

Kombinasi Protokol *Routing* OSPF dan BGP dengan VRRP, HSRP, dan GLBP

(Combination of Routing Protocol OSPF and BGP Using VRRP, HSRP, and GLBP)

Debbi Irfan Mudhoep¹, Linawati², Oka Saputra³

Abstract—Vocational High Schools as educational institution that adopt vocation based curriculum get the advantages and benefits of the development of the teaching factory. Teaching factory is a product and business oriented concept of learning in response to the challenges and development of the industry. However, during the pandemic period, teaching factory management faces many obstacles, one of which is in the performance of the network. The current network uses static routing network protocol which has no backup line or track. It is, therefore, suggested to apply dynamic routing OSPF and BGP with the VRRP, HSRP, and the GLBP workload method as the backup line which is measured through the throughput, delay, and packet loss parameter, for its Quality of Service (QoS). The research scenario stage applies each routing protocol to each performance method, so that it can be measured to obtain the expected QoS results at end users. The best result that will be recommended is routing OSPF by VRRP method because it has less than 1 second time comparison when there is a network failure. It is shown in the QoS result of 3.96, which shows that it is very satisfactory compared to others.

Intisari—Sekolah Menengah Kejuruan sebagai sekolah menengah berbasis vokasi mendapatkan manfaat sebagai pengembangan *teaching factory*. *Teaching factory* adalah konsep pembelajaran yang berorientasi pada produksi dan bisnis untuk menjawab tantangan perkembangan industri. Namun, di tengah pandemi, pengelolaan *teaching factory* mendapatkan hambatan dari sisi kinerja jaringan yang tidak andal. Kondisi yang sudah ada menggunakan protokol jaringan *static routing* dan tidak memiliki jalur cadangan pada jaringan. Oleh karena itu, diusulkan penggunaan *dynamic routing* OSPF dan BGP dengan metode pembebanan kinerja VRRP, HSRP, dan GLBP sebagai jalur cadangan, yang diukur melalui parameter *throughput*, *delay*, dan *packet loss* untuk *Quality of Service*. Tahapan skenario penelitian menerapkan masing-masing *dynamic routing protocol* pada ketiga metode pembebanan kinerja agar mampu diukur dan memperoleh hasil QoS yang diharapkan di *end user*. Hasil terbaik yang direkomendasikan yaitu *dynamic routing* OSPF dengan metode pembebanan kinerja VRRP karena memberikan perbandingan waktu kurang dari 1 detik saat terjadi kegagalan jalur pada jaringan internet. Hal ini terbukti dari QoS sebesar

3,96 dengan kategori sangat memuaskan, lebih baik dibandingkan lainnya.

Kata Kunci—QoS, OSPF, BGP, VRRP, HSRP, GLBP.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan berkomunikasi dan telekomunikasi menggunakan jaringan internet serta *intranet* sangat krusial [1]. Demikian juga dalam dunia pendidikan. Pemanfaatan internet dalam pembelajaran tidak hanya dapat memberikan kontribusi positif terhadap kegiatan akademik siswa, tetapi juga bagi guru [2].

Teaching Factory (TEFA) adalah pembelajaran yang menghadirkan suasana yang mendekati lingkungan dan aktivitas industri sesungguhnya melalui kerja sama dengan industri, dengan pembelajaran berbasis produk untuk menghasilkan lulusan yang kompeten, berkarakter, berbudaya kerja, dan berjiwa wiraswasta melalui kegiatan produksi baik berupa barang atau jasa yang memiliki standar perencanaan, prosedur, dan pengendalian kualitas industri dan layak dipasarkan ke konsumen/masyarakat [3]. Kerja sama dengan dunia usaha dan dunia industri serta pihak swasta memberikan warna tersendiri karena sesuai aturan, wajib digunakan jasa *Internet Service Provider* (ISP) milik pemerintah. Oleh karena itu, penggunaan kedua jasa ISP, milik pemerintah dan pihak swasta, di sekolah sebagai pemenuhan internet menjadi sebuah tantangan.

