

**DOKUMENTASI PORTOFOLIO
SIMULASI DAN PERANCANGAN RT/RW NET BERBASIS MIKROTIK
DI GNS3**

AHMAD SYAFI NURROYYAN

1. PENDAHULUAN

Sebagai seorang yang mendalami bidang jaringan komputer, saya selalu terinspirasi oleh inovasi yang memberikan dampak nyata di masyarakat. Salah satu konsep yang paling saya kagumi adalah **RT/RW Net**, sebuah gagasan brilian yang dipelopori oleh tokoh seperti **Onno W. Purbo** di Indonesia. Inovasi ini menyediakan jaringan internet mandiri di tingkat RT atau RW, khususnya di daerah yang belum terjangkau oleh penyedia layanan internet (ISP) konvensional. Konsep ini bukan hanya tentang konektivitas, melainkan juga tentang inklusi digital dan pemerataan akses informasi, sebuah pilar penting dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu Pengabdian Masyarakat.

Tujuan dari proyek ini adalah melakukan studi kasus perancangan dan simulasi implementasi konsep RT/RW Net dalam skala kecil. Proyek ini mencakup beberapa tahapan utama, mulai dari perancangan topologi jaringan yang skalabel, penyusunan skema pengalaman IP menggunakan VLAN untuk segmentasi jaringan, hingga implementasi konfigurasi dasar pada perangkat virtual. Seluruh konfigurasi inti, terutama pada aspek *routing*, DHCP, NAT, dan manajemen *bandwidth* (QoS), akan dipusatkan pada *router* MikroTik (CHR) yang disimulasikan menggunakan GNS3.

Proyek ini menunjukkan bagaimana inovasi jaringan dapat memberikan dampak langsung dan menjadi program kerja beberapa mahasiswa KKN. Salah satu contohnya adalah penelitian oleh Husaini & Sari dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang mendokumentasikan implementasi RT/RW Net menggunakan perangkat MikroTik sebagai solusi konektivitas di Dusun V Suka Damai, Desa Sei Meran¹. Inspirasi dari dampak nyata inilah yang mendorong saya untuk melakukan perancangan RT/RW Net sebagai portofolio saya.

¹ Husaini, A., & Sari, I. P. (2023). Konfigurasi dan Implementasi RB750Gr3 sebagai RT-RWNet pada DusunV Suka Damai Desa Sei Meran. Jurnal Teknik Informatika, 2(4), 1-8.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Konsep RT/RW Net di Indonesia

RT/RW Net pertama kali muncul sekitar tahun 1996, digagas oleh mahasiswa Universitas Muhammadiyah Malang (UMM) yang berkeinginan menyambungkan kos-kosan ke kampus UMM yang saat itu sudah terhubung ke jaringan AI3 Indonesia. Pada masa itu, sambungan dilakukan menggunakan walkie-talkie pada band VHF 2 meter dengan kecepatan 1200 bps. Ide ini lahir dari kebutuhan sederhana: harga sewa internet dari ISP konvensional sangat mahal, mencapai sekitar Rp1.300.000 per bulan untuk perorangan. Melalui konsep berbagi biaya, tujuh orang bisa menikmati internet dengan hanya membayar sekitar Rp200.000 per bulan, jauh lebih terjangkau. Keterbatasan perangkat wireless yang kala itu masih mahal mendorong penggunaan walkie-talkie yang lebih ekonomis, menjadi cikal bakal filosofi RT/RW Net: solusi cerdas di tengah keterbatasan.

Seiring perkembangan zaman, terutama di era 2000-an ketika jejaring sosial populer dan warnet menjamur, kebutuhan internet melonjak. RT/RW Net pun menjadi “penyelamat” dengan menyediakan akses internet murah bagi masyarakat, dan banyak komunitas jaringan lokal yang mengadopsi konsep ini.

Saat ini, RT/RW Net masih sangat relevan dan terus menjadi solusi inovatif, terutama di daerah pelosok seperti yang sering diulas oleh Pak Onno W. Purbo. Model bisnisnya fleksibel, beberapa pengelola menarik kabel utama dari ISP terdekat di kota, kemudian mengelola distribusinya secara mandiri di wilayah mereka. Namun, di banyak wilayah dengan tantangan geografis, baik itu perbukitan, perkebunan luas, atau jarak yang jauh, di mana penarikan kabel fiber optik tidak ekonomis, solusi nirkabel menjadi kunci utamanya.

Untuk menjangkau area tersebut, seringkali diperlukan pembangunan menara (*tower*) untuk menciptakan koneksi *Point-to-Point* (PtP) yang stabil ke lokasi sumber internet. Di atas menara inilah perangkat seperti antena berdaya jangkau tinggi dipasang untuk 'menjembatani' sinyal dari kota ke desa. Keberadaan infrastruktur mandiri ini

benar-benar terasa manfaatnya, memungkinkan masyarakat menikmati internet terjangkau.

2.2 Konsep Dasar Jaringan

2.2.1 Jaringan Komputer dan LAN (*Local Area Network*)

Jaringan komputer adalah sekumpulan dua atau lebih perangkat komputasi yang saling terhubung untuk tujuan berbagi sumber daya, seperti data, *file*, atau koneksi internet. Skala terkecil dari sebuah jaringan komputer adalah *Local Area Network* (LAN), yang mencakup area geografis terbatas seperti satu rumah, gedung perkantoran, atau kampus. Infrastruktur LAN modern umumnya dibangun menggunakan teknologi kabel *Ethernet* untuk koneksi yang stabil dan nirkabel melalui *Wi-Fi* untuk fleksibilitas. LAN menjadi fondasi dasar bagi setiap pengguna untuk dapat terhubung, sebelum akhirnya mendapatkan akses ke jaringan yang lebih luas.

2.2.2 Internet

Internet merupakan singkatan dari *Interconnected Network*, yang secara harfiah adalah jaringan global yang menghubungkan jutaan jaringan komputer (LAN, WAN, MAN) di seluruh dunia. Komunikasi antar jaringan ini dimungkinkan oleh penggunaan protokol standar, yaitu *TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)*. Melalui infrastruktur ini, pengguna dapat saling bertukar informasi dan mengakses berbagai layanan, seperti *World Wide Web* (WWW) dan surat elektronik (*e-mail*). Koneksi dari sebuah jaringan lokal (LAN) ke internet publik dijembatani oleh *Internet Service Provider* (ISP), yang bertindak sebagai gerbang utama penyedia akses. Pemahaman terhadap kedua konsep ini menjadi dasar untuk merancang solusi seperti RT/RW Net, yang pada intinya adalah upaya untuk memperluas dan mendistribusikan satu koneksi internet dari ISP ke dalam sebuah LAN berskala komunitas.

