi yang kemudian akan dianalisis sebab dan akibatnya. Prosedur ini masih berhubungan dengan prosedur percobaan dengan literatur. Sehingga, masalah pada kedua prosedur tersebut akan dianalisis untuk menemukan sumber permasalahannya.

3.5 Prosedur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Sumber : Perancangan

Prosedur ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang akan dilakukan untuk membangun sistem ini, serta langkah-langkah apa saja yang akan dilakukan untuk menguji sistem tersebut. Berikut merupakan prosedur penelitian.

Dari gambar 3.1 dapat diketahui bahwa ada proses pengumpulan data dan parameter dimana meliputi mencari data video, informasi tentang mikrotik, QoS, *bridging* pada mikrotik, mencari besaran data video dan besaran *bandwidth* yang akan dipakai, dan menentukan parameter analisis yang akan diteliti. Setelah itu mendesain dan pembuatan topologi yang diinginkan dimana meliputi menentukan dua topologi untuk jaringan *bridging*, menentukan jumlah *router* yang akan dipakai, dan menentukan *server* dan *client*. Setelah mendapatkan desain dan topologi yang diinginkan masuk kedalam konfigurasi sistem dimana meliputi konfigurasi *bridging* pada mikrotik dan pengaturan *bandwidth* pada mikrotik, instalasi wireshark pada PC *server* dan PC *client*. Setelah konfigurasi sistem telah dilakukan proses berikutnya adalah menjalankan sistem dimana dilakukan *streaming video* melalui jaringan *wireless* antara *server* dan *client*. Setelah sistem dijalankan proses berikutnya adalah mengolah data dari data yang telah didapatkan dimana meliputi *monitoring data* menggunakan wireshark, pengolahan data menggunakan rumus parameter *QoS* pada Ms. Excel. Setelah itu bagian terakhir adalah pengujian sistem dan *plotting* dimana meliputi menganalisis data dari hasil pengujian dan membuat hasil *plotting* dari analisis pengujian data berupa grafik.

3.5.1 Pengumpulan Data dan Parameter Penelitian

Dalam tahap ini akan dilakukan pengumpulan data yang akan digunakan untuk melakukan pengujian. Terdapat beberapa data video yang akan digunakan dalam pengujian sistem. Data-data tersebut didapatkan pada saat pencarian di *internet* kemudian di-*download*.

Ada 3 jenis video dengan ukuran berbeda-beda antara lain 480, 720, dan 1080. Sedangkan *bandwidth* yang dipakai adalah 6 Mbps.

Selanjutnya adalah mencari informasi tentang mikrotik. Informasi tentang fitur-fitur Mikrotik yang mendukung dengan penelitian ini. Fitur yang digunakan adalah *wireless*, *bridge* yang di-*setting* didalam mikrotik, dan pengaturan *bandwidth*. Mencari *router* mikrotik yang dapat mendukung fitur tersebut. Fitur tersebut terdapat pada router RB 941 dan RB 951.

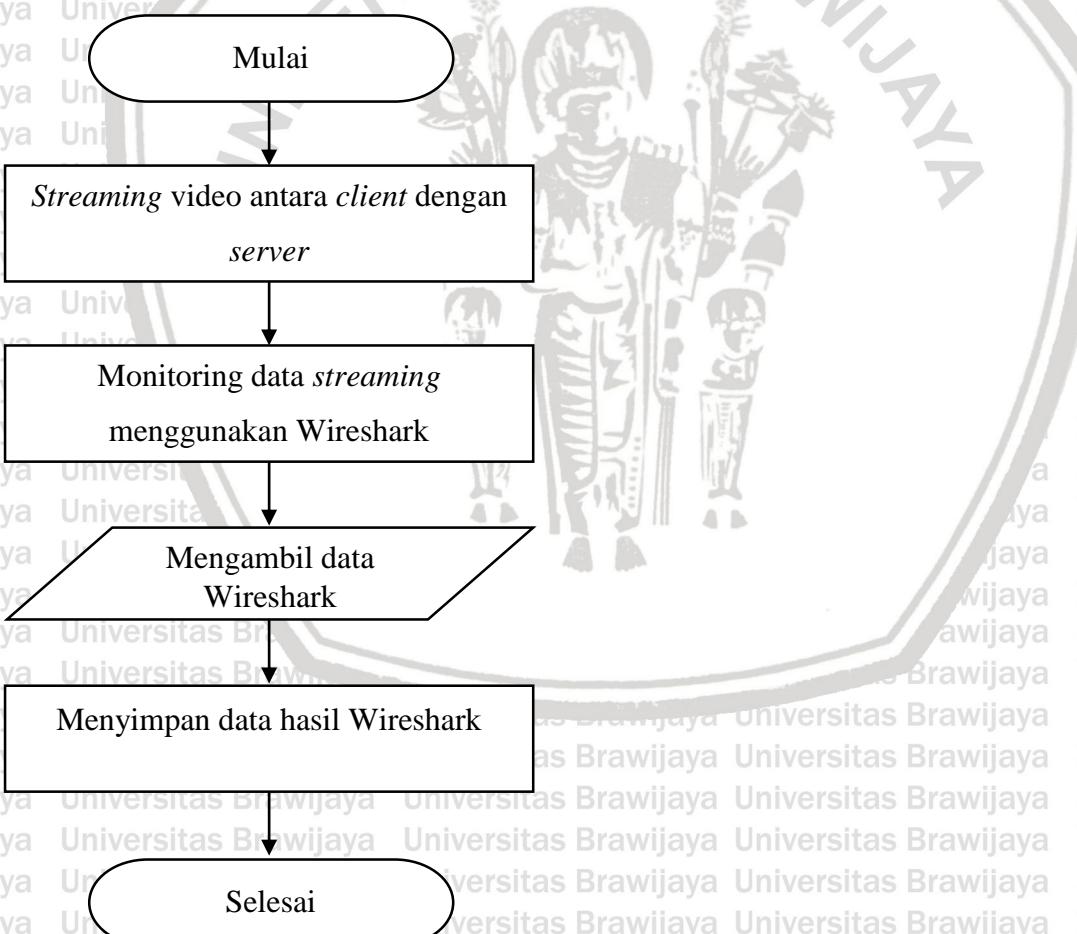
Parameter *QoS* yang dibutuhkan untuk penelitian antara lain *latency (delay)*, *throughput* dan *packet loss*. *Latency*, atau *delay* digunakan untuk mengukur waktu transmisi yang dibutuhkan dari sumber ke tujuan. *Troughput* merupakan jumlah total kedatangan paket

yang diamati pada *destination* selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval

waktu. *Packet loss* merupakan paket data yang hilang pada saat pengiriman. Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui kualitas unjuk kerja jaringan *wireless* berbasis mikrotik.

Ketiga video tersebut akan dikirimkan dengan *bandwidth* yang berbeda menggunakan aplikasi pemutar video yang mendukung protocol UDP dengan *port RTSP* (berjalan pada protocol RTP) kemudian data dikirimkan dari *server* ke *client*. Kemudian PC *server* dan *client* menjalankan aplikasi *Wireshark*. *Wireshark* akan diset agar me-*monitoring* paket data UDP dan hasil *monitoring* tersebut akan dilakukan pada *server* dan *client*. Setelah itu hasil dari *monitoring* tersebut akan diolah untuk mendapatkan nilai dari *latency* (*delay*), *throughput*, dan *packet loss*.

3.5.2 Proses Monitoring dan Pengambilan Data



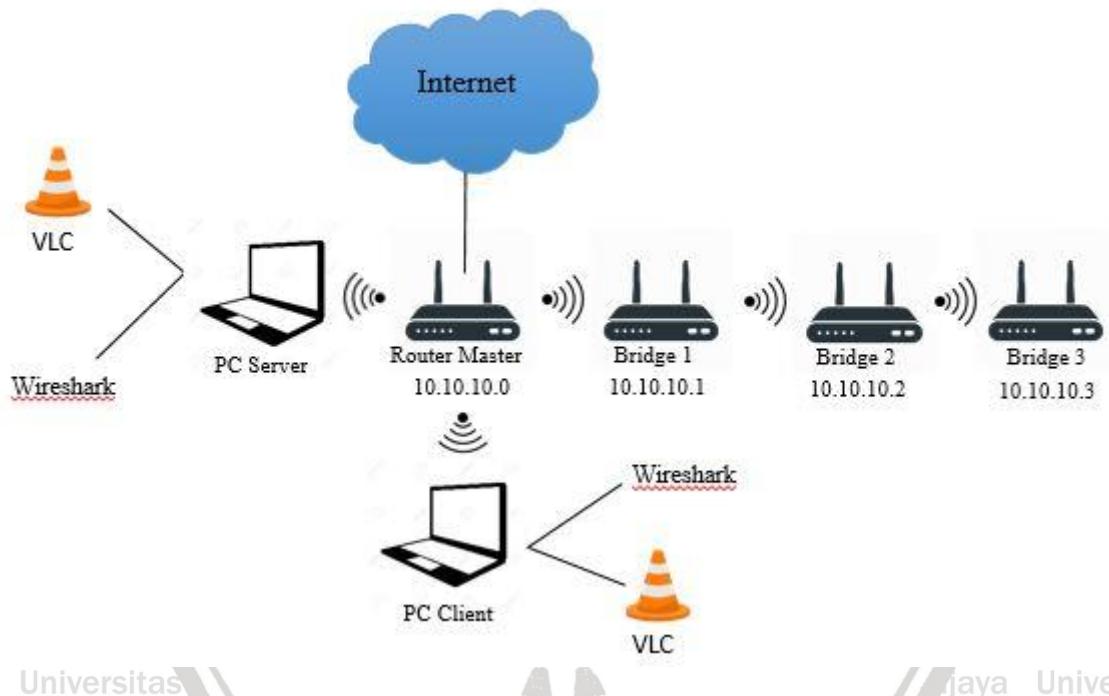
Gambar 3. 2 Diagram Alir Proses Pengambilan Data

Sumber : Perancangan

Pada gambar 3.2 dapat dilihat bahwa dari PC *server* akan melakukan *streaming* video dari *server* ke *client*. Proses *streaming* ini menggunakan aplikasi VLC kemudian data dikirimkan melalui jaringan *wireless* antar router Mikrotik yang telah diatur sebagai *Bridge* sebelum data dikirim, aktifkan Wireshark pada laptop *server* dan *client* yang akan memonitor pengiriman paket. Saat *streaming* dimulai secara otomatis Wireshark akan menangkap lalulintas data. Hasil lalulintas data yang terekam Wireshark merupakan data mentah yang disimpan untuk diolah menjadi informasi.

3.5.3 Konfigurasi Sistem

Berikut adalah konfigurasi sistem yang akan digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 3. 3 Konfigurasi Sistem Jaringan Bridge

Sumber : Perancangan

Router server adalah Mikrotik yang di-set sebagai *access point* menggunakan *software* Winbox dan disambungkan menggunakan ke internet menggunakan kabel, sedangkan *bridge 1*, *bridge 2*, dan *bridge 3* merupakan Mikrotik yang di-set sebagai *bridge*. *bridge 1* dikoneksikan ke *router server*, *bridge 2* dikoneksikan ke *bridge 1*, dan *bridge 3* dikoneksikan ke *bridge 2*, seluruhnya terkoneksi secara *wireless*.

Video yang digunakan berupa 3 buah video klip musik berformat mp4 dengan file size masing-masing sebesar 20.4 MB untuk 480p, 38.3 MB untuk 720p, dan 91.6 untuk 1080p yang ditransmisikan menggunakan VLC *Media Player* dan diakses oleh sebuah user. Pada





sisi server akan mentransmisikan video *live streaming*. Pada *user* akan mengakses *streaming* dari *server* dan juga mengambil data pengujian menggunakan wireshark.

3.5.4 Menjalankan Sistem

Pada uji koneksi ini akan dicoba pengiriman paket untuk mengetahui dan memastikan bahwa jaringan telah terhubung. Pengujian tersebut dilakukan per-router. Jika semua sudah terhubung berikutnya adalah mencoba mengirimkan paket antara PC *server* dan PC *client*.

3.5.5 Pengolahan Data

Pada pengolahan data ini adalah mengambil data dari hasil *streaming* antar PC. Data tersebut diperoleh dengan menggunakan aplikasi Wireshark. Pada proses *streaming*, PC *client* dan PC *server* menjalankan aplikasi VLC kemudian menyiapkan video yang akan di-*streaming*-kan. Sebelum melakukan proses *streaming*, dilakukan konfigurasi *bandwidth* setiap *router* dan menjalankan aplikasi Wireshark pada *server* dan *client* untuk memantau jalannya proses *streaming*. Setelah proses *streaming* selesai, hasil pantau dari Wireshark akan difilter RTP agar hanya terlihat paket dengan protocol RTP kemudian akan dianalisis menggunakan parameter QoS.

4.1 Umum

Pada bab ini akan membahas analisis dan hasil terhadap *throughput*, *packet loss* dan *delay* layanan *live streaming* pada jaringan *wireless* berbasis Mikrotik *Bridge* dengan menggunakan variasi jumlah user beserta 3 resolusi yang berbeda. Beberapa tahapan pembahasan analisis yang dilakukan antara lain:

1. Konfigurasi jaringan *wireless* berbasis mikrotik *bridge* antara *client* dengan *server*.
2. Melakukan pengambilan data pengujian yang meliputi parameter *throughput*, *packet loss* dan *delay* dengan variasi berupa jumlah user berbeda serta 3 resolusi berbeda.
3. Pengambilan kesimpulan.

4.2 Konfigurasi Jaringan

Konfigurasi jaringan pada penelitian ini menggunakan konfigurasi jaringan *wireless* berbasis Mikrotik *bridge* yang menggunakan manajemen *bandwidth* pada Laboratorium Telekomunikasi Universitas Brawijaya. Beberapa tahapan yang dilakukan meliputi: perancangan blok diagram, instalasi perangkat keras maupun perangkat lunak pada sisi *client* dan *server*, pengujian koneksi antara *client* dan *server* dan pengujian layanan *live streaming*.

4.2.1 Perancangan Perangkat Keras

Konfigurasi jaringan *wireless* berbasis Mikrotik *bridge* dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Universitas Brawijaya dengan luas ruangan sebesar 100 m². Untuk mengetahui kualitas layanan *live streaming*, pada penelitian ini mengubah variasi jumlah user yang digunakan oleh *server* berupa 1 *client*, 2 *client*, dan 3 *client* dengan ketiga resolusi yang berbeda yaitu 480p, 720p, dan 1080p. Pada penelitian ini pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk mengambil nilai rata-rata pengujian.

Fungsi dari masing-masing komponen yang terdapat pada penelitian akan diuraikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kegunaan Perangkat Keras

No.	Jenis Perangkat Keras	Fungsi
1.	Mikrotik RB951Ui-2HnD	Penyedia layanan (<i>live streaming</i>)
2.	Switch	Konfigurator jaringan
3.	Kabel Ethernet	Menghubungkan perangkat dengan Mikrotik
4.	Laptop Server	Menerima <i>files</i> dan menjalankan layanan <i>live streaming</i>
5.	Laptop Client	Menghubungkan <i>Subscriber Station</i> (SS) dengan <i>transport site</i>

Dalam penelitian ini akan digunakan beberapa perangkat dengan spesifikasi tertentu agar sistem dapat berjalan dengan baik. Berikut merupakan spesifikasi yang digunakan :

a. Mikrotik RB951Ui-2HnD

Mikrotik RB951Ui-2HnD adalah satu dari seri *Wireless RouterBoard* keluaran MikroTik yang berfungsi sebagai *Router* sekaligus *Access Point* (AP) yang dirancang khusus untuk SOHO (Small Office Home Office). Produk ini memiliki fungsi *output PoE* pada *port Ether 5*, artinya dapat memberikan daya PoE kepada perangkat PoE lain dengan voltase yang sama. Spesifikasi Mikrotik tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Spesifikasi Mikrotik RB951Ui-2HnD

Spesifikasi	Keterangan
CPU	Atheros AR9344 600MHz CPU
Memori	128MB DDR Onboard memory
Ethernet	5 independent 10/100 port Ethernet
LED	Power, aktivitas NAND, LED 5 Ethernet, LED aktivitas wireless
Power In	8-30V DC pada Ether1 (non 802.3af). Jack 8-30V DC
Power Out	PoE pasif pada port 5
Dimensi	113x138x29 mm
Berat	Tanpa PSU dan kemasan: 232 g. Dengan kemasan: 420 g
Temperatur	Ketika beroperasi -20°C...+50°C
Sistem Operasi	Mikrotik RouterOS, lisensi level 4
Isi Kemasan	RouterBoard dalam casing plastic, power adaptor 24V 0.8A
Antena	2x2 MIMO PIF antennas, max gain 2.5dBi





Wireless	802.11 b/g/n
-----------------	--------------

b. Laptop Server

Laptop *server* menggunakan HP 1000 Notebook PC. Spesifikasi laptop yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Spesifikasi Laptop HP 1000 Notebook.