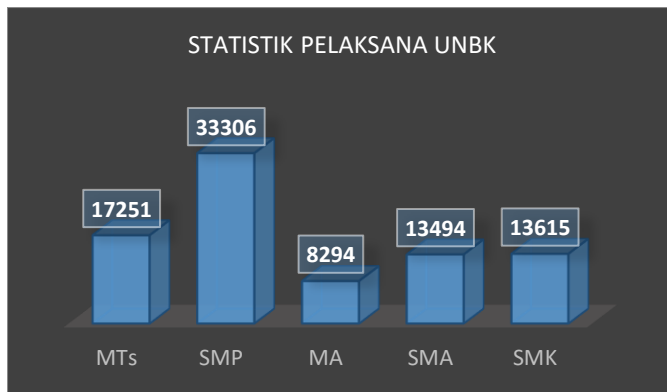
Pemanfaatan internet di sekolah seperti pemenuhan kebutuhan guru dan siswa untuk pembelajaran, pengembangan data pribadi dalam aplikasi dapodik, bantuan operasional, absen, serta kamera berbasis internet, *electronic catalogue*, ujian nasional berbasis komputer, ujian sekolah berbasis komputer, ujian semester berbasis komputer, dan *Mini ISP* sebagai produk *teaching factory* membuat *backbone traffic* menjadi padat dan kualitas koneksi menjadi tantangan. Hal ini terbukti pada data terakhir tahun 2020 dari sumber Pusat Penilaian Pendidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan tentang kesiapan sekolah untuk Ujian Nasional Berbasis Komputer *full online* yang ditunjukkan pada Gbr. 1.

Penyelenggara akses internet, baik oleh penyelenggara jaringan (*network operator*) maupun penyelenggara jasa (ISP), secara kompetitif menyediakan layanan dengan ragam *Quality of Service* (QoS) lalu lintas jaringan [4]. Mengoptimalkan konfigurasi jaringan merupakan sebuah tantangan [5].

Kegagalan *port* atau jaringan sederhana apa pun tidak dapat diterima dan dapat menyebabkan kerugian yang signifikan bagi jaringan institusi penting mana pun [6]. Kegagalan dalam

¹ Jurusan Teknik Komputer dan Jaringan, SMKN 1 Bangli, Jln. Brigjen Ngurah Rai, Bangli, Bali 80613 INDONESIA (Tlp.: 0361-91091; e-mail: irfandeb@yahoo.com)

^{2,3} Program Pasca Sarjana Fakultas Teknik, Universitas Negeri Udayana, Jln. P.B. Sudirman, Denpasar, Bali 80232 INDONESIA (Tlp.:0361-239599; e-mail: linawati@unud.ac.id, okasaputra@unud.ac.id)



Gbr. 1 Sekolah penyelenggara UNBK *full online* tahun 2020 di Indonesia.

jaringan, baik *link failure* ataupun *devices failure*, dapat diatasi dengan tiga metode pembagian beban, yaitu *Virtual Router Redundancy Protokol (VRRP)*, *Hot Standby Routing Protokol (HSRP)*, dan *Gateway Load Balancing Protokol (GLBP)* [7]. *Load balancing* mampu menurunkan *delay* sebesar 27,3% dan *packet loss* hingga 55,6% [8]. Tugas utama dari *load balancer* adalah mendistribusikan lalu lintas jaringan ke berbagai server [9].

Protokol *routing* merupakan *layer network* yang berfungsi bertanggung jawab membawa data melewati sekumpulan jaringan dengan cara memilih jalur terbaik untuk dilewati data [10]. *Router* seharusnya memperbarui tabel peruteannya untuk membuat keputusan jalur terbaik untuk mentransfer paket berdasarkan pemilihan tabel perutean [11]. Salah satu contoh *routing* dinamis adalah *Open Shortest Path First (OSPF)* dan *Border Gateway Protokol (BGP)*. Pada jenis ini, tidak diperlukan seorang administrator untuk mengatur jalannya komunikasi [12], [13].