2.2.3 Alamat IP (*IP Address*)

Alamat IP (*Internet Protocol Address*) adalah sebuah label numerik unik yang ditetapkan untuk setiap perangkat yang terhubung ke dalam sebuah jaringan komputer.

Fungsinya ganda: sebagai identitas perangkat (*host identification*) dan sebagai alamat lokasinya di dalam jaringan (*location addressing*). Layaknya alamat rumah, alamat IP memastikan paket data dapat dikirim dan diterima oleh perangkat yang tepat. Setiap alamat IP terdiri dari dua bagian, yaitu *Network ID* yang mengidentifikasi segmen jaringan, dan *Host ID* yang mengidentifikasi perangkat spesifik di dalam segmen tersebut. Pembagian ini ditentukan oleh *Subnet Mask*. Selain itu, dalam sebuah jaringan lokal, terdapat *Gateway*, yaitu alamat IP dari *router* yang berfungsi sebagai pintu keluar untuk berkomunikasi dengan jaringan lain, termasuk internet. Perencanaan alamat IP yang terstruktur menjadi dasar fundamental agar *routing* antar perangkat dapat berjalan dengan benar.

2.2.4 DNS (*Domain Name System*)

DNS (*Domain Name System*) adalah sistem terdistribusi yang berfungsi untuk menerjemahkan nama domain yang mudah diingat oleh manusia (contoh: www.google.com) menjadi alamat IP numerik yang dipahami oleh komputer (contoh: 172.217.194.104). DNS sering dianalogikan sebagai "buku telepon internet". Tanpa DNS, pengguna harus menghafal rangkaian angka alamat IP yang kompleks untuk mengakses setiap situs web. Ketika seorang pengguna mencoba mengakses sebuah domain, perangkatnya akan mengirimkan permintaan ke *server DNS*. *Server DNS* kemudian akan membalas dengan alamat IP yang sesuai, yang selanjutnya digunakan oleh perangkat untuk memulai koneksi.

2.3 Konfigurasi Inti yang Diterapkan

2.3.1 VLAN (Virtual LAN)

VLAN (*Virtual Local Area Network*) adalah teknologi untuk mempartisi satu jaringan fisik, seperti pada sebuah *switch*, menjadi beberapa jaringan logis yang terisolasi. Tujuannya adalah untuk meningkatkan keamanan dan mengelompokkan perangkat, meskipun terhubung pada perangkat fisik yang sama. Pemisahan ini bekerja dengan menambahkan "label" (*tag*) digital pada paket data untuk menandai keanggotaan

VLAN-nya. Dalam praktiknya, terdapat dua jenis konfigurasi *port*: **Port Access**, yang terhubung ke perangkat pengguna akhir dan hanya mengizinkan satu VLAN lewat; serta **Port Trunk**, yang digunakan untuk menghubungkan antar perangkat jaringan (seperti *router* dan *switch*) dan mampu membawa lalu lintas dari banyak VLAN sekaligus.

2.3.2 Bridge

Bridge (Jembatan Jaringan) adalah fungsi pada perangkat jaringan yang beroperasi di Layer 2 untuk menggabungkan dua atau lebih segmen jaringan (misalnya, segmen kabel dan nirkabel) menjadi satu jaringan logis yang lebih besar. Karena bekerja berdasarkan alamat MAC, *bridge* bersifat transparan terhadap alamat IP, sehingga semua segmen yang terhubung terasa seperti berada dalam satu LAN yang sama. Dalam proyek ini, kedua antena *Point-to-Point* (MikroTik LHG) dikonfigurasi dalam **mode bridge**. Konfigurasi ini menyatukan *interface* nirkabel dan kabel di dalamnya, secara efektif menciptakan sebuah "kabel Ethernet virtual" yang transparan di udara dan memungkinkan semua lalu lintas VLAN dapat menyeberang antar lokasi tanpa memerlukan *routing*.

2.3.3 DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)

DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) adalah protokol user-server yang berfungsi untuk memberikan konfigurasi jaringan, seperti alamat IP, *subnet mask*, *default gateway*, dan *server DNS*, secara otomatis kepada setiap perangkat (*client*) yang terhubung. Tanpa DHCP, administrator harus mengatur alamat IP setiap perangkat secara manual (statis), sebuah proses yang tidak efisien dan rentan kesalahan pada jaringan berskala besar. Saat sebuah perangkat baru terhubung, ia akan mengirimkan pesan *broadcast* untuk mencari *server* DHCP. *Server* kemudian akan merespons dengan menawarkan sebuah alamat IP dari *pool* (kumpulan) alamat yang tersedia, sehingga sangat menyederhanakan proses koneksi bagi pengguna akhir.

2.3.4 NAT (*Network Address Translation*)

NAT (*Network Address Translation*) adalah sebuah mekanisme pada *router* yang berfungsi untuk mengubah alamat IP sumber atau tujuan dari sebuah paket data saat

transit. Fungsi utamanya adalah memungkinkan banyak perangkat dalam sebuah jaringan lokal (yang menggunakan alamat IP privat) untuk berbagi satu alamat IP publik yang sama saat mengakses internet. Ini menjadi solusi atas kelangkaan alamat IPv4. Salah satu jenis NAT yang paling umum adalah *Source NAT* (SNAT), di mana *router* mengganti alamat IP privat dari perangkat pengirim dengan alamat IP publik miliknya. Varian spesifik dari SNAT adalah **masquerade**, yang secara dinamis menggunakan alamat IP apapun yang ada pada *interface output router*, sangat berguna ketika alamat IP publik dari ISP bersifat dinamis atau sering berubah.

2.3.5 QoS (*Quality of Service*): Simple Queue & PCQ

QoS (*Quality of Service*) adalah serangkaian teknik untuk mengelola sumber daya jaringan, terutama *bandwidth*, guna menjamin tingkat performa tertentu bagi pengguna atau jenis lalu lintas data. Dalam jaringan dengan sumber daya terbatas yang digunakan bersama-sama seperti RT/RW Net, QoS menjadi krusial untuk memastikan keadilan (*fairness*) dan mencegah satu pengguna memonopoli seluruh koneksi. Tanpa QoS, aktivitas berat dari satu pengguna (seperti mengunduh *file* besar) dapat menyebabkan penurunan kualitas koneksi secara drastis bagi pengguna lain. Tujuan utama QoS dalam konteks ini adalah untuk membagi *bandwidth* secara terukur kepada setiap pengguna.