Spesifikasi	Keterangan
<i>Processor</i>	AMD A4-330MX APU
RAM	2 GB DDR3
Sistem Operasi	Windows 7 Enterprise 64 bit
Media Penyimpanan	500GB 5400 rpm SATA
VGA	Radeon™ HD Graphics 2.30 GHz
Jaringan	Terintegrasi 802.11 b/g/n

c. Laptop Client

Laptop *Client* yang digunakan sebanyak 3 laptop. Berikut adalah laptop yang digunakan sebagai *client*

1. ASUS X550JX

Dalam penelitian ini laptop yang difungsikan sebagai *client* adalah ASUS X550JX sebanyak 1 buah. Spesifikasi Laptop ASUS X550JX ditampilkan pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Spesifikasi Laptop X550JX

Spesifikasi	Keterangan
<i>Processor</i>	Intel® Core™ i5-7200U CPU @2.50GHz
RAM	4 GB DDR4
Sistem Operasi	Windows 10 Pro 64-bit (10.0, Build 16299)
Media Penyimpanan	1 TB HDD
VGA	NVIDIA GeForce 930MX
Jaringan	Terintegrasi 802.11 a/b/g/n

2. Laptop Macbook Pro

Dalam penelitian ini laptop yang difungsikan sebagai *server* pada saat proses *streaming* adalah MacBook Pro. Spesifikasi laptop ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Spesifikasi Laptop Macbook Pro

Spesifikasi	Keterangan
Processor	Intel® Core™ 2 Duo 2.53 GHz
RAM	4 GB 1067 MHz DDR3
Sistem Operasi	OS X El Capitan Version 10.11.6
Media Penyimpanan	SSD 512 GB
VGA	NVIDIA GeForce 9400M
Jaringan	Terintegrasi 802.11 a/b/g/n

3. Laptop Acer TravelMate P243

Dalam penelitian ini laptop yang difungsikan sebagai *server* pada saat proses *streaming* adalah Acer TravelMate P243. Spesifikasi laptop ditampilkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Spesifikasi Laptop Acer TravelMate P243

Spesifikasi	Keterangan
Processor	Intel® Core™ i3-2370M 2.40 GHz
RAM	4 GB DDR3
Sistem Operasi	Windows 10 Pro 64-bit (10.0, Build 17134)
Media Penyimpanan	500 GB HDD
VGA	Intel® HD Graphics 3000
Jaringan	Terintegrasi 802.11 b/g/n

d. Kabel UTP (*Untwisted Pair*)

Kabel UTP yang digunakan memiliki tipe *straight* dengan merk BELDEN Cat, kabel ini berfungsi sebagai penghubung perangkat *SS* ke *client*. Spesifikasi kabel UTP ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Spesifikasi Kabel UTP

Spesifikasi	Keterangan
Panjang	80 m
Impedansi Karakteristik	100 Ohm +/- 15%
Kecepatan Propagasi	0.64c
Delay Propagasi	4.8-5.3 ns/m
Kapasitansi, Induktansi	52 pF/m, 525 nH/m
Diameter Kabel	0.51054 mm
Temperatur Kerja	-55°C ~ 60°C



4.2.2 Pengaturan Perangkat

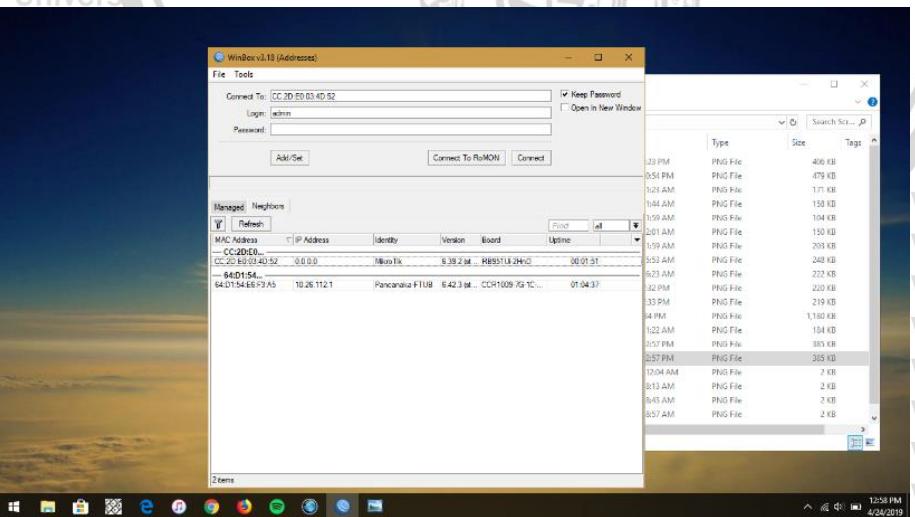
Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah instalasi dan pengaturan perangkat. Pengaturan perangkat akan dilakukan sesuai dengan diagram blok konfigurasi sehingga dapat berfungsi sesuai yang diinginkan. Pengaturan perangkat meliputi perangkat lunak (*software*) dan keras (*hardware*).

4.2.2.1 Pengaturan perangkat pada sisi server

Dalam pengaturan perangkat keras, akan digunakan sebuah Mikrotik RB951Ui-2HnD dan laptop *server*, masing masing perangkat keras akan dihubungkan dengan *media fisik* berupa kabel UTP.

Untuk pengaturan Mikrotik, langkah awal yang dilakukan yaitu menghubungkan Mikrotik dengan laptop menggunakan kabel *Ethernet* yang dihubungkan pada *port 2* mikrotik. Lalu menghubungkan Mikrotik dengan *switch* yang terdapat di Laboratorium Telekomunikasi menggunakan kabel *ethernet* pada *port 1* mikrotik. Langkah-langkah pengaturan adalah sebagai berikut:

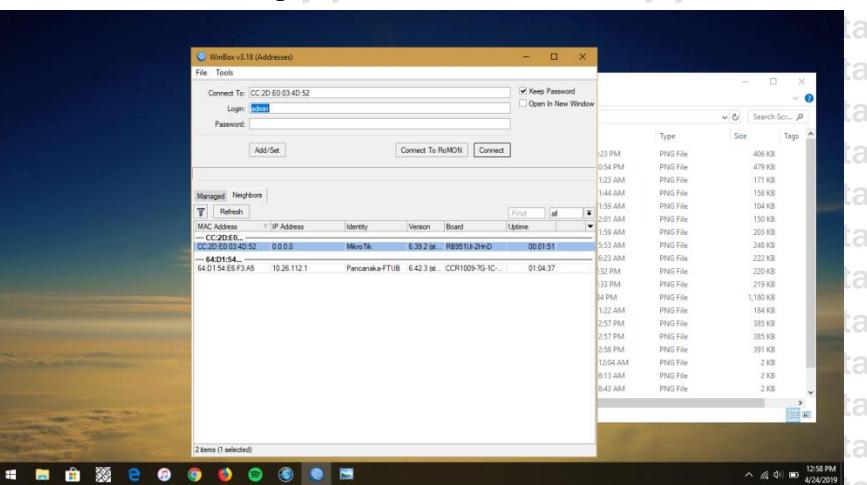
1. Pasang kabel *Ethernet* dari *router* Laboratorium Telekomunikasi pada *port 1* Mikrotik1 agar mendapatkan koneksi internet
2. Pasang kabel *Ethernet* pada *port 2* Mikrotik1, hubungkan ke laptop untuk melakukan konfigurasi.
3. Buka *software Winbox*



Gambar 4. 1 Tampilan awal Winbox

Sumber : Perancangan

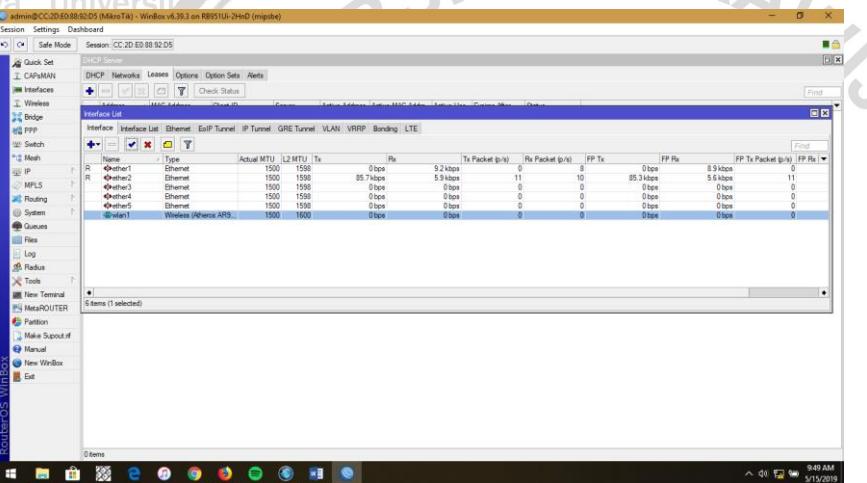
4. Lakukan koneksi pada Mikrotik1



Gambar 4. 2 Lakukan koneksi ke Mikrotik RB951Ui-2HnD

Sumber : Perancangan

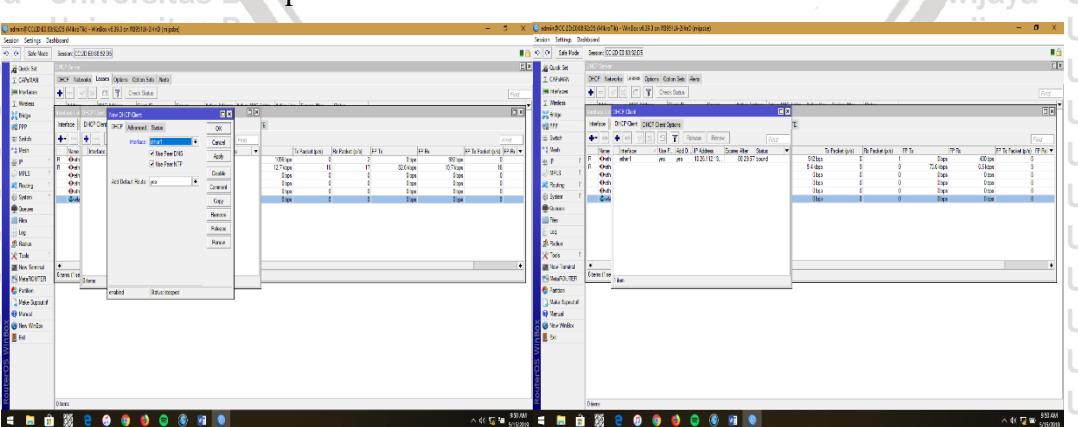
5. Aktifkan *interface wireless* (wlan1) pada Mikrotik1.



Gambar 4. 3 Interface Mikrotik1

Sumber : Perancangan

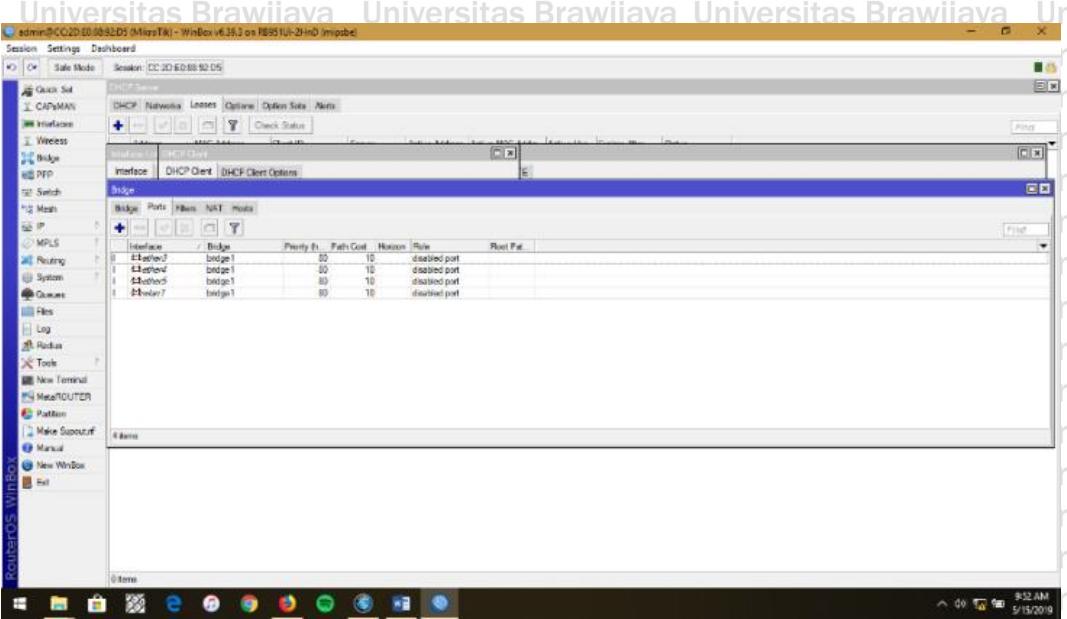
6. Beri DHCP client pada ether1.



Gambar 4. 4 DHCP Client

Sumber : Perancangan

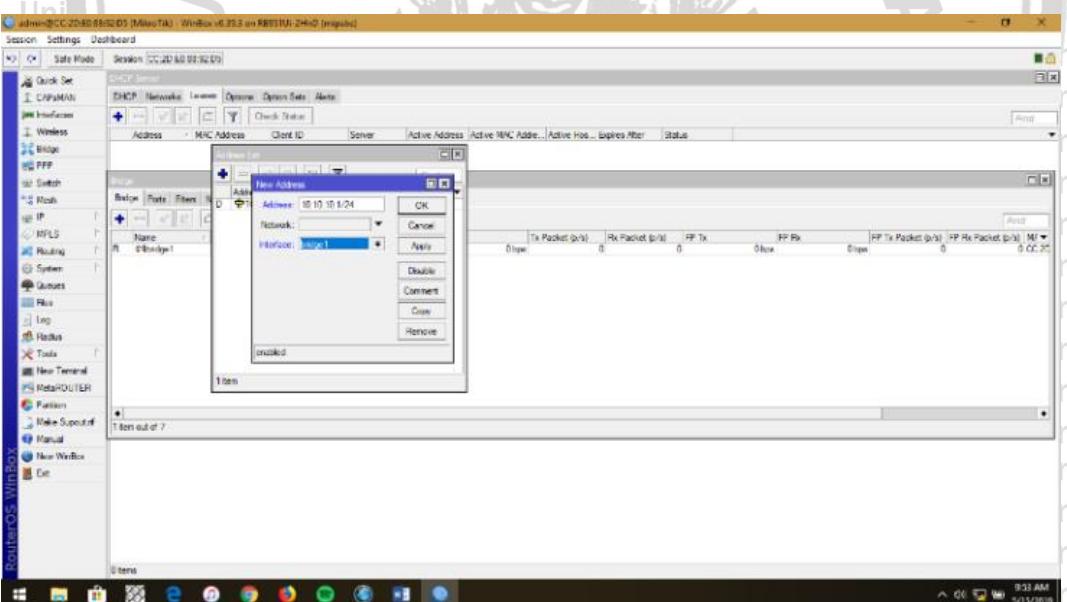
7. Buat bridge. Interface yang terhubung antara lain *ether3*, *ether4*, *ether5*, dan *wlan1*.



Gambar 4. 5 Membuat bridge pada Mikrotik1.

Sumber : Perancangan

8. Beri IP Address 10.10.10.1/24 pada *bridge1*

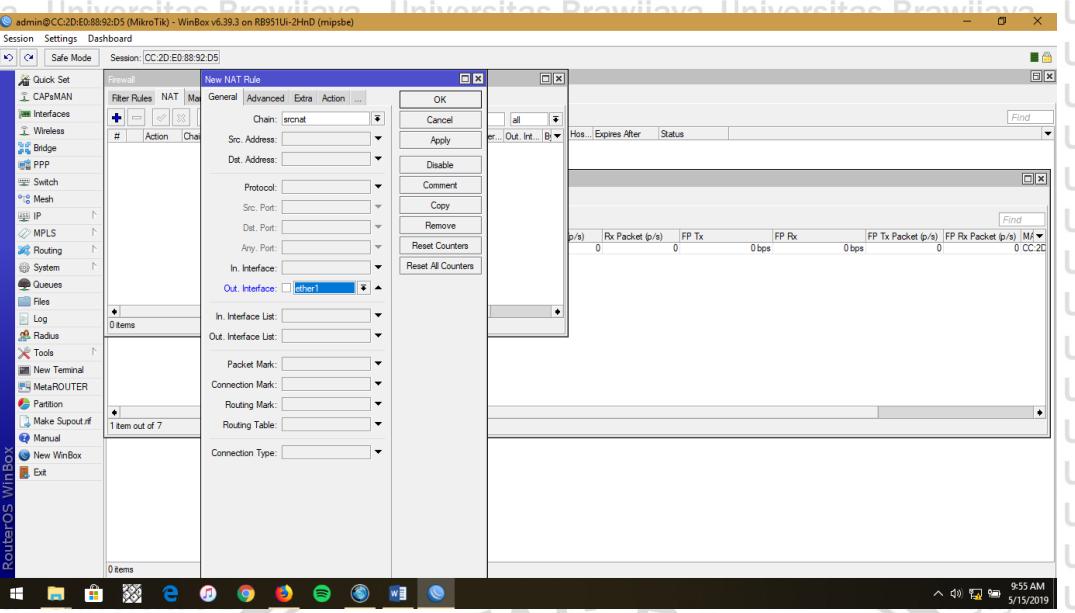


Gambar 4. 6 IP Address bridge1.