Penelitian menunjukkan bahwa metode HSRP memiliki pilihan yang tepat dalam menangani *redundancy* jaringan privat kampus [14]. Penelitian lain menyajikan metode VRRP sebagai teknik terbaik dalam menangani *failover link* pada *network* perusahaan [15], berbeda dengan penelitian penerapan GLBP pada ISP yang dianggap memiliki kinerja terbaik dalam hal penggunaan *Central Processing Unit (CPU)* dan *bandwidth* dibandingkan VRRP dan HSRP [16]. Penelitian protokol *redundancy* VRRP dan HSRP memberikan hasil bahwa VRRP lebih baik daripada HSRP terhadap *delay* dan *packet loss* [17]. VRRP digunakan secara konvensional untuk menyediakan fungsional *gateway* tanpa adanya gangguan di internet serta mampu menyediakan *backup gateway* jika *gateway* utama mengalami kegagalan di dalam jaringan LAN [18]–[21].

Sementara itu, pada evaluasi kinerja jaringan, *Routing Information Protokol (RIP)* berbeda penerapan dengan OSPF dan *Enhanced Interior Gateway Routing Protokol (EIGRP)*, yaitu penggunaan yang lebih sederhana dibandingkan dengan jaringan yang kompleks. Analisis kelebihan dan kekurangan protokol *routing* BGP dan OSPF untuk *failover* memberikan hasil *routing* OSPF memiliki kestabilan jika antar *link* stabil, berbeda dengan BGP yang lebih cocok pada kondisi *link* kurang stabil [17], [22].

QoS adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan data yang baik pada suatu jaringan. QoS

TABEL I
INDEKS PARAMETER QoS

Nilai	Persentase (%)	Indeks
3,8 – 4	95 – 100	Sangat Memuaskan
3 – 3,79	75 – 95,75	Memuaskan
2 – 2,99	50 – 74,75	Kurang Memuaskan
1 – 1,99	25 – 49,75	Buruk

TABEL II
STANDAR KUALITAS ITU-T G.114 UNTUK *THROUGHPUT*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput (kbps)</i>	Indeks
Sangat Bagus	76 – 100	4
Bagus	51 – 75	3
Sedang	26 – 50	2
Jelek	< 25	1

TABEL III
STANDAR KUALITAS ITU-T G.114 UNTUK *DELAY*

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay (ms)</i>	Indeks
Sangat Bagus	< 150	4
Bagus	150 – 300	3
Sedang	300 – 450	2
Jelek	> 450	1

TABEL IV
STANDAR KUALITAS ITU-T G.114 UNTUK *PACKET LOSS*

Kategori <i>Packet Loss</i>	<i>Packet Loss (%)</i>	Indeks
Sangat Bagus	0 – 2,99	4
Bagus	3 – 14,99	3
Sedang	15 – 24,99	2
Jelek	> 25	1

digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu servis [22]. QoS merupakan hal yang sangat penting untuk memberikan jaminan kepada pengguna jaringan untuk memperbaiki layanannya [23], [24]. Standar QoS mengikuti standar ITU-T G.114 dengan huruf G menunjukkan standar untuk menentukan sistem transmisi dan media, sistem digital, serta jaringan [25]. Parameter pengujian terdiri atas *delay*, *packet loss*, dan *throughput* dari VRRP, HSRP, dan GLBP dalam merekomendasikan metode terbaik mengatasi kegagalan jaringan dengan penerapan protokol *routing* OSPF dan BGP [22]. Indeks parameter QoS ditunjukkan pada Tabel I dengan nilai rata-rata dari masing-masing pengujian *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. Standardisasi parameter *throughput*, *delay*, dan *packet loss* dengan kategori dan indeks tertentu ditunjukkan pada Tabel II sampai Tabel IV [26].