Di MikroTik RouterOS, salah satu cara utama untuk menerapkan QoS adalah melalui fitur **Simple Queue**. Fitur ini memungkinkan administrator untuk membuat aturan pembatasan *bandwidth* (*rate limiting*) dengan mudah untuk alamat IP atau segmen jaringan tertentu. Untuk skenario RT/RW Net dengan banyak pengguna, metode yang sangat efisien adalah dengan mengombinasikan Simple Queue dengan tipe antrian **PCQ** (*Per Connection Queue*). PCQ adalah algoritma yang secara cerdas dan dinamis membagi *bandwidth* yang tersedia secara merata kepada setiap pengguna aktif di dalam satu grup target. Dengan membuat satu aturan Simple Queue yang menargetkan seluruh jaringan *user* dan menggunakan tipe antrian PCQ, sistem dapat secara otomatis memastikan alokasi *bandwidth* yang adil, baik saat hanya ada satu pengguna yang aktif maupun saat ada puluhan pengguna yang aktif secara bersamaan.

2.4 Perangkat & Perangkat Lunak Proyek

2.4.1 Perangkat Keras Jaringan

- **Router** Router adalah perangkat Layer 3 yang berfungsi untuk menghubungkan dua atau lebih segmen jaringan yang berbeda. Perangkat ini membuat keputusan cerdas untuk meneruskan paket data antar jaringan berdasarkan alamat IP tujuan (proses *routing*). Dalam sebuah topologi, *router* sering memegang peran krusial seperti **Router Gateway**, yang menjadi gerbang utama ke jaringan eksternal seperti internet, dan **Router Inti (Core Router)**, yang menjadi pusat manajemen lalu lintas internal, menangani *routing* antar-VLAN, *firewall*, NAT, dan layanan *Quality of Service* (QoS).
- **Switch** Switch adalah perangkat Layer 2 yang menghubungkan berbagai perangkat dalam satu jaringan lokal (LAN) yang sama dan meneruskan data berdasarkan alamat MAC. **Switch Inti (Core Switch)** biasanya merupakan *switch* berkapasitas tinggi yang menjadi pusat koneksi jaringan, menghubungkan *router* inti ke berbagai segmen lainnya. Sementara itu, **Switch Agregasi (Aggregation Switch)** digunakan di hilir untuk memperbanyak jumlah *port* yang tersedia bagi sekelompok pengguna di area tertentu sebelum terhubung kembali ke *switch* inti.
- **Wireless Access Point (AP)** Wireless Access Point (AP) adalah perangkat yang berfungsi sebagai jembatan antara jaringan kabel dan nirkabel. Terdapat beberapa peran spesifik dalam topologi RT/RW Net: **Base Station**, yang biasanya dipasangkan dengan antena sektoral, bertugas untuk memancarkan sinyal ke banyak user dalam satu area luas (*Point-to-MultiPoint*). Untuk membuat koneksi nirkabel jarak jauh sebagai *backbone* jaringan, sepasang antena *high-gain* digunakan dalam mode **Point-to-Point (PtP)**.
- **CPE & AP Indoor Customer Premises Equipment (CPE)** adalah perangkat yang dipasang di lokasi pelanggan (rumah) untuk menerima sinyal nirkabel dari *Base Station*. CPE kemudian meneruskan koneksi tersebut melalui kabel ke dalam rumah. Di dalam rumah pelanggan, sebuah **AP Indoor** atau *router wireless* sederhana digunakan untuk mengubah koneksi kabel tersebut menjadi sinyal Wi-

Fi lokal, memungkinkan berbagai perangkat seperti laptop dan *smartphone* untuk terhubung ke internet.

2.4.2 Mikrotik RouterOS

MikroTik RouterOS adalah sistem operasi berbasis kernel Linux yang berfungsi untuk mengubah perangkat keras komputer standar atau perangkat RouterBOARD buatan MikroTik menjadi sebuah *router* jaringan yang fungsional. RouterOS dikenal karena fiturnya yang sangat lengkap, mencakup berbagai fungsionalitas jaringan seperti *routing*, *firewall*, NAT, manajemen *bandwidth* (QoS), DHCP, VLAN, dan masih banyak lagi. Selain berjalan pada perangkat fisik, RouterOS juga tersedia dalam versi virtual yang disebut **CHR (Cloud Hosted Router)**, yang dirancang khusus untuk berjalan di atas platform virtualisasi seperti VMware atau VirtualBox. Dalam proyek ini, *image* CHR digunakan di dalam GNS3 untuk mensimulasikan fungsionalitas dari *router* MikroTik.

2.4.3 GSN (*Graphical Network Simulator-3*)

GNS3 (*Graphical Network Simulator-3*) adalah sebuah perangkat lunak emulator jaringan *open-source* yang memungkinkan perancang jaringan untuk membangun topologi jaringan virtual yang kompleks. Berbeda dari simulator yang hanya meniru fungsionalitas perangkat, GNS3 adalah sebuah **emulator**, yang berarti ia mampu menjalankan sistem operasi jaringan yang sesungguhnya (*real network OS*) dari berbagai vendor, termasuk MikroTik CHR dan Cisco IOS, di dalam lingkungan virtual. Dengan mengintegrasikan *hypervisor* seperti VMware, GNS3 dapat mensimulasikan interaksi antar perangkat seolah-olah mereka adalah perangkat fisik sungguhan. Kegunaan utamanya adalah untuk merancang, menguji, dan melakukan *troubleshooting* konfigurasi jaringan dalam sebuah laboratorium virtual yang aman sebelum diterapkan di dunia nyata.