Sumber : Perancangan

9. Atur NAT pada Menu *Firewall* dengan *out Interface ether1*. Lalu pilih *Masquerade* pada kolom *Action*.

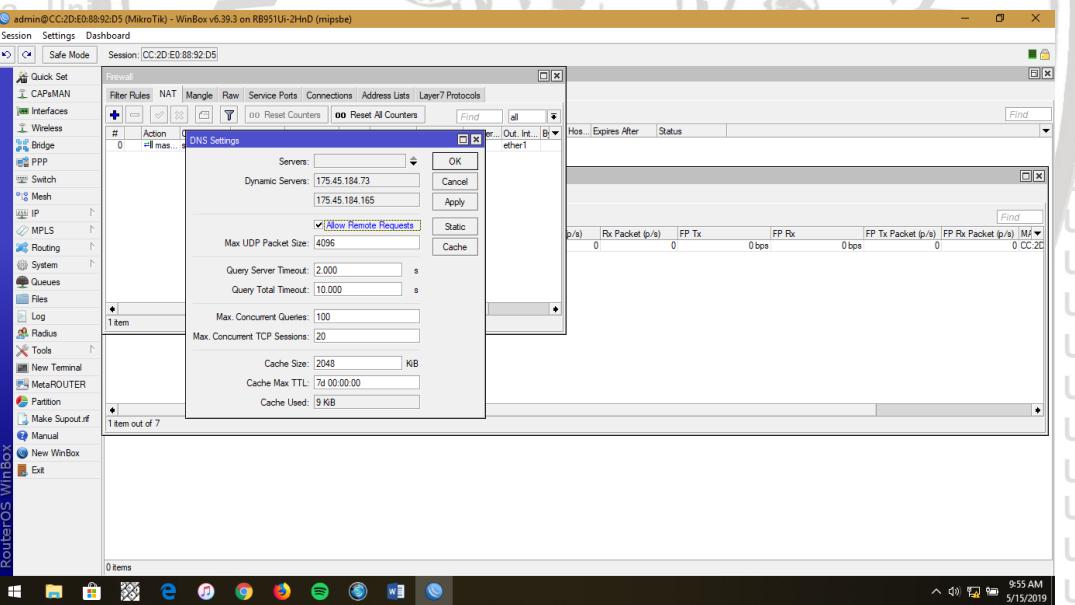
30



Gambar 4. 7 NAT Rules untuk Mikrotik1

Sumber : Perancangan

10. Selanjutnya, DNS otomatis didapatkan dari ISP. Lalu aktifkan *Allow Remote Requests* pada bagian DNS Settings.

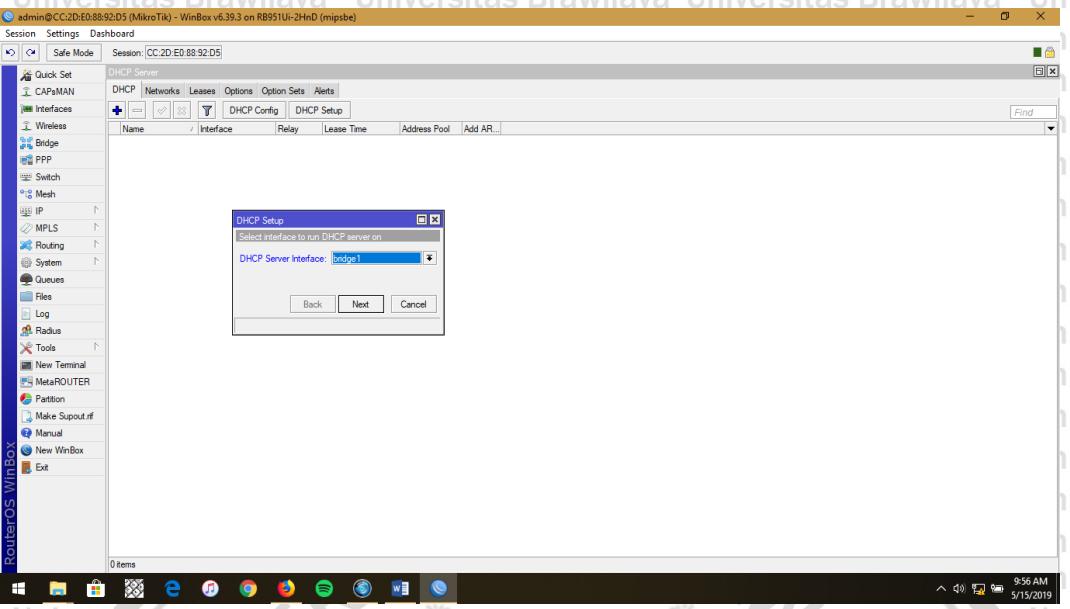


Gambar 4. 8 DNS Settings

Sumber : Perancangan



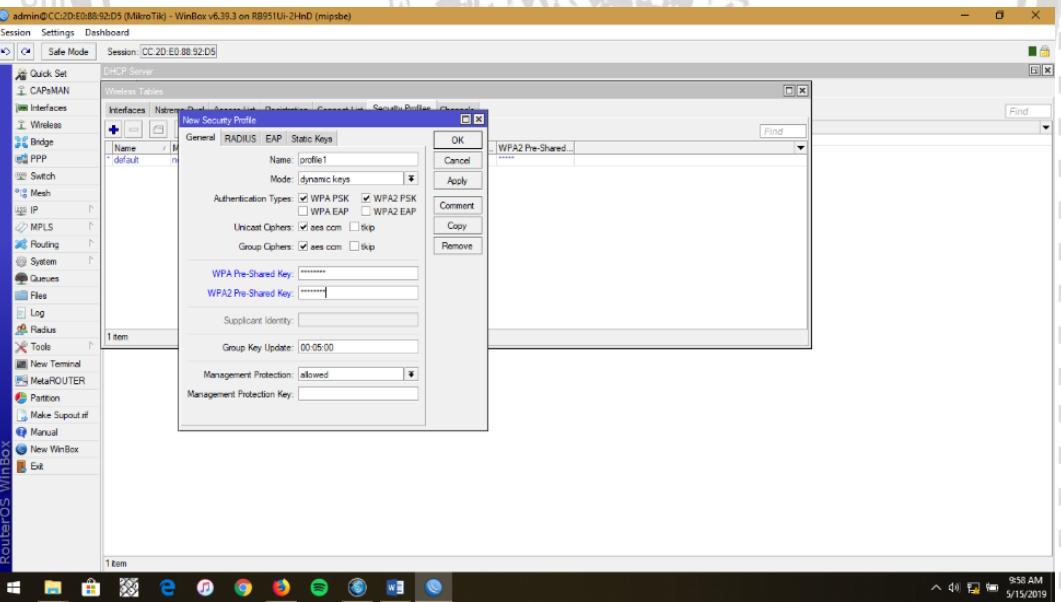
11. Atur DHCP Server pada *Interface bridge1* sehingga *client* pada *ether3, ether4, ether5, wlan1* otomatis mendapatkan IP Address dari *bridge1*.



Gambar 4. 9 DHCP Configuration

Sumber : Perancangan

12. Buat *security profile* dengan memasukkan *password* yang diinginkan pada *Access Point* yang nanti akan dibuat. *Password* yang digunakan adalah 12345678.

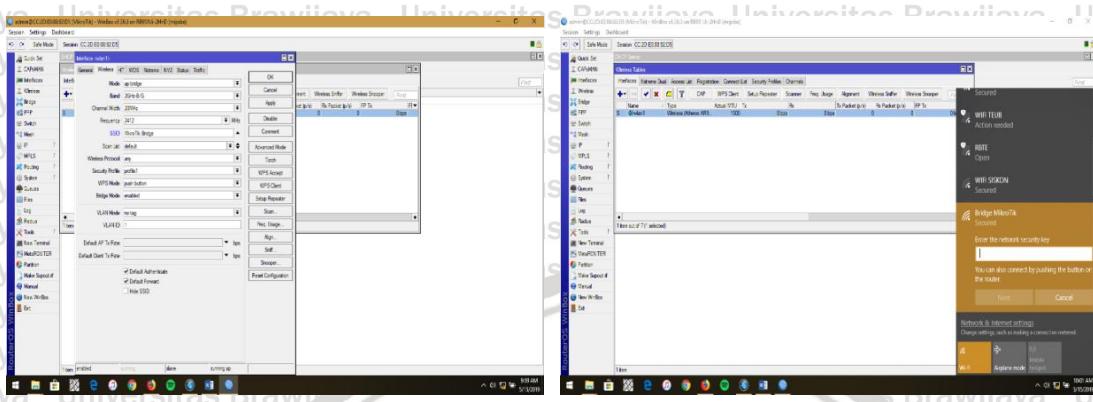


Gambar 4. 10 Membuat security profiles

Sumber : Perancangan

13. Buat Access Point Bridge pada interface wlan1. Penulis memberi nama SSID yaitu

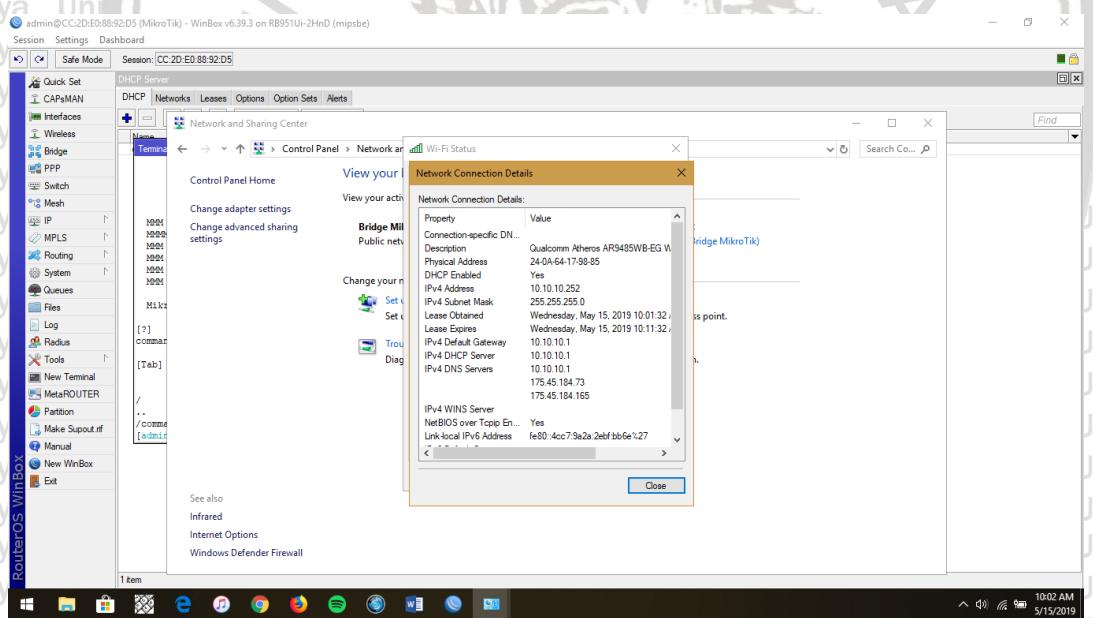
Bridge Mikrotik. Untuk security profile yang digunakan adalah profile1 yang sudah dibuat sebelumnya.



Gambar 4. 11 Membuat Access Point

Sumber : Perancangan

14. Lakukan koneksi pada Access Point yang sudah dibuat. Setelah terkoneksi ke Access Point “Bridge Mikrotik”, akan didapatkan IP Address sebagai berikut

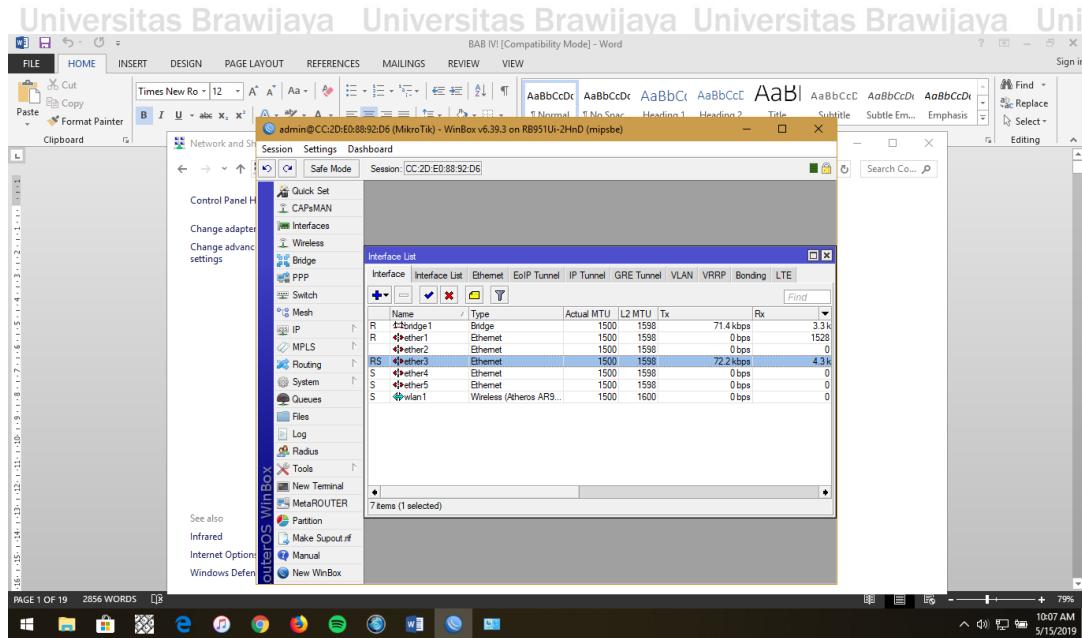


Gambar 4. 12 Tes Koneksi ke AP “Bridge Mikrotik”

Sumber : Perancangan



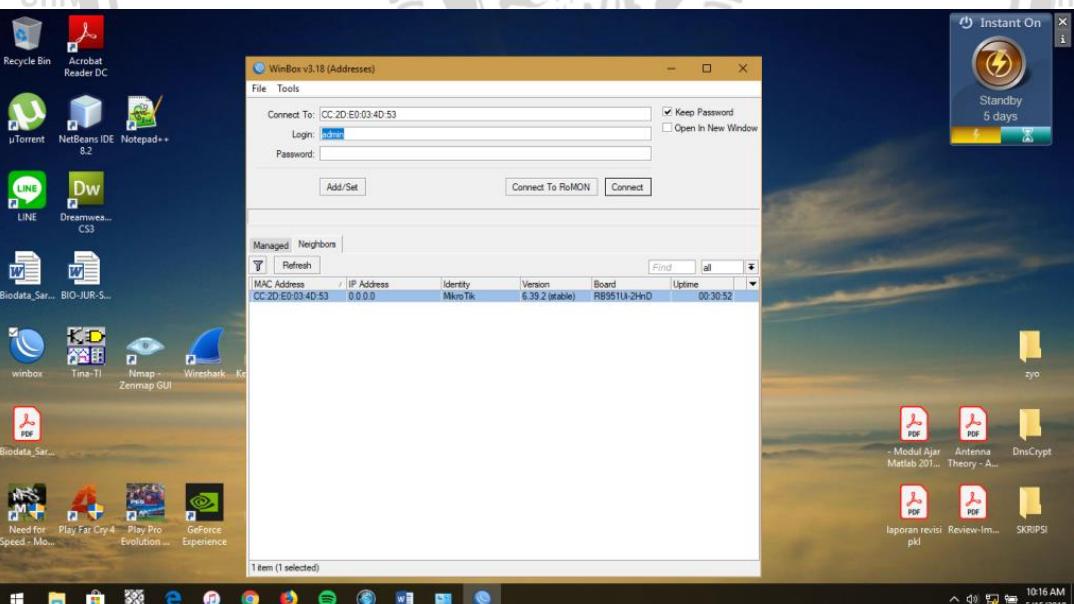
15. *Interface list* pada Mikrotik1 adalah sebagai berikut



Gambar 4. 13 Tampilan interface list Mikrotik1

Sumber : Perancangan

16. Hubungkan kabel *Ethernet* yang sudah terhubung dari Mikrotik2 ke Laptop *server* untuk melakukan konfigurasi. Lakukan koneksi terhadap Mikrotik2 menggunakan *software Winbox*.

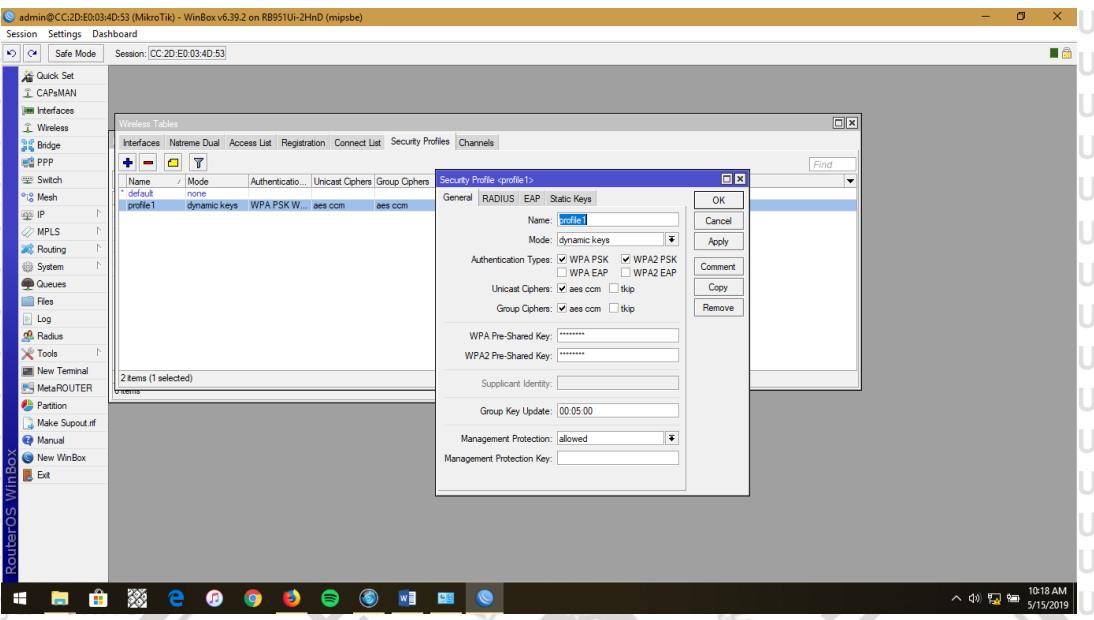


Gambar 4. 14 Menghubungkan Mikrotik2 ke Laptop Server

Sumber : Perancangan

34

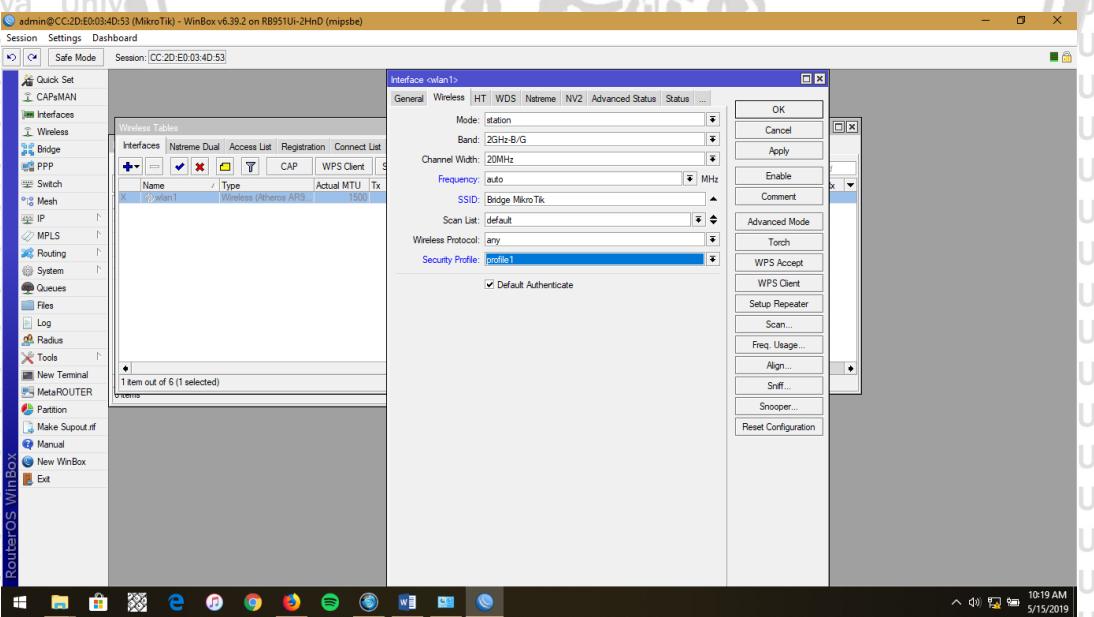
17. Buat *security profile* pada tab *Wireless*. *Password* yang digunakan j sama dengan *password* pada *security profile* Mikrotik1 yaitu 12345678.