3. PERANCANGAN TOPOLOGI

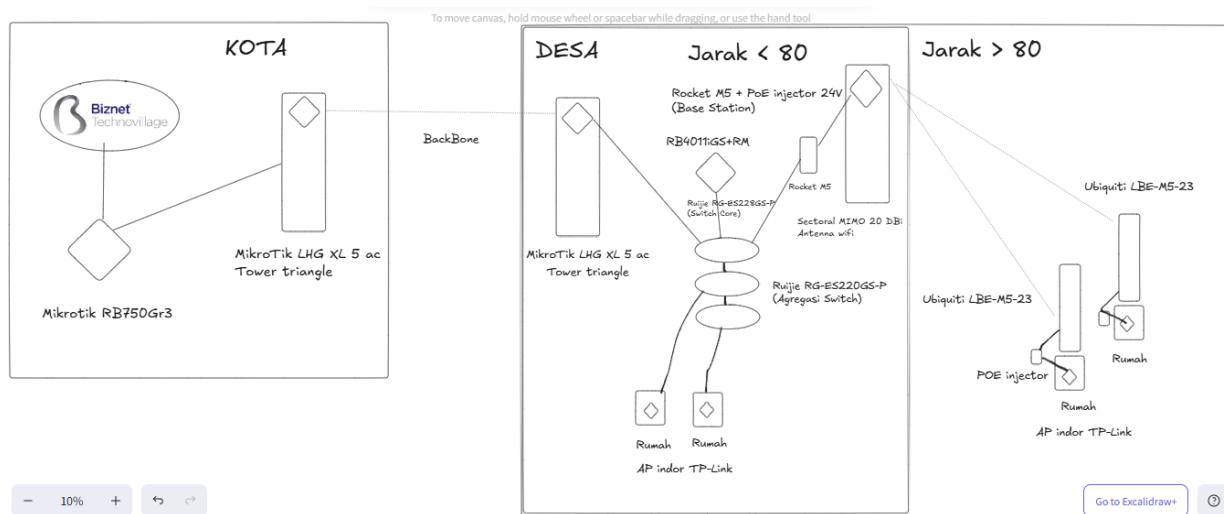
3.1 Deskripsi Umum

Bab ini merinci perancangan topologi jaringan RT/RW Net yang diusulkan, dari arsitektur konseptual hingga pemilihan perangkat keras. Tujuan utama dari perancangan ini adalah untuk membangun sebuah infrastruktur jaringan yang efisien dan skalabel untuk mendistribusikan satu sumber koneksi internet dari area KOTA ke sekitar 100 pengguna akhir di area DESA (target awal).

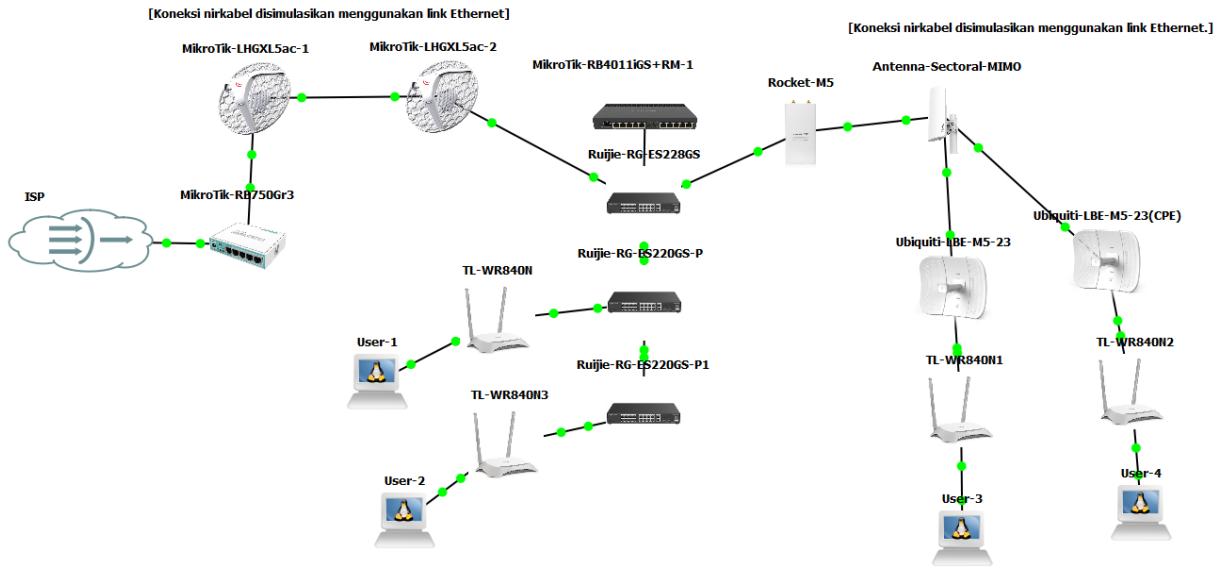
Untuk mencapai tujuan tersebut, arsitektur ini mengimplementasikan beberapa teknologi inti. Sebuah link nirkabel Point-to-Point (PtP) digunakan sebagai *backbone* utama. Di sisi desa, jaringan didistribusikan melalui mekanisme kabel dan nirkabel Point-to-MultiPoint (PtMP). Seluruh jaringan disegmentasi menggunakan VLAN untuk memisahkan lalu lintas manajemen dan pengguna, serta dikelola secara terpusat oleh sebuah Router Inti yang juga bertanggung jawab atas layanan DHCP, NAT, dan *Quality of Service* (QoS).

3.2 Rancangan Topologi

Visualisasi dari arsitektur yang dijelaskan di atas direpresentasikan dalam dua diagram berikut: desain konseptual sebagai *blueprint* dan implementasi simulasi dalam GNS3 sebagai model fungsional untuk pengujian konfigurasi.



Gambar 1. Desain Topologi Konseptual



Gambar 2. Implementasi Topologi dalam Simulasi GNS3

Seperti yang digambarkan pada diagram di atas, alur data pada topologi ini dimulai dari ISP di KOTA, melintasi *backbone* nirkabel, hingga didistribusikan di area DESA.

- Sumber & Gateway (KOTA): Sumber internet dari ISP diterima oleh MikroTik RB750Gr3 yang berfungsi sebagai *router gateway*. Tugasnya adalah sebagai titik terminasi koneksi ISP sebelum diteruskan ke jaringan internal.
- Backbone (KOTA → DESA): Koneksi dari *gateway* dijembatani ke lokasi desa melalui link nirkabel PtP menggunakan sepasang antena MikroTik LHG XL 5 ac. Perangkat ini dipilih karena kemampuannya menyediakan koneksi yang stabil dan berkecepatan tinggi untuk jarak jauh.
- Jaringan Inti (DESA): Di sisi desa, koneksi dari *backbone* diterima dan diteruskan ke MikroTik RB4011iGS+RM. Perangkat ini berperan sebagai Router Inti atau "otak" jaringan. Di sinilah semua proses manajemen utama seperti *routing* antar-VLAN, *firewall*, NAT, DHCP Server, dan manajemen *bandwidth* (QoS) diatur secara terpusat.
- Distribusi & Akses (DESA → USER): Dari Router Inti, lalu lintas didistribusikan melalui Switch Inti (Ruijie RG-ES228GS-P). Untuk pengguna jarak dekat (<80m), koneksi disalurkan melalui kabel LAN, diperluas dengan Switch Agregasi. Untuk

pengguna jarak jauh (>80m), koneksi dipancarkan oleh Base Station (Ubiquiti Rocket M5) ke CPE (Ubiquiti LBE-M5-23) di rumah pelanggan. Terakhir, koneksi di setiap rumah disebarluaskan sebagai sinyal Wi-Fi oleh AP Indoor (TL-WR840N3).