Gambar 4. 15 Buat security profile untuk Mikrotik2

Sumber : Perancangan

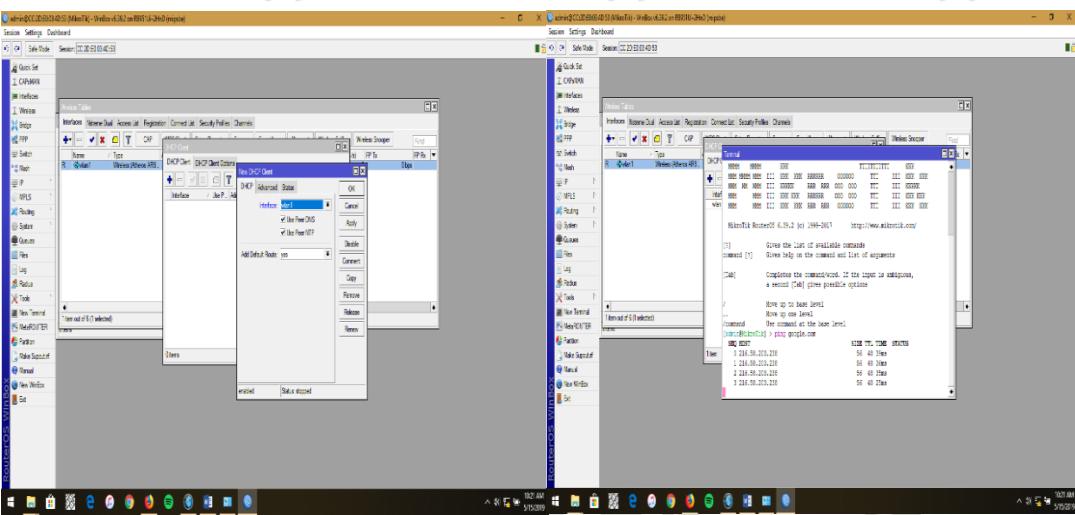
18. Pada *interface wlan1* diatur menjadi *mode station*, *frequency auto*, *SSID* sama dengan *Access Point bridge wlan1* yang telah dibuat pada Mikrotik1, dan gunakan *security profile* profile1.



Gambar 4. 16 Mengatur interface wlan1

Sumber : Perancangan

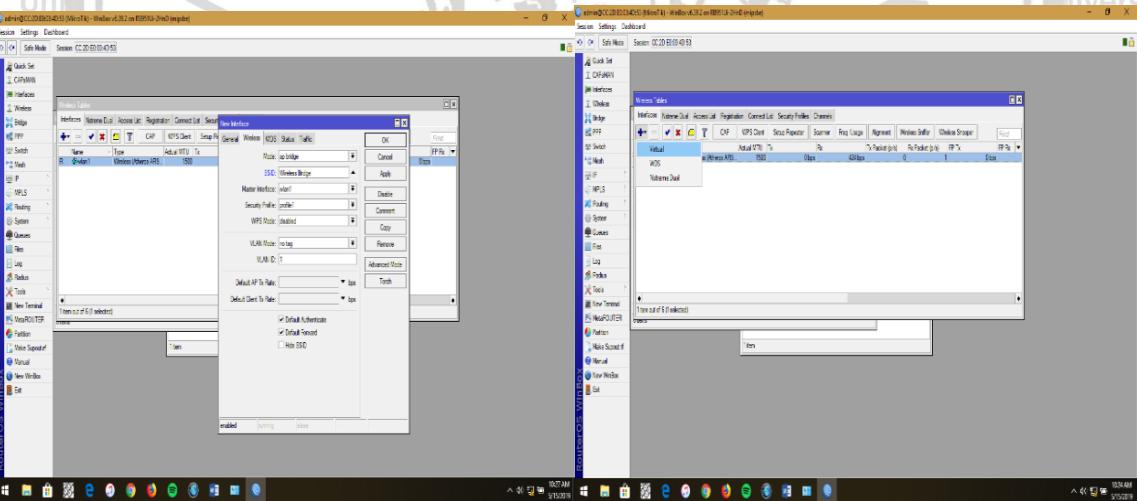
19. Buat DHCP Client pada *interface wlan1*, lakukan pengecekan koneksi internet dengan cara *ping* ke *server google.com*



Gambar 4. 17 Membuat DHCP client pada interface wlan1 pada Mikrotik2

Sumber : Perancangan

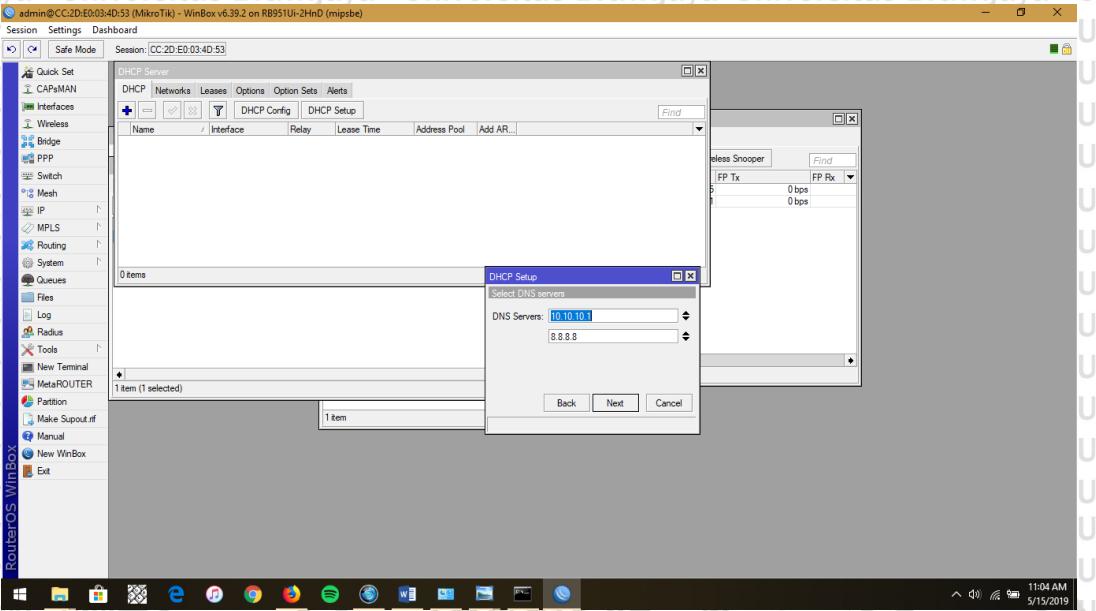
20. Buat *wireless virtual* dengan mode *AP Bridge*. Beri SSID dengan nama “*Wireless Bridge*”.



Gambar 4. 18 Membuat wireless virtual

Sumber : Perancangan

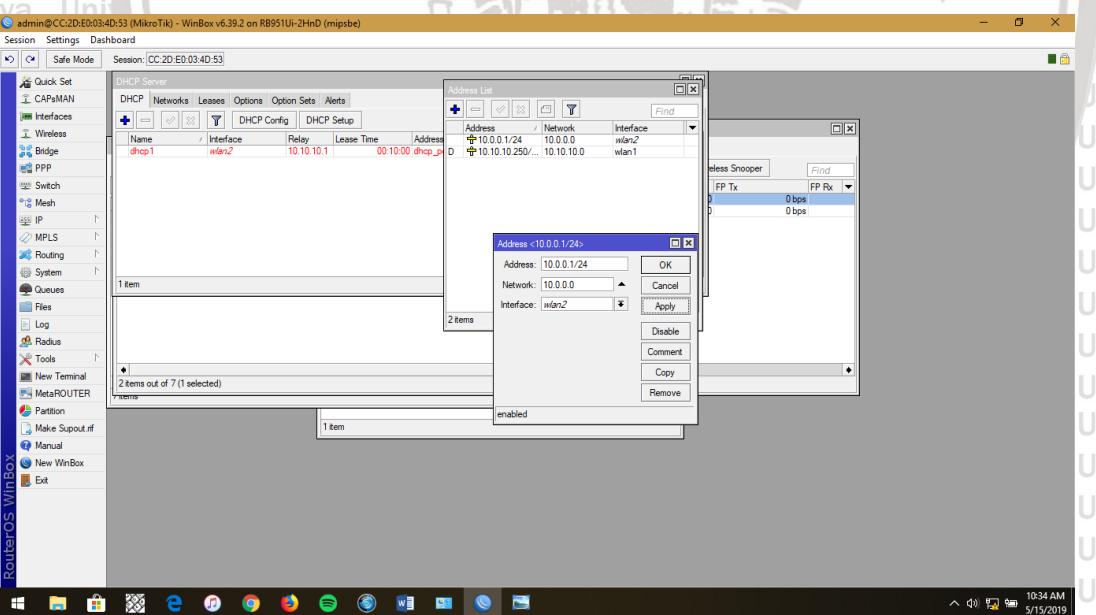
21. Atur DHCP server interface wlan2, masukkan IP Address 10.0.0.1/24 dengan Network Address 10.0.0.0. Untuk DNS server yang digunakan antara lain 10.10.10.1 (IP Address bridge1) dan 8.8.8.8 (google.com)



Gambar 4. 19 Mengatur DHCP server wlan2

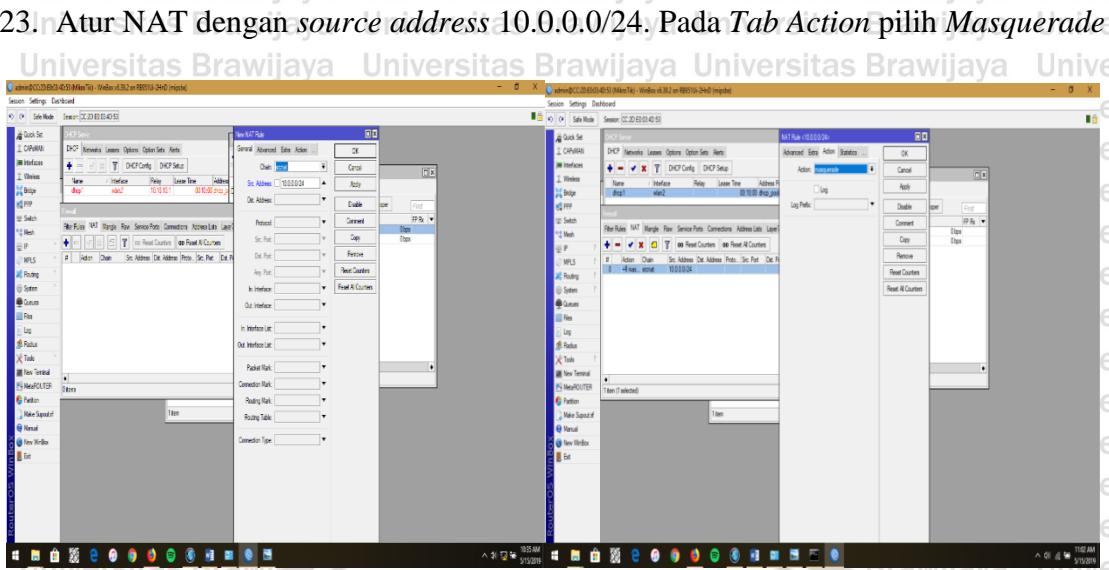
Sumber : Perancangan

22. Masukkan IP Address wlan2 10.0.0.1/24



Gambar 4. 20 Memberi IP Address pada wlan2

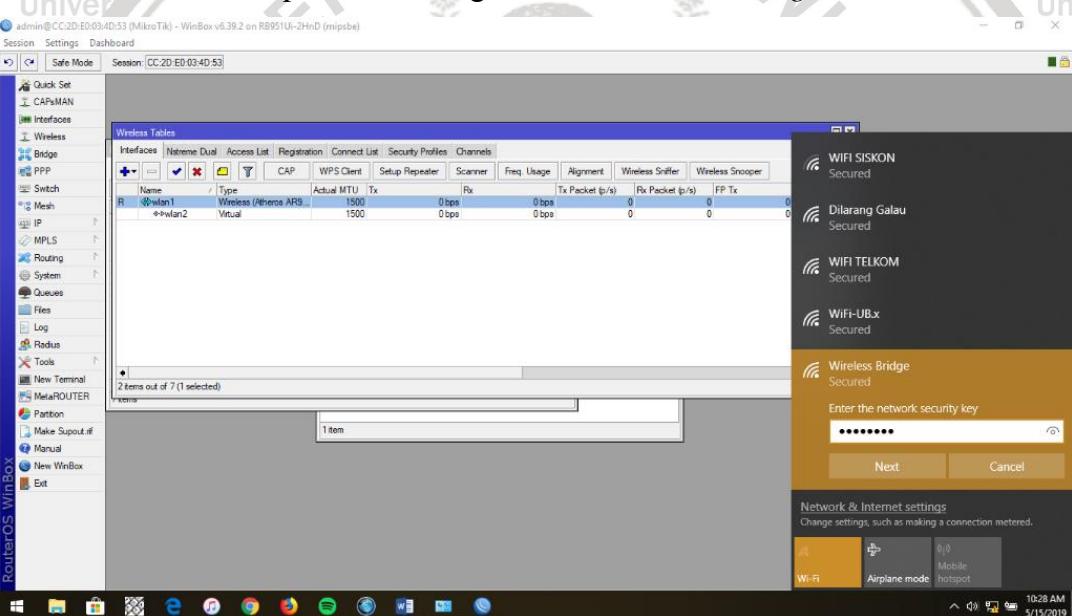
Sumber : Perancangan



Gambar 4. 21 Mengatur NAT Rules pada Mikrotik2

Sumber : Perancangan

24. Lakukan koneksi pada WiFi dengan SSID “Wireless Bridge”



Gambar 4. 22 Melakukan koneksi pada Access Point “Wireless Bridge”

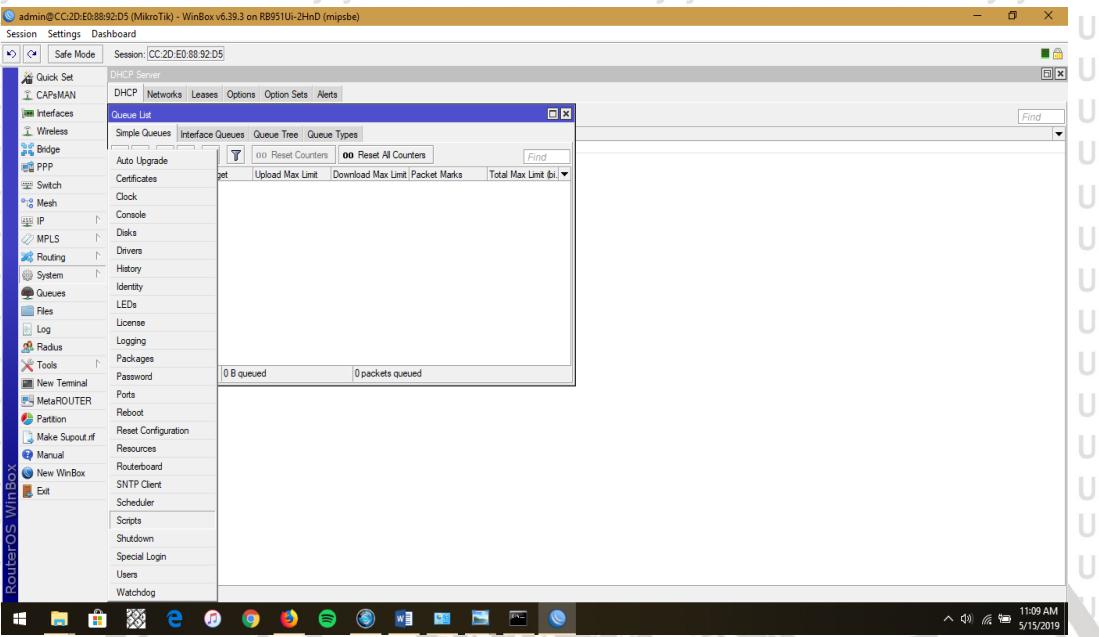
Sumber : Perancangan

25. Konfigurasi mikrotik3 sehingga akan terkoneksi dengan Mikrotik2, Mikrotik4 terkoneksi dengan Mikrotik3 menggunakan dengan cara yang sama seperti di atas.

Sehingga pada akhirnya akan terdapat 4 koneksi wireless, dengan SSID “Wireless Bridge” sebagai access point.

38

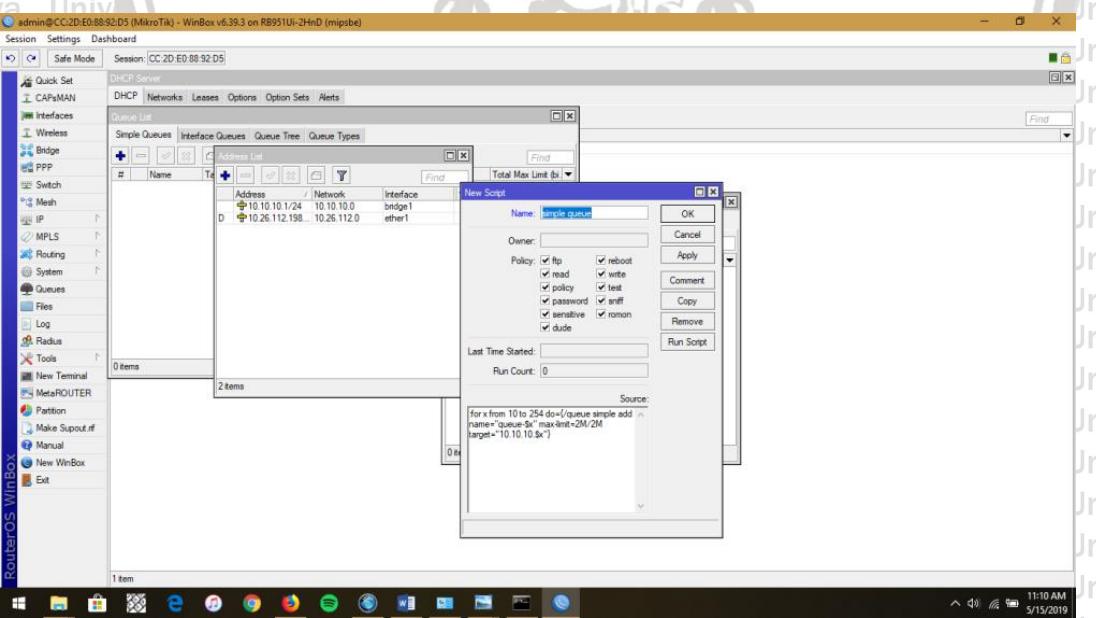
26. Kembali lakukan konfigurasi terhadap Mikrotik1 untuk melakukan manajemen bandwidth pada bridge1 dengan menggunakan teknik *Simple Queue*. Atur pada tab *System – Scripts*.