3.3 Pembagian IP Address

Untuk menciptakan jaringan yang terkelola dengan baik, topologi ini menerapkan segmentasi jaringan menggunakan dua VLAN utama yang diatur oleh Router Inti.

VLAN ID	IP Network	Gateway	Fungsi
10	172.16.0.0/24	172.16.0.1	Digunakan hanya untuk perangkat manajemen saja. Sehingga konfigurasi IP Address setiap perangkatnya cukup dilakukan secara Static .
20	172.16.1.0/24	172.16.1.1	Digunakan untuk seluruh user, baik user yang terhubung langsung melalui kabel atau melalui antena Sectoral, sehingga perlu dilakukan konfigurasi DHCP Server.

3.4 Spesifikasi Perangkat

Berikut adalah rincian perangkat jaringan yang diperlukan untuk membangun infrastruktur jaringan RT/RW Net sesuai dengan topologi yang telah dirancang.

No	Nama Perangkat	Jumlah	Estimasi Harga Satuan (Rp)	Estimasi Total (Rp)
1	Mikrotik RB750Gr3 (Router Gateway ke ISP)	1	1.020.000	1.020.000
2	Mikrotik RB4011iGS+RM (Router Core internal)	1	4.099.000	4.099.000
3	MikroTik LHG XL 5 ac	2	2.109.000	4.218.000
4	Tower Triangle	2	1.200.000	2.400.000
5	Ruijie RG-ES228GS-P	1	5.500.000	5.500.000

	(Switch Core)			
6	Ruijie RG-ES220GS-P (Agregasi Switch)	2	9.011.000	18.022.000
7	Sectoral MIMO 20 dBi	1	3.100.000	3.100.000
8	Rocket M5 (Base Station)	1	831.979	831.979
9	Ubiquiti LBE-M5-23 (CPE)	-	1.020.000	-
10	TP-Link TL-WR840N	-	199.000	-
11	Kabel LAN (FTP) Cat 6	-	584.500 / roll	-
12	Kabel LAN (UTP) Cat 6	-	2.572.300 / roll	-
13	POE Injector 24 V	-	150.000	-

Berdasarkan tabel di atas, total estimasi biaya awal untuk pengadaan perangkat infrastruktur inti adalah **sekitar Rp 41.190.000**. Perlu dicatat bahwa total ini **belum termasuk** biaya pengadaan perangkat di masing-masing pelanggan, seperti unit CPE dan AP Indoor, yang jumlahnya akan disesuaikan dengan banyaknya pelanggan yang bergabung.

4. IMPLEMENTASI DAN KONFIGURASI

Catatan Simulasi:

Karena GNS3 tidak mendukung simulasi perangkat wireless, beberapa perangkat seperti antena, *Access Point* (AP) indoor, dan CPE (Client Premises Equipment) disimulasikan menggunakan *switch* standar bawaan GNS3. Meskipun demikian, fungsi utama dalam penerusan lalu lintas data (traffic forwarding) tetap dapat terwakili dengan baik.

4.1 Konfigurasi MikroTik RB4011iGS+RM (Core Router)

Langkah 1: Membuat *interface* VLAN 10 dan VLAN 20 melalui *interface* fisik ether1.

Langkah 2: Penetapan IP Address pada setiap VLAN sebagai gateway utama:

- VLAN 10: 172.16.0.1/24
- VLAN 20: 172.16.1.1/24

Langkah 3: Mengonfigurasi *DHCP Server* pada VLAN 20 agar pengguna (*user side*) memperoleh alamat IP secara otomatis. *Address pool*: 172.16.1.2 – 172.16.1.254

Langkah 4: Menetapkan *default route* menuju gateway Router RB750Gr3 (sumber internet). *Gateway address*: IP yang digunakan oleh RB750Gr3 pada jaringan VLAN 10.

```
[admin@MikroTik] > ip add pr
Columns: ADDRESS, NETWORK, INTERFACE
# ADDRESS      NETWORK      INTERFACE
0 172.16.0.1/24 172.16.0.0  wlan10-manajemen
1 172.16.1.1/24 172.16.1.0  wlan20-users
[admin@MikroTik] > ip dhcp-server pr
Columns: NAME, INTERFACE, ADDRESS-POOL, LEASE-TIME
# NAME      INTERFACE      ADDRESS-POOL      LEASE-TIME
0 dhcp_vlan20  wlan20-users  pool_vlan20  30m
[admin@MikroTik] >
```

Gambar 3. Tampilan konfigurasi VLAN dan DHCP Server pada MikroTik RB4011 di GNS3

4.2 Konfigurasi MikroTik RB750Gr3 (Router Gateway ke ISP)

Langkah 1: Mengaktifkan DHCP Client pada *interface* ether1 untuk menerima IP dari ISP.

Langkah 2: Menetapkan IP Address statis pada *interface* ether2 untuk jaringan VLAN 10 (172.16.0.4/24).

Langkah 3: Mengonfigurasi *firewall NAT* untuk memungkinkan *forwarding* internet ke seluruh perangkat jaringan lokal.

Langkah 4: Menambahkan *DNS Server* publik (Google 8.8.8.8) agar perangkat dalam jaringan dapat melakukan ping *name resolution*.

```
2023-10-07 10:28:00 system,error,critical login failure for user a
[admin@MikroTik] > ip add pr
Flags: D - DYNAMIC
Columns: ADDRESS, NETWORK, INTERFACE
# ADDRESS           NETWORK      INTERFACE
0 172.16.0.4/24    172.16.0.0   ether2
1 D 192.168.122.62/24 192.168.122.0 ether1
[admin@MikroTik] > ip firewall nat pr
Flags: X - disabled, I - invalid; D - dynamic
0 chain=srcnat action=masquerade out-interface=ether1
[admin@MikroTik] > ip dns pr
servers: 8.8.8.8
          1.1.1.1
dynamic-servers: 192.168.122.1
use-doh-server:
verify-doh-cert: no
```

Gambar 4. Tampilan konfigurasi IP Address, NAT dan DNS pada MikroTik RB750Gr3

4.3 Konfigurasi Mikrotik LHG XL 5 ac – Transiver (Kota)

Langkah 1: Membuat *bridge interface* untuk menggabungkan ether1 dan ether2 agar dapat bekerja pada Layer 2.