Gambar 4. 23 Mengatur script untuk Mikrotik1

Sumber : Perancangan

27. Masukkan script *simple queue*, penulis memberi nama “*simple queue*” pada *script.Bandwidth* dibatasi sebesar 3 Mbps. Script yang digunakan adalah sebagai berikut

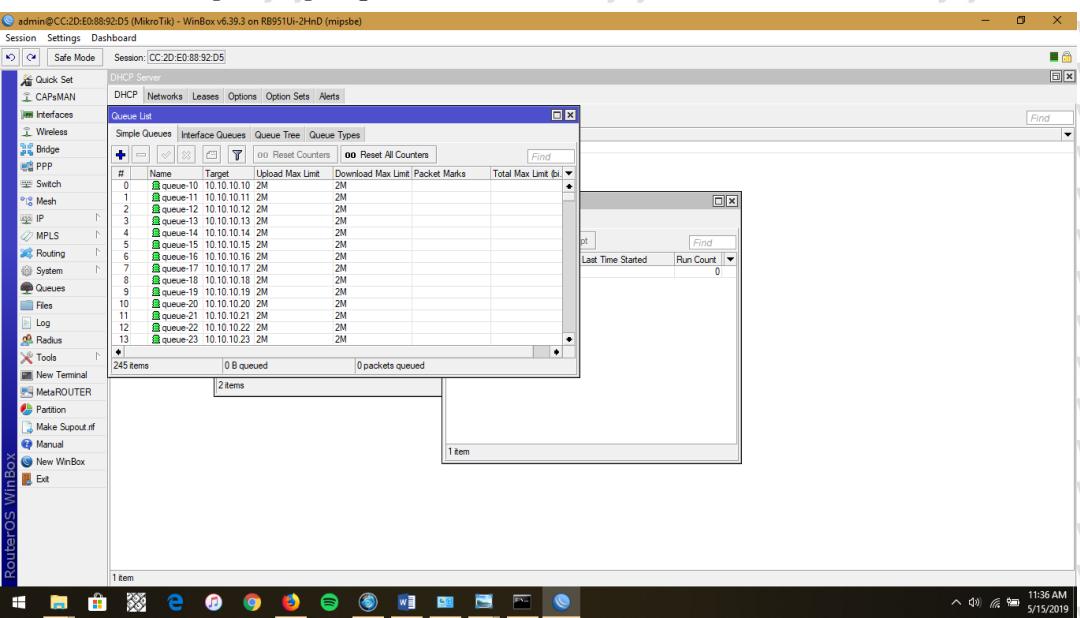


Gambar 4. 24 Script Simple Queue

Sumber : Perancangan



28. Jalankan script “simple queue”.



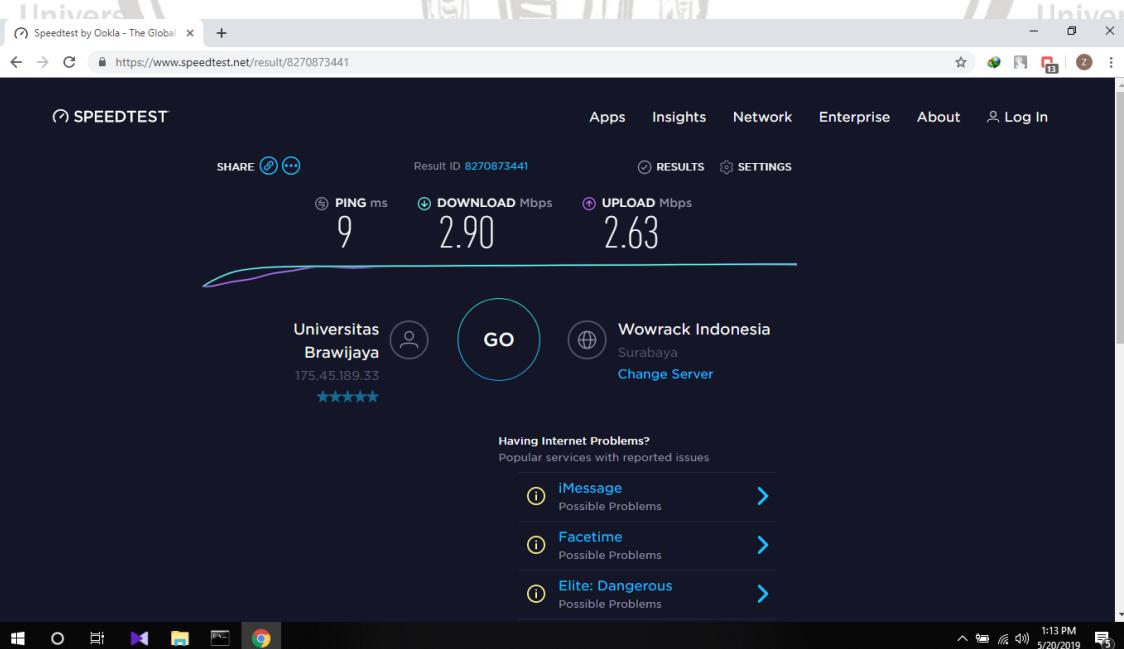
Gambar 4. 25 Menjalankan script Simple Queue

Sumber : Perancangan

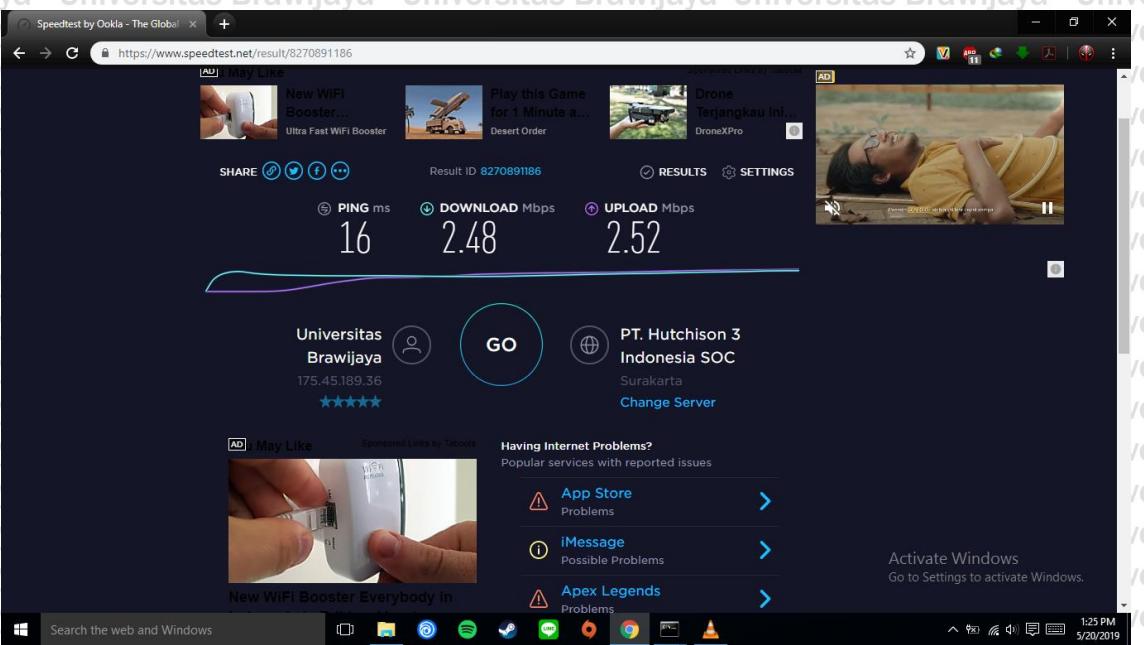
Selain melakukan konfigurasi Mikrotik, dilakukan pula instalasi sekaligus pengaturan pada laptop *server*. Instalasi yang dilakukan meliputi instalasi *software VLC Media Player*.

4.2.2.2 Pengaturan Perangkat Pada Sisi Client

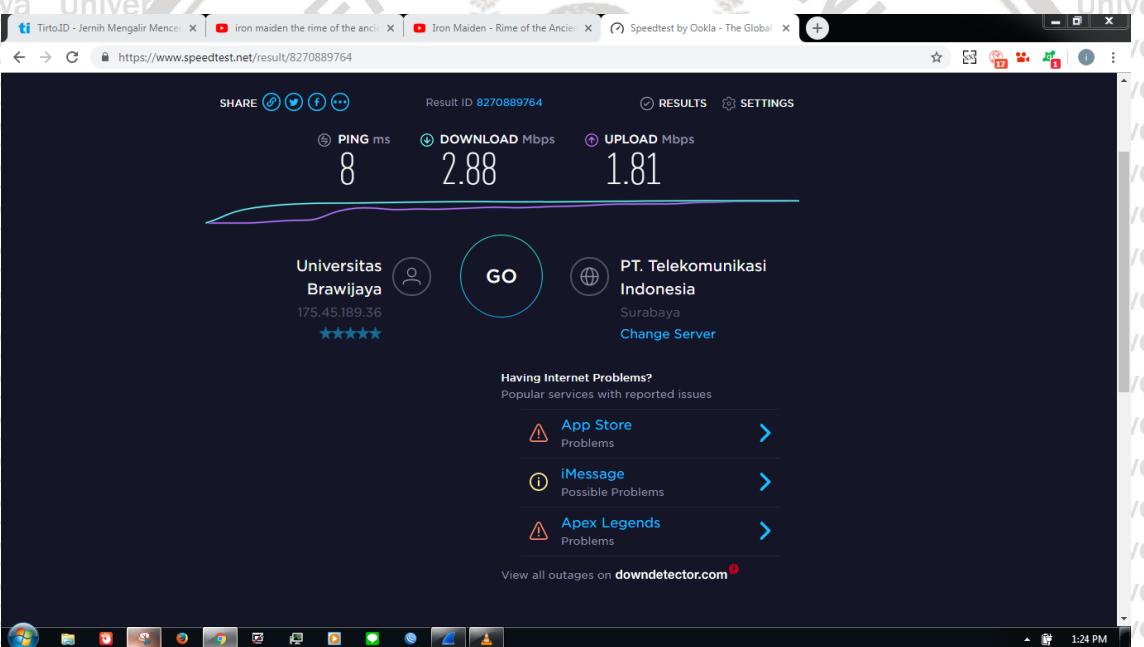
Perangkat keras yang digunakan pada sisi *client* adalah tiga buah. Masing masing laptop akan terhubung melalui WiFi dengan SSID “Wireless Bridge”. Terdapat dua perangkat lunak pada sisi *client* yaitu *Wireshark* dan *VLC Media Player*.



Gambar 4. 26 Speedtest pada Client



Gambar 4.27 Speedtest pada Client



Gambar 4.28 Speedtest pada Client

4.2.3 Pengujian Koneksi

Untuk menguji koneksi jaringan yang telah dikonfigurasi perlu dilakukan pengaturan IP pada *client* dan *server*. Rincian seluruh IP *client* maupun perangkat yang terhubung pada jaringan dapat dilihat dalam tabel 4.8.



Tabel 4. 8 Rincian IP yang terhubung dalam AccessPoint “Wireless Bridge”

Perangkat	IP Address	Jenis Laptop
Server	10.0.0.253	HP 1000 Notebook PC
Client 1	10.0.0.254	ASUS X550JX
Client 2	10.0.0.252	MacBook Pro
Client 3	10.0.0.251	Acer TravelMate P243

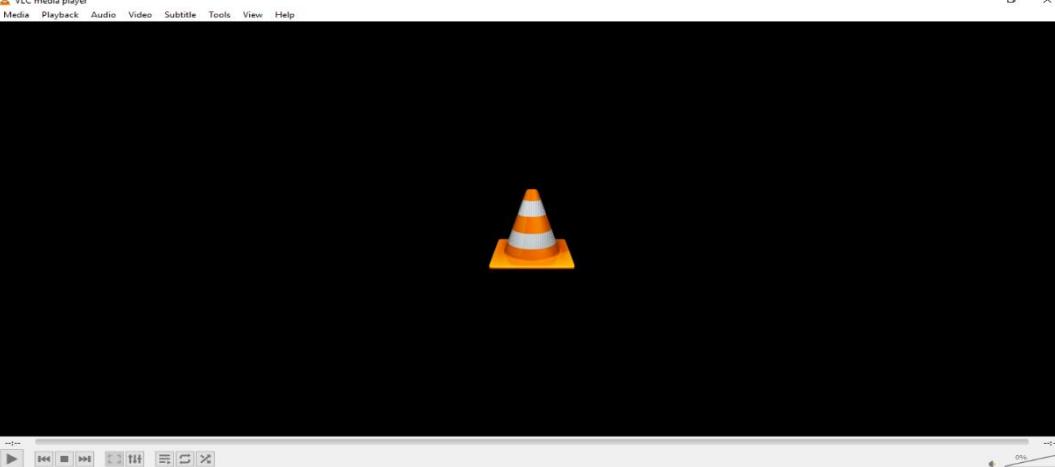
Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan ping melalui *command prompt* pada windows dari *client* menuju *server* atau sebaliknya. Hasil uji koneksi telah berhasil dan terhubung. Hal ini dibuktikan oleh *client* yang mampu mengirim ping ke *server* dan di-*reply* oleh *server* tanpa adanya *packet loss*.

4.2.4 Pengujian layanan *live streaming*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kualitas layanan *live streaming* sudah dapat bekerja dengan baik. Pengujian bekerja dengan melakukan *streaming* menggunakan *file video* dari *server* menuju *client* secara *real time*. Pada pengujian ini menggunakan protokol RTSP dalam *streaming*. Langkah langkah dalam pengujian *live streaming* adalah sebagai berikut.,

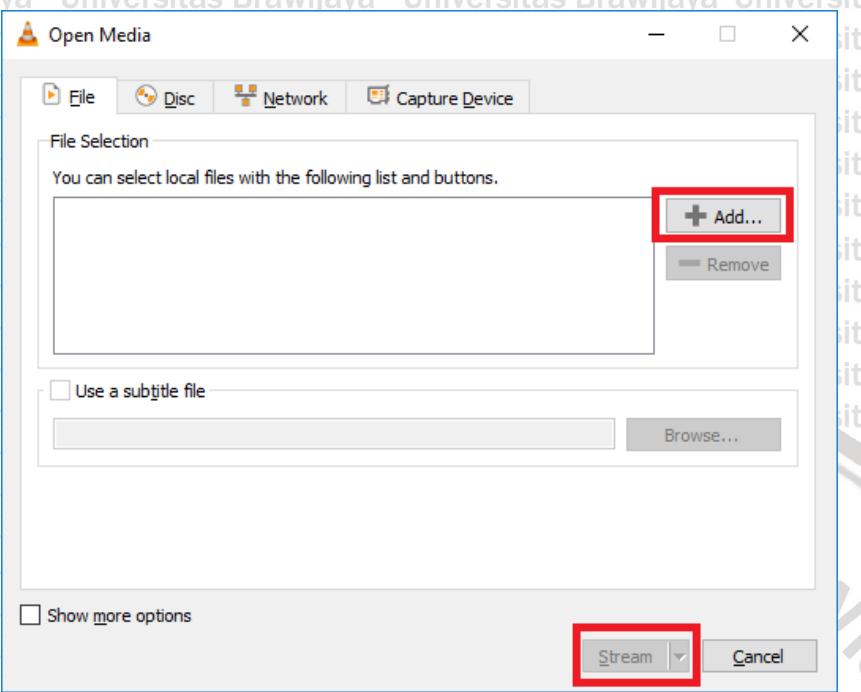
- Menghubungkan laptop *client* dengan keempat Mikrotik yang ada secara bergantian
- Melakukan konfigurasi program *VLC Media Player* pada komputer *server* sebagai berikut:

- Buka aplikasi *VLC Media Player*

**Gambar 4. 29 Tampilan VLC Media Player**

2.

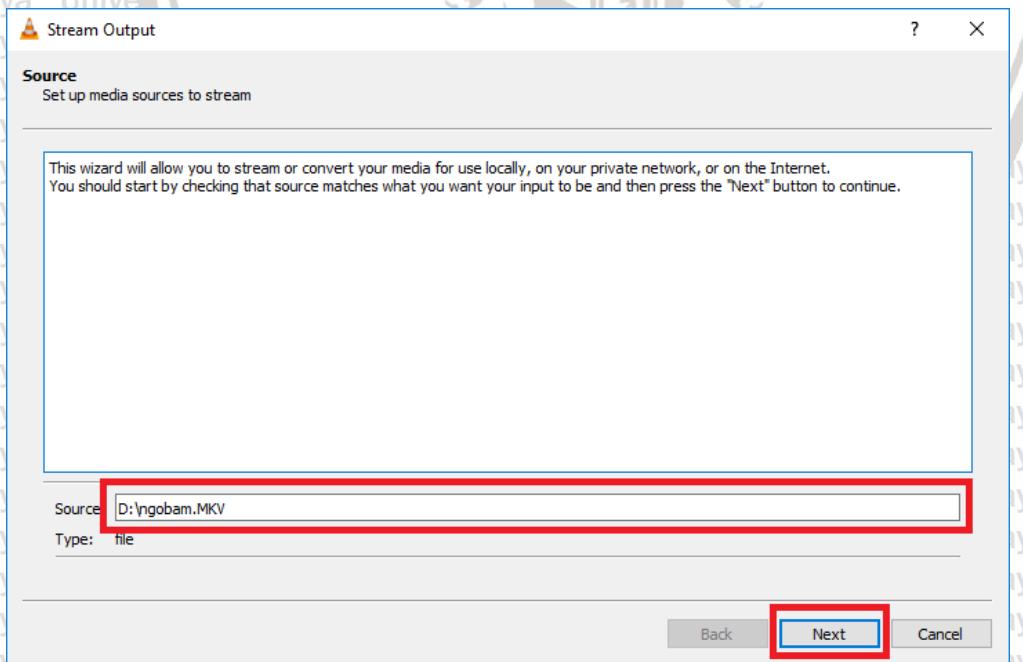
Tekan tombol **Ctrl +S** pada *keyboard* untuk membuka kotak dialog *Open Media*. Klik *Add...* kemudian pilih *video* yang akan diputar. Setelah itu klik *Stream*.



Gambar 4. 30 Kotak dialog Open Media

Sumber : Perancangan

3. Pada kotak dialog *Stream Output*, pastikan path dari *Source* filenya sudah benar, kemudian klik *Next*.

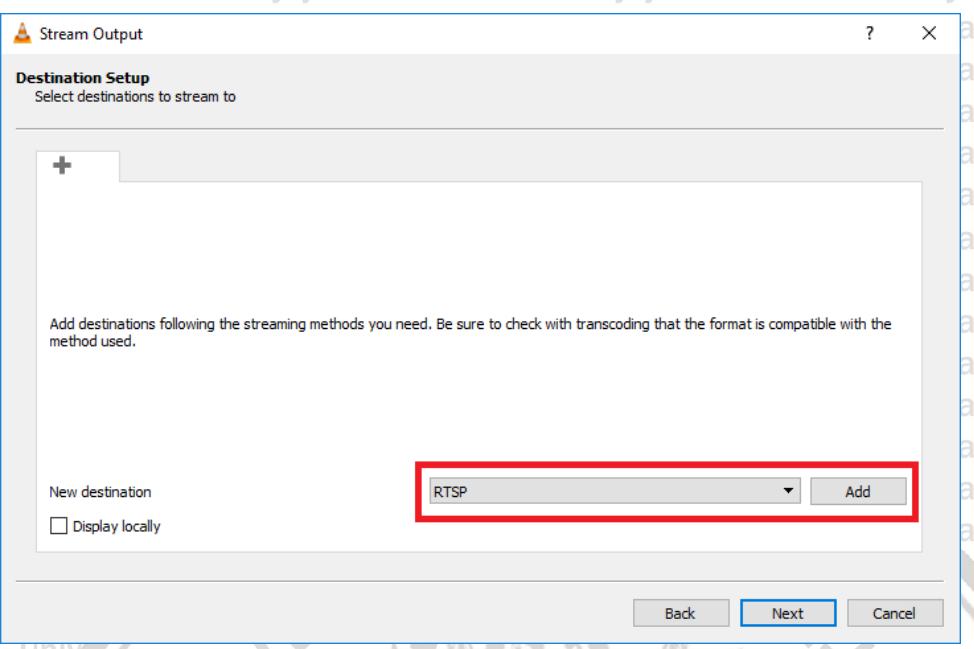


Gambar 4. 31 Kotak dialog Source

Sumber : Perancangan



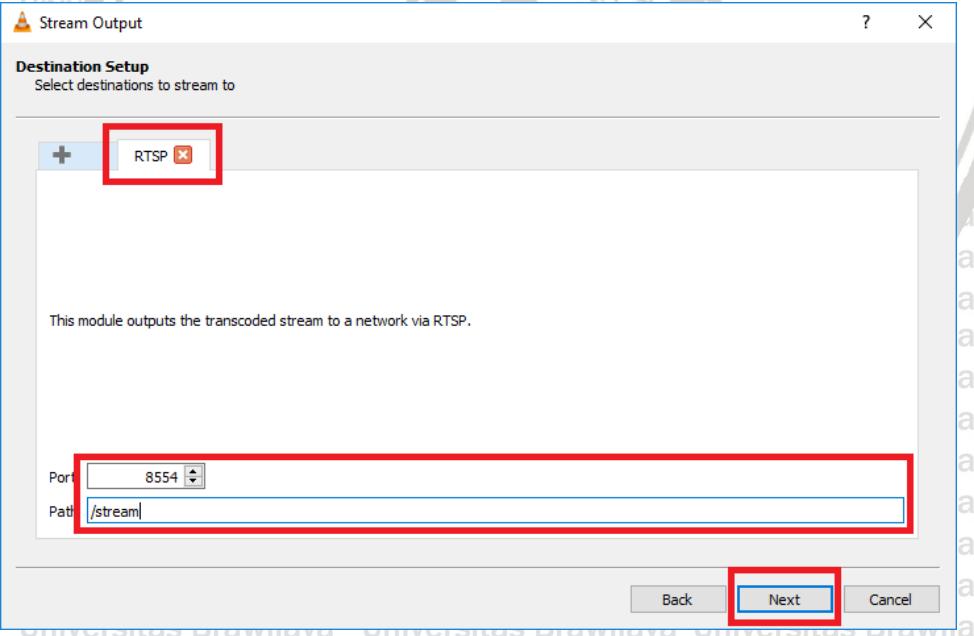
4. Pada kotak dialog *Destination Setup*, tambahkan destinasi baru dengan memilih *New destination* sebagai RTSP dan klik *Add*.



Gambar 4. 32 Pengaturan destinasi baru

Sumber : Perancangan

5. Akan ada tautan baru bernama RTSP setelah tanda plus (+). Isi *Port* dengan 8554 dan *Path* dengan *stream*. Kemudian klik *Next*.

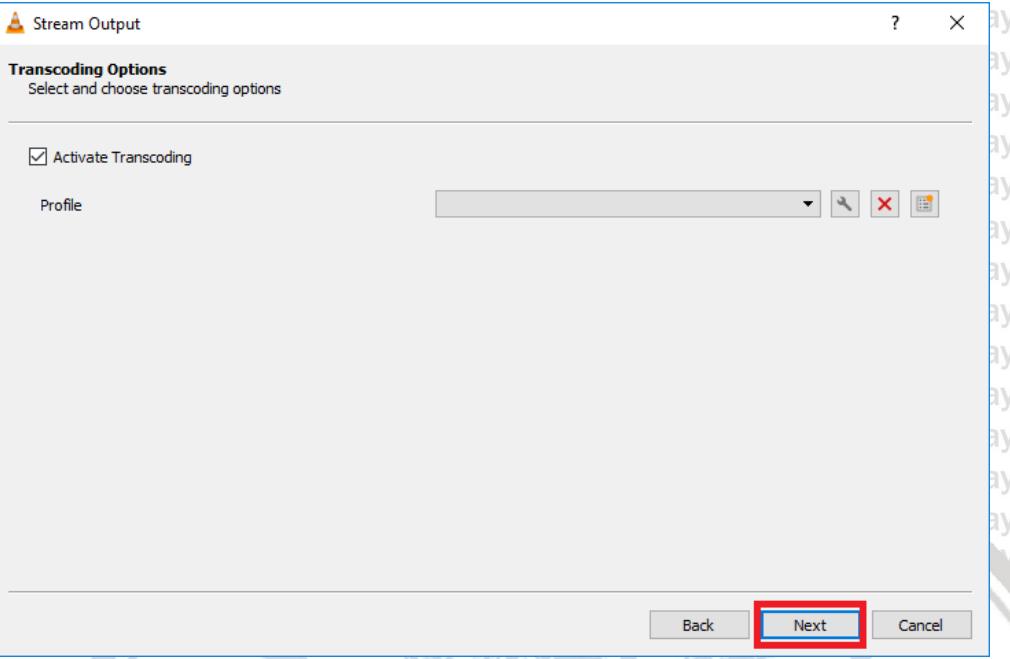


Gambar 4. 33 Pengaturan Port dan Path live streaming

44

6.

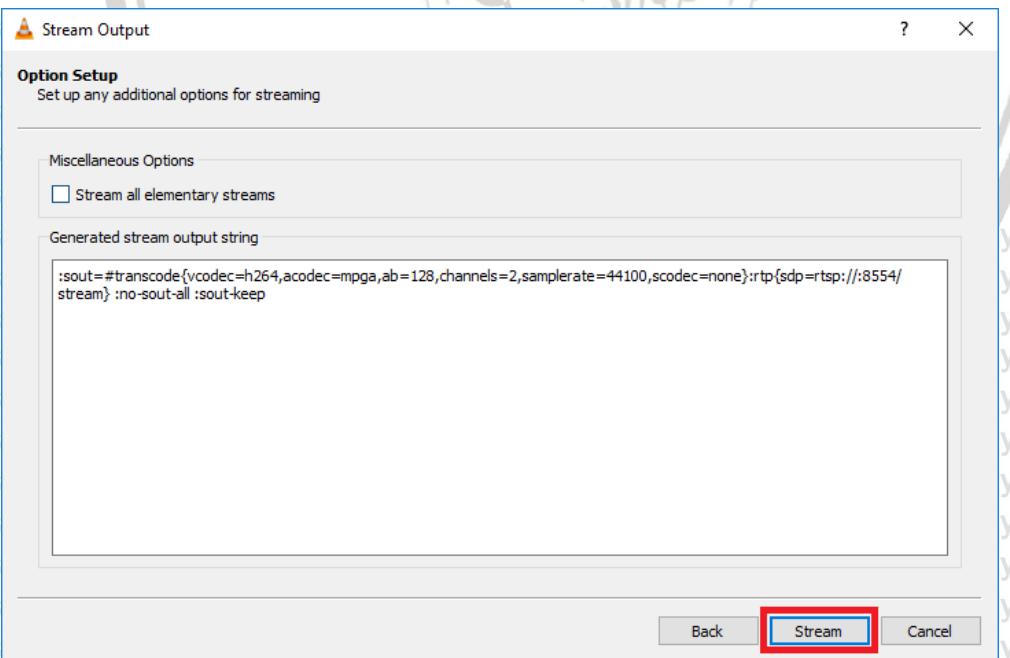
Pada kotak dialog *Transcoding Options*, pastikan kotak *Activate Transcoding* sudah dicentang, dan klik *Next*.



Gambar 4. 34 Pengaturan transcoding

Sumber : Perancangan

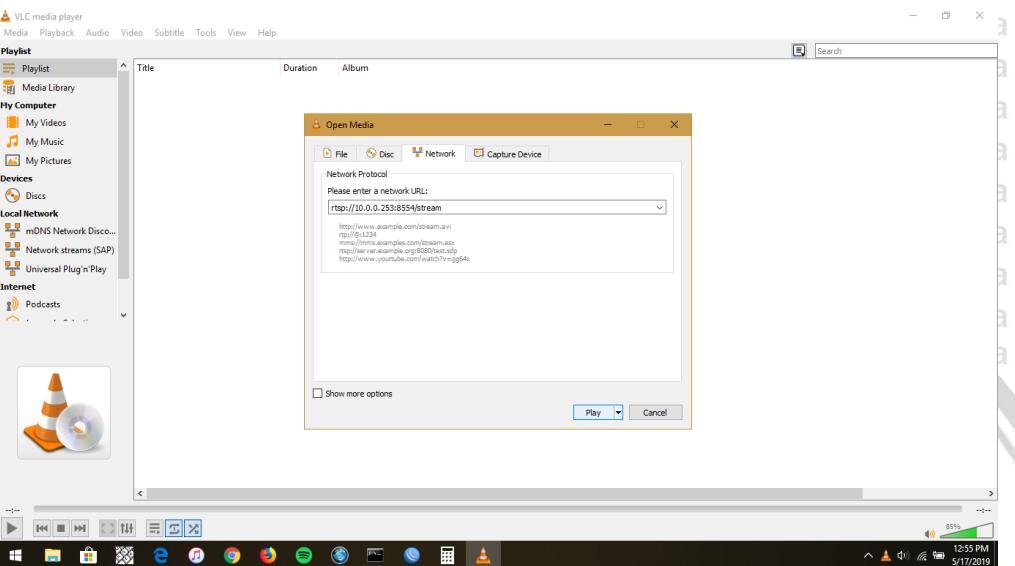
7. Setelah itu, klik *Stream* pada kotak dialog *Option Setup*.



Gambar 4. 35 Pengaturan akhir live streaming

Sumber : Perancangan

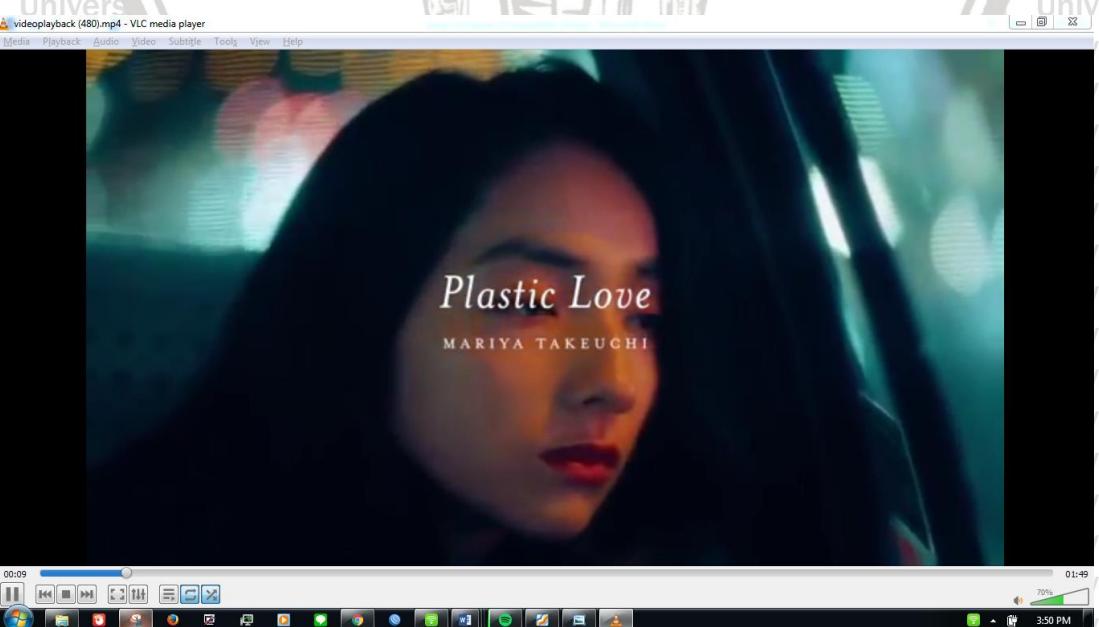
- c. Setelah melakukan konfigurasi *server live streaming*, dilanjutkan dengan mengatur konfigurasi pada sisi *client* sebagai berikut:
1. Membuka program *VLC Media Player*.
 2. Menekan tombol *Ctrl+N* pada *keyboard*, isi kotak *Please enter a network URL*: dengan *rtsp://10.0.0.253:8554/stream*, kemudian klik *play*.



Gambar 4. 36 Kotak dialog Open Media di sisi client

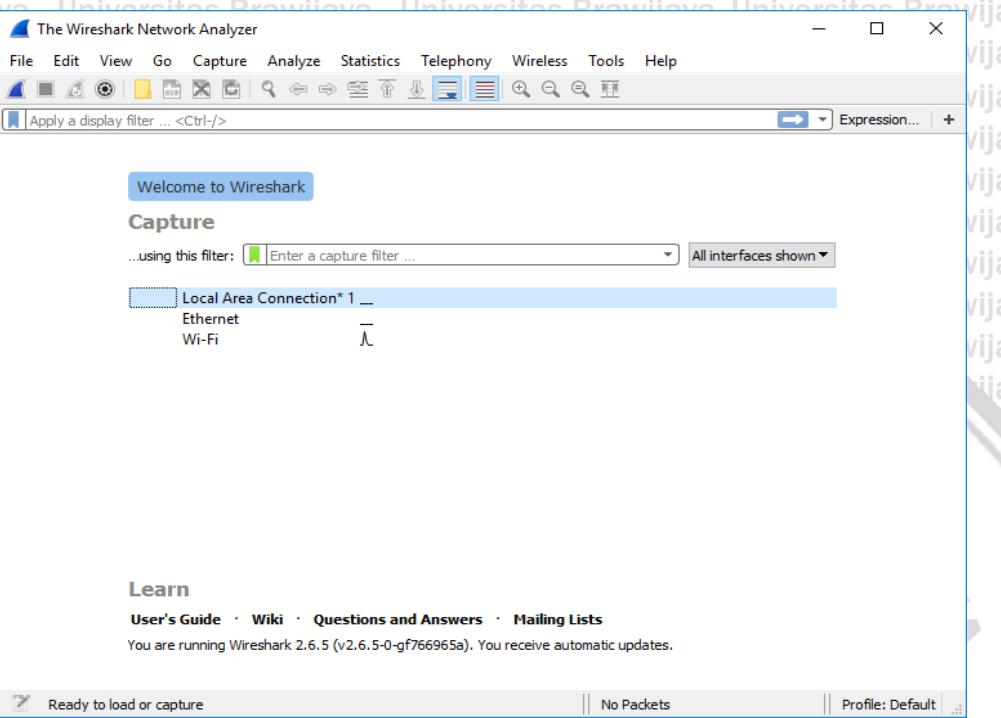
Sumber : Perancangan

3. Program *VLC* akan menampilkan *streaming video* dari *server* secara *real-time*.



Gambar 4. 37 Tampilan live streaming di sisi client

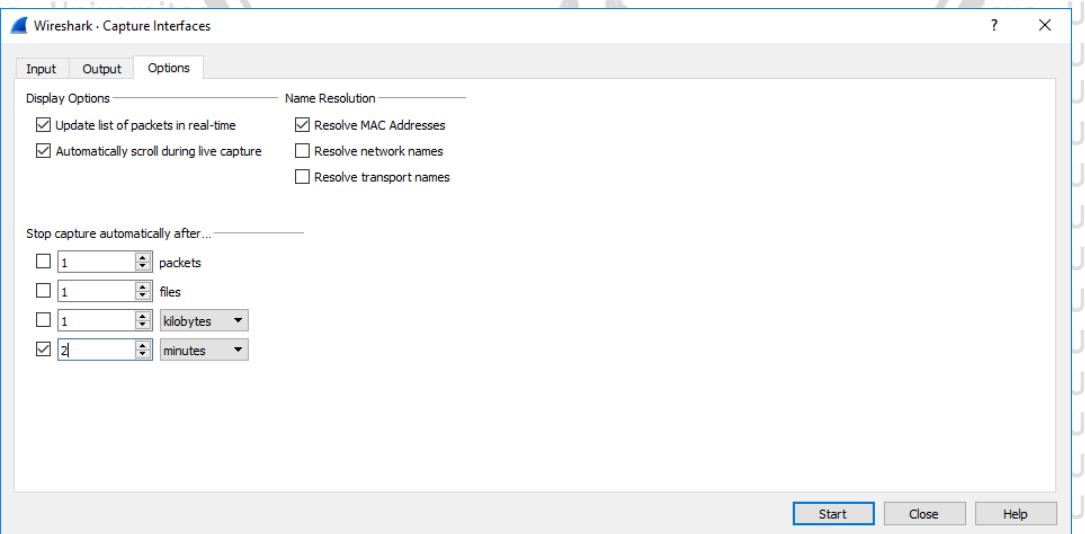
- d. Melakukan konfigurasi pada aplikasi *Wireshark*
1. Buka aplikasi *Wireshark* pada laptop *client*
 2. Pilih *Ethernet* dari Menu *Capture Interface*, kemudian ketik UDP pada kolom *Capture* *Filter*.