Langkah 2: Memberikan IP Address pada *bridge* sesuai dengan *network ID VLAN 10* (172.16.0.3/24).

```
2023-10-07 10:22:58 system,error,critical router was rebooted
[admin@MikroTik] > int bridge pr
Flags: D - dynamic; X - disabled, R - running
0 R name="bridge-ptp" mtu=auto actual-mtu=1500 l2mtu=65535
      protocol-mode=rstp fast-forward=yes igmp-snooping=no au
      max-message-age=20s forward-delay=15s transmit-hold-cou
      mvrp=no max-learned-entries=auto
[admin@MikroTik] > ip add pr
Columns: ADDRESS, NETWORK, INTERFACE
# ADDRESS           NETWORK      INTERFACE
0 172.16.0.3/24    172.16.0.0   bridge-ptp
[admin@MikroTik] > █
```

Gambar 5. Konfigurasi *bridge interface* pada Mikrotik LHG XL 5 ac (Transiver – Kota)

4.4 Konfigurasi Mikrotik LHG XL 5 ac – Receiver (Desa)

Langkah 1: Membuat *bridge interface* untuk menggabungkan ether1 dan ether2.

Langkah 2: Memberikan IP Address sesuai *network ID VLAN 10* (172.16.0.2/24).

Langkah 3: Menetapkan *default route* menuju IP 172.16.0.1 sebagai gateway VLAN 10.

```
2023-10-07 18:22:55 system,error,critical Router was rebooted
[admin@MikroTik] > ip add pr
Columns: ADDRESS, NETWORK, INTERFACE
# ADDRESS      NETWORK      INTERFACE
0 172.16.0.2/24 172.16.0.0 bridge-ptp
[admin@MikroTik] > ip route pr
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, s - STATIC
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, ROUTING-TABLE, DISTANCE
#   DST-ADDRESS      GATEWAY      ROUTING-TABLE  DISTANCE
0  As 0.0.0.0/0    172.16.0.1  main          1
    DAC 172.16.0.0/24 bridge-ptp  main          0
[admin@MikroTik] >
```

Gambar 6. Konfigurasi Mikrotik LHG XL 5 ac (Receiver – Desa)

4.5 Manajemen Bandwidth Menggunakan PCQ

Langkah 1: Pengujian Awal

Sebelum manajemen bandwidth diterapkan, dilakukan pengujian koneksi antar pengguna untuk mengetahui nilai *throughput* dasar (*baseline*) dan didapat bandwith sebesar 560k untuk download dan 920k untuk upload.

```
rtt min/avg/max/mdev = 30.657/31.783/32.909/1.126 ms
root@debian:/home/debian# speedtest-cli --simple
Ping: 36.243 ms
Download: 0.56 Mbit/s
Upload: 0.92 Mbit/s
root@debian:/home/debian#
```

Gambar 7. Hasil uji koneksi sebelum penerapan manajemen bandwidth

Langkah 2: Penerapan PCQ

Pada tahap ini, dilakukan konfigurasi pembatasan bandwidth menggunakan metode *Per Connection Queue (PCQ)* pada router core RB4011. Tujuannya adalah memastikan pembagian bandwidth yang proporsional bagi seluruh pengguna aktif.

Metode *Per Connection Queue (PCQ)* digunakan karena mampu membagi bandwidth secara otomatis untuk setiap koneksi aktif tanpa perlu pengaturan manual berdasarkan alamat IP statis. Dalam konteks jaringan RT/RW Net yang menggunakan sistem DHCP dinamis, metode ini sangat efektif karena setiap perangkat yang terhubung akan mendapatkan jatah bandwidth secara adil.

Secara konsep, PCQ berfungsi sebagai “**cetakan**” (**template**) yang menentukan bagaimana bandwidth dibagi antar pengguna. Penerapannya dilakukan melalui **Simple Queue**, sehingga pembagian bandwidth ini berlaku secara global pada seluruh subnet pengguna, yaitu **VLAN 20 (172.16.1.0/24)**.

Rasio pembagian bandwidth ditetapkan **1:3** antara arah *download* dan *upload*. Berdasarkan total kapasitas koneksi ISP sebesar **0.56 Mbps (download)** dan **0.92 Mbps (upload)**, maka batas efektif bandwidth yang digunakan dalam konfigurasi adalah:

- Download: **0.56 Mbps (560 kbps)**
- Upload: **0.186 Mbps (186 kbps)**

Nilai tersebut menjadi batas maksimum yang akan diterapkan pada *Simple Queue*. Karena simulasi melibatkan **empat host aktif**, maka masing-masing host memperoleh alokasi rata-rata bandwidth sebesar **0.14 Mbps (140 kbps)** untuk *download* dan **0.046 Mbps (46 kbps)** untuk *upload*. Nilai inilah yang digunakan pada konfigurasi *PCQ Rate* di template PCQ.

Konfigurasi PCQ (Queue Type)

- Cetakan pcq-download
 - Classifier: dst-address
 - PCQ Rate: 140 kbps
- Cetakan pcq-upload
 - Classifier: src-address
 - PCQ Rate: 46 kbps

Konfigurasi Simple Queue

- Target: 172.16.1.0/24

- Queue Type: pcq-download / pcq-upload
- Max Limit: 560k / 186k

Parameter *Max Limit* menandakan total kapasitas bandwidth yang dibagi berdasarkan rasio download dan upload. Sementara *PCQ Rate* menentukan batas alokasi rata-rata per koneksi aktif.

```

5   name="pcq-download" kind=pcq pcq-rate=140k pcq-limit=50KiB
      pcq-burst-rate=0 pcq-burst-threshold=0 pcq-burst-time=10s
      pcq-src-address6-mask=128 pcq-dst-address6-mask=128

6   name="pcq-upload" kind=pcq pcq-rate=46k pcq-limit=50KiB pcq-
      pcq-burst-rate=0 pcq-burst-threshold=0 pcq-burst-time=10s
      pcq-src-address6-mask=128 pcq-dst-address6-mask=128

[admin@MikroTik] > queue simple
[admin@MikroTik] /queue/simple> pr
Flags: X - disabled, I - invalid; D - dynamic
  0   name="bandwidth manajemen" target=172.16.1.0/24 parent=none
      limit-at=0/0 max-limit=560k/186k burst-limit=0/0 burst-thre
[admin@MikroTik] /queue/simple>