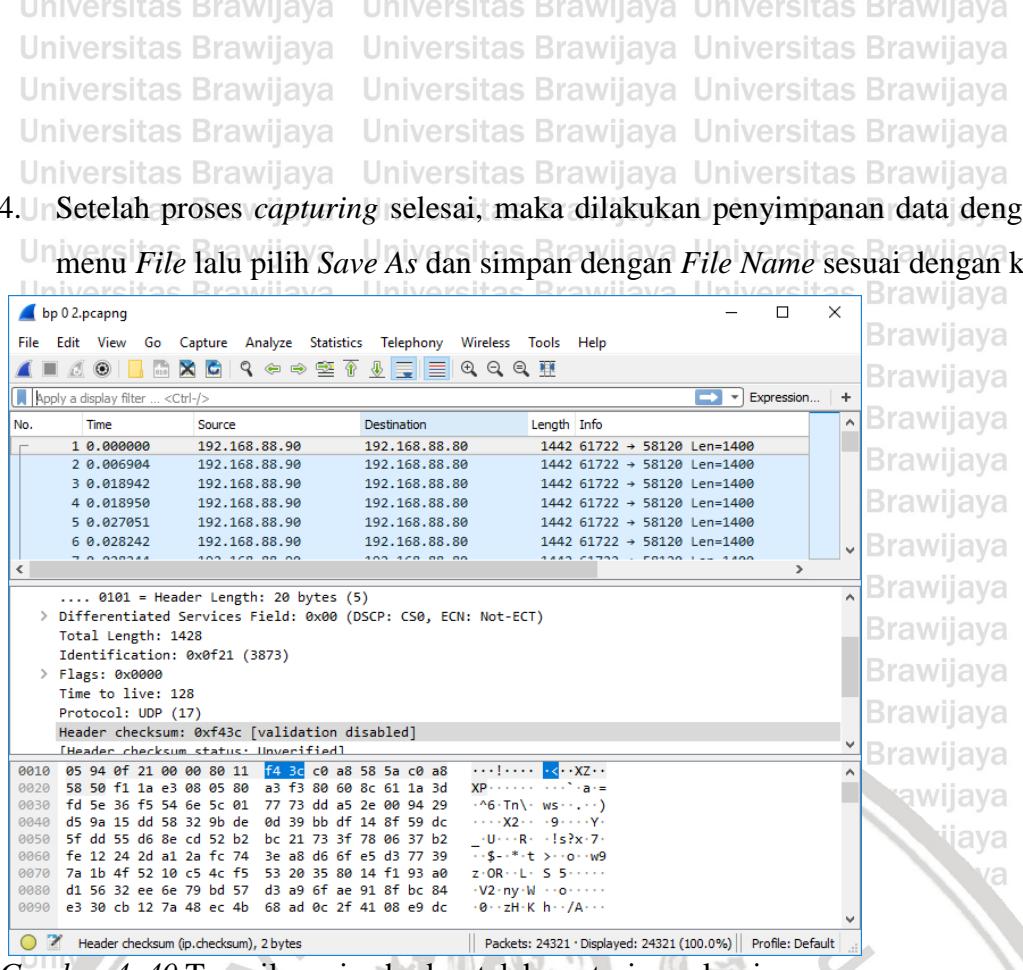
Gambar 4. 38 Tampilan utama Wireshark

Sumber : Perancangan

3. Pada menu *Capture*, pilih *Option* lalu pilih tab *Option*, pada opsi “*stop capture automatically after*” klik kotak pada kolom waktu lalu isi dua dan pilih satuan waktu *minutes*. Lalu *Start* sehingga proses *capturing* dimulai.



Gambar 4. 39 Kotak dialog Capture Interfaces

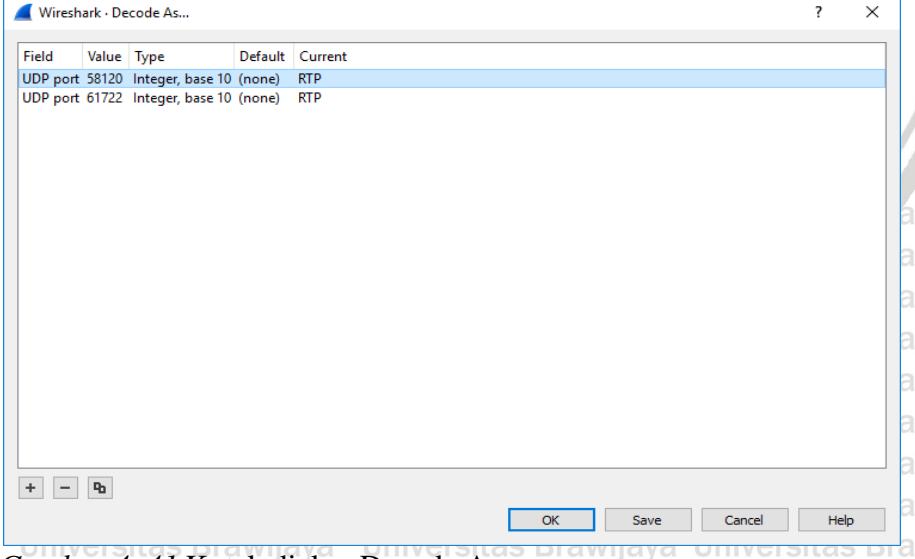


Gambar 4. 40 Tampilan wireshark setelah capturing selesai

Sumber : Perancangan

- Lalu pilih salah satu *packet* dengan length yang lebih panjang, kemudian pilih menu *Analyze* selanjutnya pilih *Decode as*, akan muncul jendela seperti gambar 4.40. klik tanda Plus pada kolom *Field* pilih *UDP port*, pada *Value* pilih *port* yang digunakan.

Pada kolom *Current* pilih RTP lalu klik *Save*, kemudian OK.



Gambar 4. 41 Kotak dialog Decode As

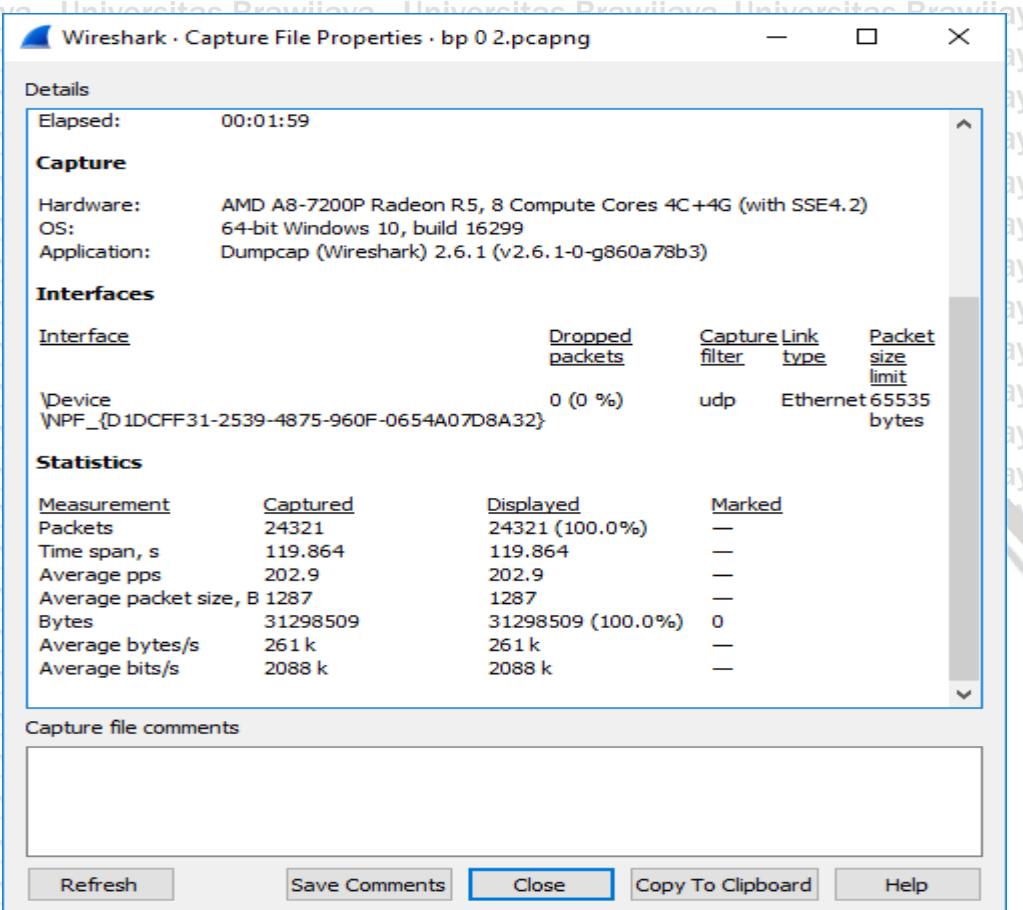
Sumber : Perancangan

48

6.

Untuk menampilkan parameter *throughput* maka pada kolom *Apply a display filter* ketik-

RTP lalu klik panah. Pilih menu *Statistics* kemudian pilih *Capture File Properties*. Lihat nilai *throughput* pada baris *Average bytes/s* pada kolom *Displayed*.



Gambar 4.42 Kotak dialog Capture File Properties

Sumber : Perancangan

4.3 Hasil pengamatan dan analisis

Pada bagian ini akan dilakukan analisis pada hasil pengamatan yang didapatkan dari proses *capturing* oleh aplikasi *Wireshark*. Data yang digunakan sebagai hasil dengan kebutuhan yaitu tiap parameter diambil selama dua menit sebanyak lima kali dari *Wireshark*.

4.3.1 Throughput

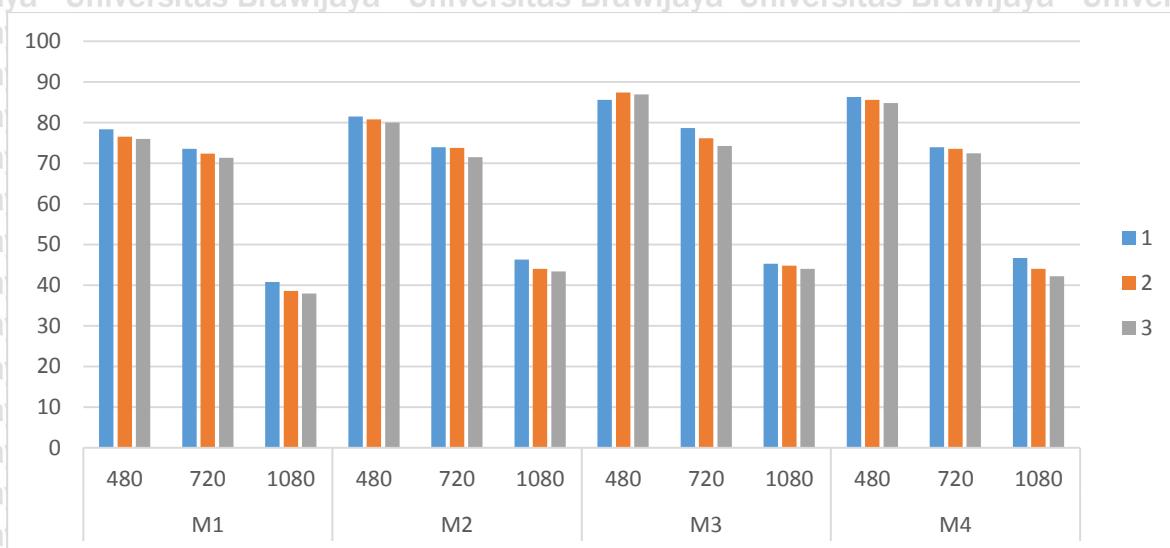
Throughput merupakan jumlah data yang diterima saat dilakukannya transmisi *downlink* dan *uplink* dari *client* menuju *server* dengan benar selama kurun waktu tertentu.

Nilai parameter *throughput* yang didapat merupakan rata rata dari tiap detik waktu pengambilan data. Untuk mendapatkan nilai *throughput*, penulis melakukan uji *live streaming* sebanyak 5 kali pengulangan pada tiap kualitas *video* dengan perbedaan jumlah user dan perbedaan resolusi. Hasil dari pengamatan *throughput* dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4. 9 Hasil pengamatan nilai *throughput* layanan *live streaming* rawijaya

resolusi	mikrotik	N user	Throughput (Kbps)
480	M1	1	78.4
480	M1	2	76.6
480	M1	3	76
480	M2	1	81.5
480	M2	2	80.8
480	M2	3	80
480	M3	1	85.6
480	M3	2	87.4
480	M3	3	87
480	M4	1	86.3
480	M4	2	85.6
480	M4	3	84.8
720	M1	1	73.6
720	M1	2	72.4
720	M1	3	71.4
720	M2	1	74
720	M2	2	73.8
720	M2	3	71.5
720	M3	1	78.7
720	M3	2	76.2
720	M3	3	74.3
720	M4	1	74
720	M4	2	73.6
720	M4	3	72.5
1080	M1	1	40.8
1080	M1	2	38.6
1080	M1	3	38
1080	M2	1	46.3
1080	M2	2	44
1080	M2	3	43.4
1080	M3	1	45.3
1080	M3	2	44.8
1080	M3	3	44
1080	M4	1	46.7
1080	M4	2	44
1080	M4	3	42.2

Kemudian, data *throughput* akan ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.38



Gambar 4. 38 Grafik hasil pengambilan data throughput

Sumber : Pengujian

Throughput adalah jumlah rata-rata paket yang sukses diterima atau dikirimkan oleh saluran penerima atau pemancar per detik. Nilai *throughput* merupakan perbandingan antara jumlah data atau informasi yang diterima dengan jumlah data yang dikirimkan. Menurut data pengujian yang telah diambil, Nilai *throughput* merupakan perbandingan antara jumlah data atau informasi yang diterima dengan jumlah data yang dikirimkan. Menurut data pengujian yang telah diambil, semakin banyak user yang diberikan, jumlah data yang dikirimkan juga semakin besar juga. Tetapi meskipun data yang dikirimkan semakin besar. Pada saat user berjumlah 3 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan *throughput*. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah paket yang hilang. Hal ini berhubungan dengan *packet loss* dimana semakin besar *packet loss*, semakin kecil nilai *throughput* yang didapat. Berbeda dengan *delay*, semakin besar nilai *throughput* maka semakin kecil *delay* yang terjadi. pada scenario jumlah user 1, memiliki rata rata *throughput* yang paling baik daripada saat user berjumlah 3. Hal ini dikarenakan jumlah paket yang dikirim meningkat secara linear, berbeda dengan kemungkinan hilangnya paket yang meningkat secara eksponensial.

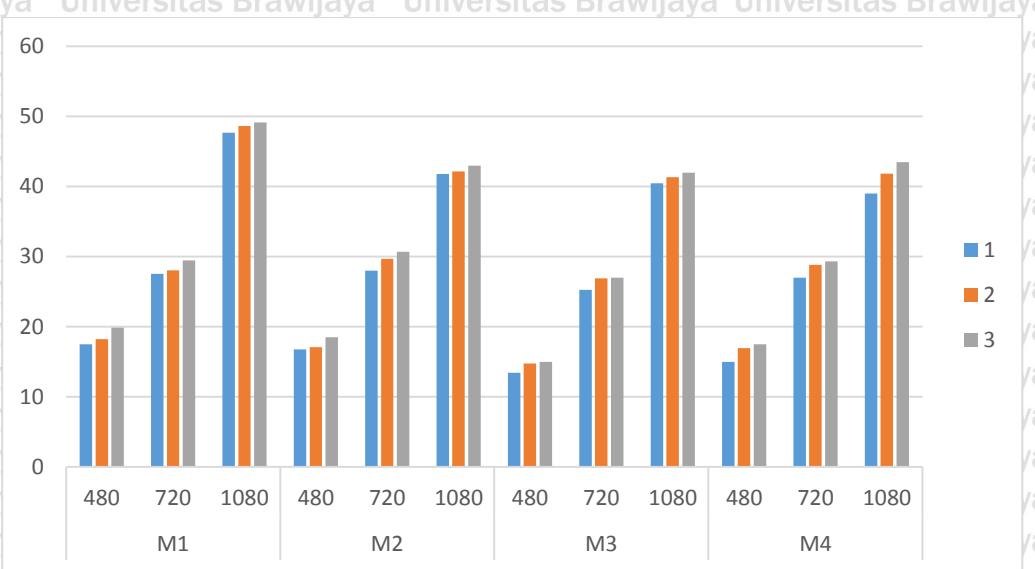
4.3.2 Packet Loss

Packet loss adalah suatu kejadian hilangnya paket yang dikirim ketika jaringan dalam keadaan *peak loaded*. *Packet loss* terjadi karena adanya kemacetan transmisi paket akibat padatnya trafik yang harus dilayani dalam batas waktu tertentu. Kemacetan ini mengakibatkan hilangnya paket yang dikirimkan karena sudah terlewatinya *live time* dari suatu paket. Hasil dari pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Hasil pengamatan nilai packet loss layanan video streaming

resolusi	mikrotik	N user	Packet Loss(%)
480	M1	1	17.5
480	M1	2	18.23
480	M1	3	19.85
480	M2	1	16.76
480	M2	2	17.06
480	M2	3	18.5
480	M3	1	13.43
480	M3	2	14.77
480	M3	3	15
480	M4	1	15
480	M4	2	16.92
480	M4	3	17.5
720	M1	1	27.56
720	M1	2	28.05
720	M1	3	29.45
720	M2	1	28
720	M2	2	29.71
720	M2	3	30.7
720	M3	1	25.25
720	M3	2	26.91
720	M3	3	27
720	M4	1	27
720	M4	2	28.83
720	M4	3	29.34
1080	M1	1	47.67
1080	M1	2	48.65
1080	M1	3	49.14
1080	M2	1	41.8
1080	M2	2	42.18
1080	M2	3	43
1080	M3	1	40.48
1080	M3	2	41.36
1080	M3	3	42
1080	M4	1	39
1080	M4	2	41.82
1080	M4	3	43.5

Kemudian, data *packet loss* akan ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.46



Gambar 4.46 Grafik hasil pengambilan data *packet loss*

Sumber : Pengujian

Hasil pengujian *packet loss* ditunjukkan pada Gambar 4.46 untuk 4 Mikrotik yang ditempatkan dengan jarak masing-masing sejauh 5 meter. Berdasarkan keempat gambar hasil pengujian tersebut, secara umum dapat diperoleh informasi bahwa nilai *packet loss* meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah user yang diberikan. Hal ini dikarenakan bahwa menyempitnya *bandwidth* yang dapat digunakan untuk melakukan *live streaming*. Dengan semakin banyak user yang diberikan, menyebabkan paket yang dikirimkan menjadi hilang, ini terjadi karena keterbatasan *bandwidth* yang diberikan.

4.3.3 Delay

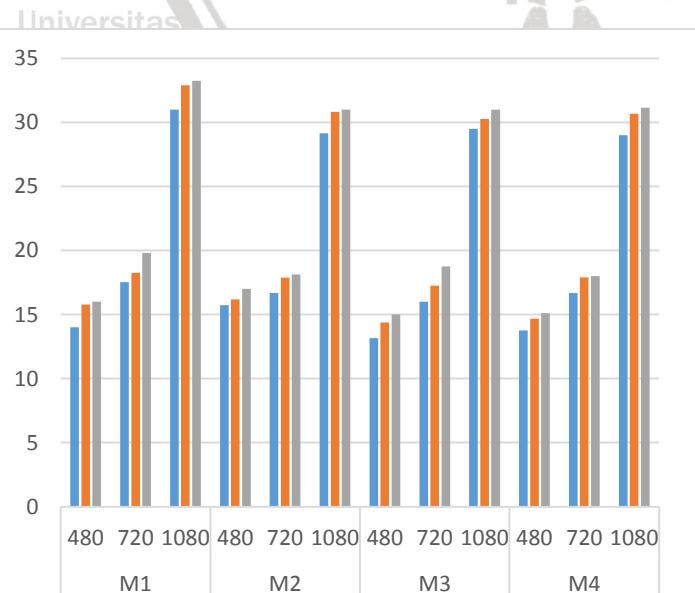
Delay adalah total waktu yang digunakan dalam proses pengiriman paket yang diakibatkan oleh adanya proses transmisi dan pengolahan paket. Hasil dari pengujian ini memberikan nilai tabulasi data sebagai berikut yang merupakan rata-rata dari 5 kali iterasi yang ditampilkan pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Hasil pengamatan nilai delay layanan video streaming

resolusi	mikrotik	N user	Delay(ms)
480	M1	1	14
480	M1	2	15.79
480	M1	3	16
480	M2	1	15.74
480	M2	2	16.17
480	M2	3	17
480	M3	1	13.15

480	M3	2	14.37
480	M3	3	15
480	M4	1	13.75
480	M4	2	14.67
480	M4	3	15.1
720	M1	1	17.53
720	M1	2	18.25
720	M1	3	19.8
720	M2	1	16.67
720	M2	2	17.87
720	M2	3	18.12
720	M3	1	16
720	M3	2	17.26
720	M3	3	18.76
720	M4	1	16.68
720	M4	2	17.9
720	M4	3	18
1080	M1	1	31
1080	M1	2	32.89
1080	M1	3	33.23
1080	M2	1	29.15
1080	M2	2	30.82
1080	M2	3	31
1080	M3	1	29.5
1080	M3	2	30.26
1080	M3	3	31
1080	M4	1	29
1080	M4	2	30.68
1080	M4	3	31.14

Kemudian, data *delay* akan ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.47



Gambar 4.47 Grafik hasil pengambilan data *packet loss*

Sumber : Pengujian

Pada pengujian, nilai *delay* didapatkan dengan membagi jumlah waktu yang digunakan dengan jumlah paket yang diterima. Sehingga semakin banyak paket yang diterima, semakin kecil nilai *delay*-nya. Hal ini berhubungan dengan nilai throughput yang menyatakan banyaknya paket yang diterima per satuan detik. Pada gambar tersebut, resolusi 480 memiliki nilai delay terbaik pada seluruh skenario jumlah user dan berbanding terbalik dengan resolusi 1080.



5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari skripsi ini berdasarkan analisis *throughput*, *packet loss* dan *delay* pada jaringan *wireless* berbasis mikrotik *bridge* yang menggunakan variasi jumlah user beserta perbedaan resolusi adalah sebagai berikut:

1. Jaringan *wireless* berbasis mikrotik *bridge* berhasil dibuat. Dengan menggunakan mikrotik *bridge*, IP Address *client* lebih terstruktur.
2. Semakin banyak user yang diberikan, menyebabkan nilai *QoS* yang semakin buruk, hal ini dikarenakan oleh terbatasnya jalur yang dilalui oleh paket pada saat pentransmisi
3. Semakin banyak user yang diberikan menyebabkan penaikan nilai delay dan packet loss, serta penurunan nilai throughput pada layanan live streaming.
4. Semakin besar resolusi video, menyebabkan peningkatan nilai *delay* dan *packet loss*, serta penurunan nilai *throughput* pada layanan live streaming. Hal ini disebabkan oleh jumlah *pixels* yang dikirimkan meningkat seiring dengan meningkatnya resolusi video
5. Mikrotik 1 sebagai *router master* yang terhubung secara langsung oleh sumber internet memiliki *QoS* terbaik, diikuti oleh Mikrotik 2, Mikrotik, 3, dan Mikrotik 4.. Hal ini disebabkan karena mikrotik 2 sampai 4 merupakan *Bridge* yang disusun dengan jarak antar masing-masing *bridge* sejauh 5 meter. Semakin jauh jarak antar Mikrotik, semakin menurun pula *QoS*.

5.2 Saran

Beberapa saran dari penulis yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Menggunakan *video* berdurasi sama dengan durasi pengambilan data. Hal ini bertujuan untuk mengurangi adanya *error* yang disebabkan oleh perbedaan jumlah paket yang dikirimkan pada saat pengambilan data.
2. Menambahkan variabel lain dalam penelitian agar penelitian dapat lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- A. Kurniawan. (2012). *Network Forensics: Panduan Analisis Dan Investigasi Paket Data Jaringan Menggunakan Wireshark*. Yogyakarta: Informatika.
- Ardhitya, A. I. (2013, Januari 4). *Pengertian dan Penjelasan Mikrotik*. Retrieved from IlmuKomputer.com: <http://ilmukomputer.org/2013/01/04/pengertian-dan-penjelasan-mikrotik/>
- Cahyaningtyas, A. (2013, April 22). *Pengenalan Dan Dasar Penggunaan Wireshark*. Retrieved from Ilmu Komputer: <http://ilmukomputer.org/2013/04/22/pengenalan-dan-dasar-penggunaan-wireshark/>
- Durresi, A. (2005). *RTP, RSVP and RTSP - Internet Protocols for Real-time*. Florida: CRC Press.
- F. Hasanul. (2018). *Analisis QoS (Quality of Service) Pengukuran Delay, Jitter, Packet Loss Dan Throughput Untuk Mendapatkan Kualitas Kerja Radio Streaming Yang Baik*. Medan: Informatika.
- Karim, Y. A. (2012, Oktober 27). *Konfigurasi Mikrotik Dengan Menggunakan Winbox*. Retrieved from IlmuKomputer.com: <http://ilmukomputer.org/2012/10/27/konfigurasi-mikrotik-dengan-menggunakan-winbox/>
- Langi, B. Y. (2011). *Analisis Kualitas Layanan (QoS) Audio-Video Layanan Kelas*. Bandung: ITB.
- Odom, W. (2004). *CCNA INTRO Exam Certification Guide*. Indianapolis: Cisco Press.
- Priambodo C. (2017). *Penerapan (QoS) Quality of Service Pada Jaringan Internet*. Semarang: Sistem Komputer.
- Rahayu. (2013). *Monitoring dan Analisis Kualitas Layanan Trafik Kamera CCTV*. JIT.
- Sopandi D. (2008). *Instalasi Dan Konfigurasi Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika.
- U. Lamping, R. Sharpe, and E. Warnicke. (2018). *Wireshark User's Guide for Wireshark 2.1*.
- Wulandari R. 2016. *Analisis QoS (Quality of Service) Pada Jaringan Internet*. Sukabumi: Informatika.
- Yulianto T. (2011). *Tutorial Mikrotik Edisi 1*. Jakarta: Informatika.



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
Datasheet





60

A.



MIKROTIK INDONESIA
CITRAWEB SOLUSI TEKNOLOGI
www.mikrotik.id
info@mikrotik.co.id

Router Wireless RB951Ui-2HND



Kode : RB951Ui-2HND
Kategori : Router Indoor
Harga : Rp 808.000,00

RB951Ui-2HND memiliki semua kebutuhan router dan gateway untuk personal dan kantor. Memiliki 5 buah port ethernet, 1 buah access point embedded 2,4 GHz MIMO, antenna embedded 2,5 dbi, dan satu buah port USB. Sudah termasuk power adaptor. PoE out 24v di ether 5.

Daftar Modem yang sudah disupport ada di [sini](#)

Spesifikasi RB951Ui-2HND

Product Code	RB951Ui-2HND
Architecture	MIPS-BE
CPU	AR9344 600MHz
Current Monitor	no
Main Storage/NAND	64MB
RAM	128MB
SFP Ports	0
LAN Ports	5
Gigabit	No
Switch Chip	1
MiniPCI	0
Integrated Wireless	1
Wireless Standards	802.11 b/g/n
Wireless Tx Power	30dbm
Integrated Antenna	Yes
Antenna Gain	2 x 2,5dBi
MiniPCIe	0
SIM Card Slots	No
USB	1
Power on USB	Yes
Memory Cards	No
Power Jack	8-30V
802.3af Support	No
POE Input	Yes



MIKROTIK INDONESIA
CITRAWEB SOLUSI TEKNOLOGI
www.mikrotik.id
info@mikrotik.co.id

POE Output	Yes, Port 5
Serial Port	No
Voltage Monitor	No
Temperature Sensor	No
Dimentions	113x138x29mm.
Operating System	RouterOS
Temperature Range	-20C .. +50C
RouterOS License	Level4

* Harga, spesifikasi, dan ketersediaan bisa berubah dan tidak mengikat

URL : http://www.mikrotik.co.id/produk_lihat.php?id=371

Informasi lebih lanjut, pemesanan dan pembelian, hubungi: 0274-554444 atau email info@mikrotik.co.id



B.r. HP 1000-1111TU Notebook PC

HP 1000-1111TU Notebook PC - Product Specifications

- [Hardware](#)
- [Software](#)

Hardware

Product Name	Notebook
Product Number	BGUBTPA
Microprocessor	2.4 GHz Intel Core i3-2370M
Microprocessor Cache	3 MB L3 Cache
Memory	2 GB 1600 MHz DDR3
Memory Max	Supports up to 8 GB DDR3
Video Graphics	Intel HD Graphics 3000
Display	14" diagonal HD BrightView LED-backlit Display (1366 x 768)
Hard Drive	500 GB SATA (5400 rpm)
Multimedia Drive	SuperMulti DVD Burner
Network Card	Integrated 10/100 BASE-T Ethernet LAN (RJ-45 connector)
Wireless Connectivity	Bluetooth 802.11b/g/n
Sound	2 x Altec Lansing Internal speakers
Keyboard	Notebook keyboard with home row keys
Pointing Device	TouchPad with scroll button and support for multitouch gestures
PC Card Slots	Multi-Format Digital Media Card Reader for Secure Digital cards & Multimedia cards
External Ports	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 USB 2.0 ▪ 1 VGA ▪ 1 RJ45 ▪ 1 Headphone-out (Stereo) ▪ 1 Microphone-in

Product Name	Notebook	 TRY OUR DIAGNOSTICS SOLUTIONS TO FIX ISSUES QUICKELY click here
Dimensions	34.2 x 23.1 x 3.55 cm	
Weight	Starting at 2.2 kg	
Power	65W AC power adapter 6-cell Lithium-Ion (Li-Ion)	
What's in The Box	HP Webcam with integrated digital microphone (VGA)	

Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya
C. MaBook Pro
Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya
Display

- Retina display
- 15.4-inch (diagonal) LED-backlit display with IPS technology; 2880-by-1800 native resolution at 220 pixels per inch with support for millions of colors
- Supported scaled resolutions:
 - 1920 by 1200
 - 1680 by 1050
 - 1280 by 800
 - 1024 by 640
- 300 nits brightness
- Standard color gamut (sRGB)
- 900:1 contrast ratio

Processor

- 2.2GHz
2.2GHz quad-core Intel Core i7 processor (Turbo Boost up to 3.4GHz) with 6MB shared L3 cache
Configurable to 2.5GHz quad-core Intel Core i7 (Turbo Boost up to 3.7GHz) with 6MB shared L3 cache or 2.8GHz quad-core Intel Core i7 (Turbo Boost up to 4.0GHz) with 6MB shared L3 cache.
- 2.5GHz
2.5GHz quad-core Intel Core i7 processor (Turbo Boost up to 3.7GHz) with 6MB shared L3 cache
Configurable to 2.8GHz quad-core Intel Core i7 (Turbo Boost up to 4.0GHz) with 6MB shared L3 cache.

Memory

- 16GB of 1600MHz DDR3L onboard memory

Storage¹

- 2.2GHz – 256GB
256GB PCIe-based flash storage
Configurable to 512GB or 1TB flash storage.
- 2.5GHz – 512GB
512GB PCIe-based flash storage
Configurable to 1TB flash storage.

Size and Weight

- Height: 0.71 inch (1.8 cm)
- Width: 14.13 inches (35.89 cm)
- Depth: 9.73 inches (24.71 cm)
- Weight: 4.49 pounds (2.04 kg)²



Graphics and Video Support

- Intel Iris Pro Graphics
 - 2.2GHz - 256GB
 - Intel Iris Pro Graphics
 - 2.5GHz - 512GB
 - Intel Iris Pro Graphics
 - *AMD Radeon R9 M370X with 2GB of GDDR5 memory and automatic graphics switching*
- Dual display and video mirroring: Simultaneously supports full native resolution on the built-in display and up to 3840 by 2160 pixels on up to two external displays, both at millions of colors
- Thunderbolt digital video output
 - Native Mini DisplayPort output
 - DVI, VGA, dual-link DVI, and HDMI output supported using Mini DisplayPort adapters (sold separately)
- HDMI video output
 - Support for 1080p resolution at up to 60Hz
 - Support for 3840-by-2160 resolution at 30Hz
 - Support for 4096-by-2160 resolution at 24Hz

Camera

- 720p FaceTime HD camera

Connections and Expansion



- MagSafe 2 power port
- Two Thunderbolt 2 ports (up to 20 Gbps)
- Two USB 3 ports (up to 5 Gbps)
- HDMI port
- 3.5 mm headphone jack
- SDXC card slot
- Apple Thunderbolt to FireWire Adapter (sold separately)

- Apple Thunderbolt to Gigabit Ethernet Adapter (sold separately)

Wireless

- **Wi-Fi**
802.11ac Wi-Fi wireless networking; IEEE 802.11a/b/g/n compatible
- **Bluetooth**
Bluetooth 4.2 wireless technology

Audio

- Stereo speakers
- Dual microphones
- 3.5 mm headphone jack
 - Support for Apple iPhone headset with remote and microphone
 - Support for audio line out (digital/analog)

Keyboard and Trackpad

- Full-size backlit keyboard with 78 (U.S.) or 79 (ISO) keys, including 12 function keys and 4 arrow keys (inverted “T” arrangement) with ambient light sensor
- Force Touch trackpad for precise cursor control and pressure-sensing capabilities; enables Force clicks, accelerators, pressure-sensitive drawing, and Multi-Touch gestures

Battery and Power³

- Up to 9 hours wireless web
- Up to 9 hours iTunes movie playback
- Up to 30 days of standby time
- Built-in 99.5-watt-hour lithium-polymer battery
- 85W MagSafe 2 Power Adapter with cable management system; MagSafe 2 power port

Electrical and Operating Requirements

- Line voltage: 100V to 240V AC
- Frequency: 50Hz to 60Hz
- Operating temperature: 50° to 95° F (10° to 35° C)
- Storage temperature: -13° to 113° F (-25° to 45° C)
- Relative humidity: 0% to 90% noncondensing
- Operating altitude: tested up to 10,000 feet
- Maximum storage altitude: 15,000 feet
- Maximum shipping altitude: 35,000 feet

Operating System

macOS High Sierra

macOS is the operating system that powers everything you do on a Mac. macOS High Sierra brings new forward-looking technologies and enhanced features to your Mac. It's macOS at its highest level yet.





Accessibility

Accessibility features help people with disabilities get the most out of their new MacBook Pro. With built-in support for vision, hearing, physical and motor skills, and learning and literacy, you can create and do amazing things.

Features include:

- VoiceOver
- Zoom
- Increase Contrast
- Reduce Motion
- Siri and Dictation
- Switch Control
- Closed Captions
- Text to Speech

Built-in Apps⁴

- Photos
- iMovie
- GarageBand
- Pages
- Numbers
- Keynote
- Siri
- Safari
- Mail
- FaceTime
- Messages
- Maps
- Notes
- Calendar
- Contacts
- Reminders
- Photo Booth
- Preview
- iTunes
- iBooks
- App Store
- Time Machine

What's in the Box

- MacBook Pro
- MagSafe 2 Power Adapter

- Power cord
- AC wall plug

Configure to Order

Configure your MacBook Pro with these options, only at apple.com:

- Up to 2.8GHz quad-core Intel Core i7, Turbo Boost up to 4.0GHz, with 6MB shared L3 cache
- Up to 1TB PCIe-based SSD¹

MacBook Pro and the Environment

Apple takes a complete product life cycle approach to determining our environmental impact.

MacBook Pro is designed with the following features to reduce its environmental impact:

- Mercury-free LED-backlit display
- Arsenic-free display glass
- BFR-free
- PVC-free⁵
- Beryllium-free
- Highly recyclable aluminum enclosure
- Meets ENERGY STAR 6.1 requirements
- Rated EPEAT Gold⁶

Apple and the Environment

[Learn more](#) about Apple's dedication to reducing the environmental impact of our products and process. Or read our [Product Environmental Reports](#) for detailed information on the environmental performance of every Apple product.

Apple GiveBack

Letting go of your old Mac is easy with Apple GiveBack. If it's in good shape, you can trade it in for Apple Store credit. If it's not eligible for credit, we'll recycle it responsibly at no cost to you. Good for you. Good for the planet.

[See how it works](#)

Acoustic Performance

Declared noise emission values in accordance with ECMA-109

	Sound Power Level $L_{WA,m}$ (B)	Sound Pressure Level Operator Position $L_{pA,m}$ (dB)
Idle	1.40 ($K_V = 0.25$)	6.0



	Sound Power Level $L_{WA,m}$ (B)	Sound Pressure Level Operator Position $L_{pA,m}$ (dB)
Wireless web	Brawijaya Brawijaya Brawijaya	Universitas Brawijaya 1.40 ($K_V = 0.25$) Brawijaya

1. $L_{WA,m}$ is the mean A-weighted sound power level, rounded to the nearest 0.05 B.
2. $L_{pA,m}$ is the mean A-weighted sound pressure level measured at the operator position (rounded to the nearest 0.5 dB).
3. 1 B (bel) = 10 dB (decibel)
4. K_V is the statistical adder for computing upper-limit of A-weighted sound power level.
5. The quantity, $L_{WA,c}$ (formerly called L_{WAd}) may be computed from the sum of $L_{WA,m}$ and K_V .
6. The Wireless web test browses 25 popular websites.
7. Configuration tested: 2.5GHz quad-core Intel Core i7 processor, 16GB memory, 512GB storage, Intel Iris Pro, AMD Radeon R9 M370X.

Accessories

Mac Software

- Final Cut Pro X
- Logic Pro X

Displays and Adapters

- Apple Mini DisplayPort to DVI Adapter
- Apple Mini DisplayPort to VGA Adapter
- Apple Mini DisplayPort to Dual-Link DVI Adapter
- MagSafe to MagSafe 2 Converter

AirPort and Wireless

- AirPort Express
- AirPort Extreme
- AirPort Time Capsule

Other Accessories

- Apple USB SuperDrive
- Thunderbolt to Gigabit Ethernet Adapter
- Thunderbolt to FireWire Adapter
- 85W MagSafe 2 Power Adapter
- AppleCare+ for Mac





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN 2

DOKUMENTASI



70