```

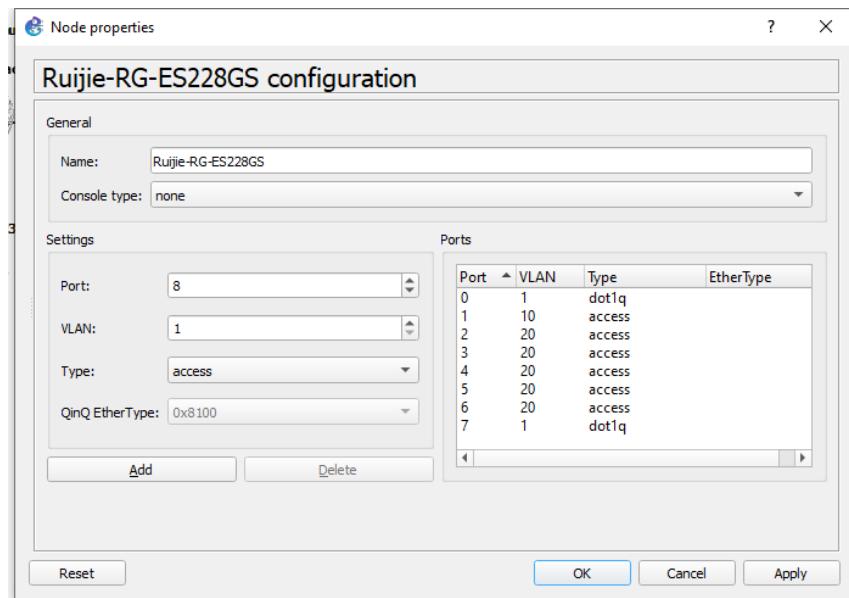
Gambar 8. Manajemen bandwidth pada MikroTik RB4011.

4.6 Konfigurasi Switch Ruijie RG-ES228GS (Core Switch)

Langkah 1: Menetapkan *Trunk Port*(*dot1q*) pada ether0 untuk menerima VLAN 10 dan VLAN 20 dari Core Router serta *uplink* ke Rocket M5.

Langkah 2: Mengatur *Access VLAN 10* pada ether1 yang terhubung ke perangkat PTP (Point-to-Point).

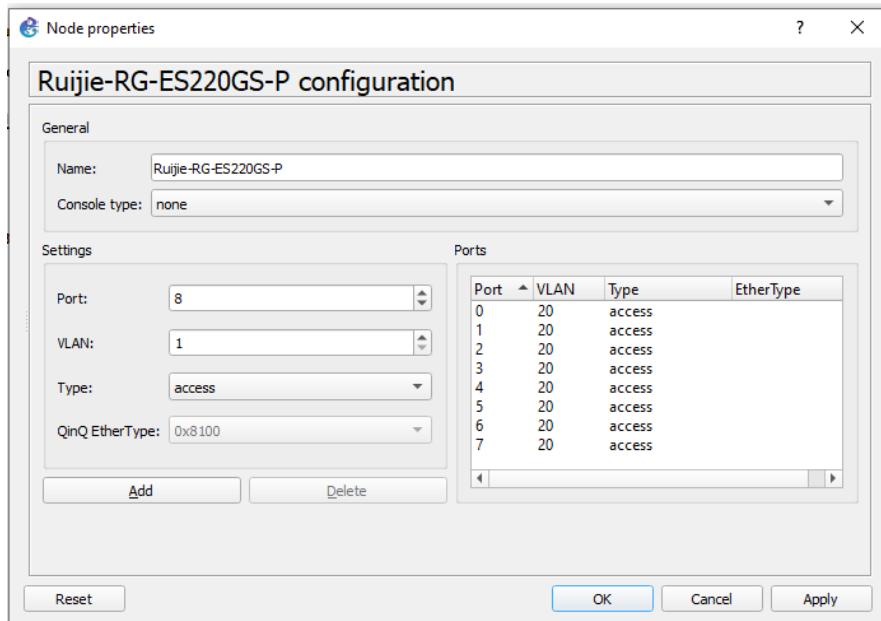
Langkah 3: Mengatur *Access VLAN 20* untuk port ke arah user dan uplink ke *Aggregation Switch*.



Gambar 9. Diagram konfigurasi trunk dan access VLAN pada Core Switch

4.7 Konfigurasi Switch Ruijie RG-ES220GS-P (Aggregation Switch)

Langkah 1: Menetapkan seluruh port sebagai *Access VLAN 20* karena seluruh koneksi menuju ke user.



Gambar 10. Skema pengaturan VLAN 20 pada Aggregation Switch

4.8 Konfigurasi Perangkat Simulasi Wireless

a. Rocket M5 (Base Station)

- Interface *ether0*: Trunk dari Switch Core
- Interface *ether1*: Trunk menuju Antena Sectoral MIMO

b. Antena Sectoral MIMO

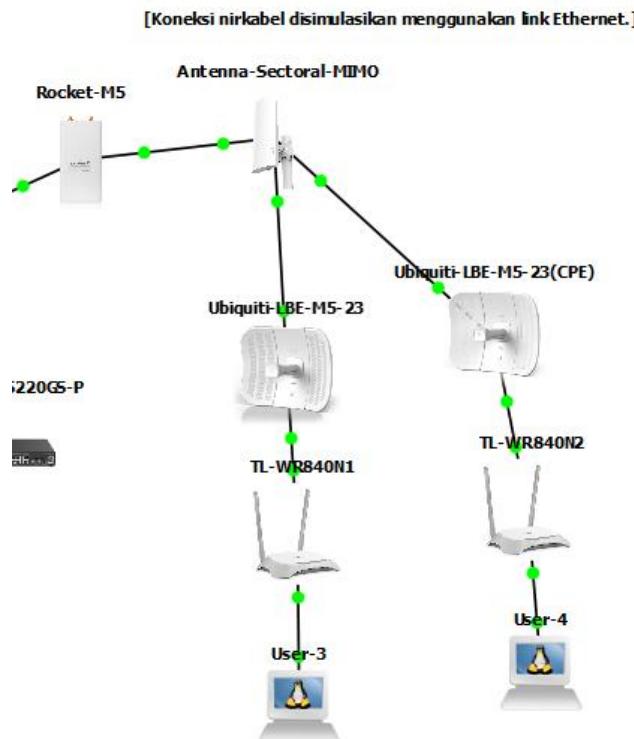
- Interface *ether0*: Trunk ke Rocket M5
- Interface *ether1* dan *ether2*: Trunk menuju CPE pengguna

c. Ubiquiti LBE-M5-23 (CPE)

- Interface *ether0*: Trunk dari Sectoral MIMO
- Interface *ether1*: Access VLAN 20 menuju AP rumah pengguna

d. TP-Link TL-WR840N (AP Indoor per Rumah)

- Semua interface diatur pada VLAN 20. Berfungsi mendistribusikan koneksi nirkabel ke perangkat rumah tangga



Gambar 11. Ilustrasi koneksi antar perangkat distribusi di sisi pengguna.

4.9 Akses Proyek GNS3 (File Simulasi)

File proyek mencakup topologi lengkap beserta konfigurasi router dan perangkat jaringan yang digunakan.

Tautan Akses: <https://bit.ly/48Rqi1u>

Keterangan:

- Versi lengkap (± 953 MB) mencakup seluruh image QEMU dan siap dijalankan langsung.
- Versi ringan (<1 MB, tanpa image) dapat digunakan sebagai referensi struktur topologi.

5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Pengujian DHCP dan Alokasi IP

Pengujian pertama bertujuan untuk memvalidasi fungsionalitas DHCP Server yang telah dikonfigurasi pada Core Router (RB4011). User uji (PC virtual) yang terhubung ke *port access* VLAN 20 diharapkan dapat memperoleh alokasi alamat IP secara otomatis dari *pool* yang telah ditentukan.

```
root@debian:/home/debian# dhclient -v
Internet Systems Consortium DHCP Client 4.4.3-P1
Copyright 2004-2022 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit https://www.isc.org/software/dhcp/

Listening on LPF/ens4/0c:c5:98:05:00:00
Sending on LPF/ens4/0c:c5:98:05:00:00
Sending on Socket/fallback
DHCPOFFER of 172.16.1.254 from 172.16.1.1
DHCPREQUEST for 172.16.1.254 on ens4 to 255.255.255.255 port 67 interval 4
DHCPACK of 172.16.1.254 from 172.16.1.1
bound to 172.16.1.254 -- renewal in 771 seconds.
root@debian:/home/debian#
```

Gambar 12. Hasil Uji DHCP Client pada PC User

5.2 Pengujian Konektivitas Internet

Setelah user mendapatkan alamat IP, pengujian dilanjutkan untuk memastikan user berhasil terkoneksi ke internet dengan ping ke DNS public milik Google.

```
root@debian:/home/debian# ping 8.8.8.8
PING 8.8.8.8 (8.8.8.8) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=1 ttl=125 time=34.6 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=2 ttl=125 time=32.9 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=3 ttl=125 time=31.5 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=4 ttl=125 time=32.5 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=5 ttl=125 time=34.8 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=6 ttl=125 time=32.2 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=7 ttl=125 time=33.7 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=8 ttl=125 time=103 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=9 ttl=125 time=43.4 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=10 ttl=125 time=49.3 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=11 ttl=125 time=56.6 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=12 ttl=125 time=55.5 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=13 ttl=125 time=33.5 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=14 ttl=125 time=32.9 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=15 ttl=125 time=270 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=16 ttl=125 time=56.9 ms
```

Gambar 13. Hasil Uji Konektivitas Internet

5.3 Pengujian Manajemen Bandwidth (QoS)

Selanjutnya, aturan Simple Queue dengan metode PCQ yang membatasi kecepatan per pengguna hingga **0.56 Mbps download dan 0.14 Mbps upload** diaktifkan. Pengujian dilakukan dengan website speedtest-cli yang sebelumnya telah di install pada PC user.

```
root@debian:/home/debian# speedtest-cli --simple
Ping: 55.918 ms
Download: 0.02 Mbit/s
Upload: 0.03 Mbit/s
root@debian:/home/debian# █
```

Gambar 14. Hasil Uji Kecepatan Setelah Implementasi QoS

5.4 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan serangkaian pengujian di atas, dapat ditarik analisis bahwa seluruh konfigurasi inti telah berjalan sesuai dengan perancangan. User yang terhubung ke

jaringan berhasil memperoleh alokasi IP dari segmen VLAN 20 secara dinamis, dan koneksi menuju internet publik dapat terjalin tanpa kendala.

Dari hasil pengujian, seluruh *client* berhasil memperoleh IP dari VLAN 20 dan *bandwidth* terbagi rata sesuai parameter PCQ. Hal ini menunjukkan konfigurasi DHCP dan QoS berjalan efektif. Dengan demikian, simulasi ini memvalidasi bahwa desain topologi dan skema konfigurasi yang dirancang telah memenuhi semua tujuan fungsional yang ditetapkan untuk sebuah jaringan RT/RW Net.

6. KESIMPULAN

Simulasi dan perancangan jaringan RT/RW Net berbasis MikroTik yang dilakukan melalui GNS3 berhasil mewujudkan topologi fungsional yang merepresentasikan sistem distribusi internet komunitas secara efektif. Seluruh konfigurasi, mulai dari VLAN, DHCP, NAT, hingga manajemen bandwidth menggunakan metode Per Connection Queue (PCQ), telah berjalan dengan baik sesuai rancangan yang dibuat.

Implementasi PCQ melalui Simple Queue memungkinkan pembagian bandwidth yang adil kepada setiap pengguna, sehingga seluruh client mendapatkan kecepatan akses yang merata tanpa adanya dominasi trafik dari satu perangkat. Selain itu, hasil simulasi menunjukkan bahwa komunikasi antarperangkat antar-VLAN dapat berjalan stabil, dan setiap node memperoleh alamat IP secara otomatis dari DHCP server yang berada di Router pusat.

Dengan demikian, proyek simulasi ini tidak hanya menunjukkan kemampuan konfigurasi jaringan yang baik, tetapi juga memperlihatkan pemahaman mendalam terhadap konsep dasar manajemen jaringan, Quality of Service (QoS), serta implementasi hierarki distribusi jaringan berbasis komunitas. Topologi dan metode yang digunakan dalam simulasi ini dapat dijadikan acuan awal dalam pengembangan sistem RT/RW Net nyata yang efisien, terukur, dan mudah dikelola di lingkungan masyarakat.