SMKN 1 Bangli terdiri atas empat konsentrasi jurusan, yaitu administrasi perkantoran, teknik komputer dan jaringan, pemasaran, dan akuntansi, dengan jumlah keseluruhan peserta didik 812 siswa yang tersebar di masing-masing jurusan tersebut. Tenaga pendidik berjumlah 71 orang, tenaga kependidikan berjumlah 34 orang, dan tenaga honor komite sekolah berjumlah 28 orang. Di sekolah ini terdapat 26 ruang kelas dan tujuh lab yang berkapasitas tiga puluh komputer serta didukung dengan ruang praktik masing-masing jurusan. Untuk ketersediaan internet, di SMKN 1 Bangli digunakan dua jenis *provider*, yaitu ISP A dan ISP B.

TABEL V
REKAPITULASI PARAMETER QoS SEBELUM UJI KINERJA

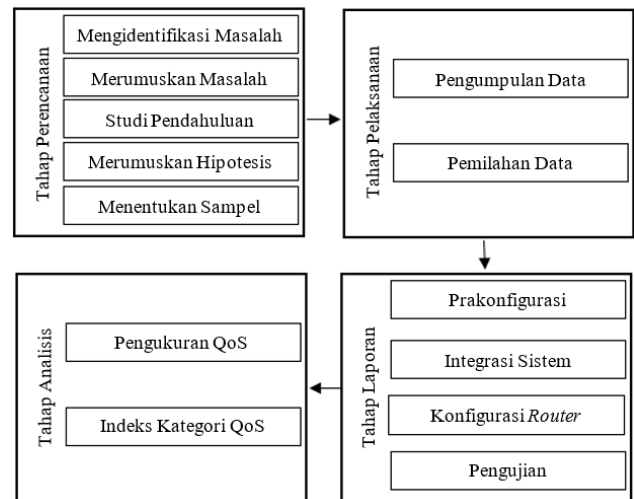
No.	Pengukuran	Parameter QoS Jam Kerja			Parameter Indeks			Nilai Total	Kategori
		Packet Loss	Delay (ms)	Throughput	Packet Loss	Delay	Throughput		
1	R. Guru	3,80%	463,652	8,43	3	2	1	2,00	Kurang
2	R. Tata Usaha	3,70%	25,845	28,70	1	4	2	2,33	Kurang
3	R. Perpus	6,80%	319,461	16,23	3	2	1	2,00	Kurang
4	R. Lab	0,50%	32,031	30,61	4	3	2	3,00	Memuaskan
5	Zona Wi-Fi	2,70%	769,896	6,61	4	1	1	2,00	Kurang
6	Cust 1	2,60%	20,708	37,17	4	4	2	3,00	Memuaskan
7	Cust 2	1,50%	56,927	14,23	4	4	1	3,00	Memuaskan
8	Cust 3	1,10%	41,315	22,61	4	4	2	3,00	Memuaskan
Total Akumulasi								2,54	Kurang

ISP A digunakan untuk pemenuhan kebutuhan internal pengguna internet di SMKN 1 Bangli dengan akses yang sudah diberikan sesuai tingkatan, dari siswa, guru, pegawai, tamu, teknisi, hingga administrator. Sementara itu, ISP B digunakan untuk pemenuhan kebutuhan eksternal pengguna internet di luar SMKN 1 Bangli yang masuk di dalam ranah *Teaching Factory Mini ISP TKJ*. *Teaching factory* menjadi konsep pembelajaran dalam keadaan yang sesungguhnya sebagai penghubung kesenjangan kompetensi antara pengetahuan yang diberikan sekolah dan kebutuhan industri. Pandemi Covid-19 membuat proses belajar-mengajar dilaksanakan secara daring (*online*), termasuk pembelajaran *teaching factory/praktik* atau lebih dikenal dengan istilah TEFA [27].

Penggunaan dua buah perangkat *router* sebagai jalur utama dan jalur cadangan mampu memberikan pengaruh ketika terjadi kegagalan jalur di unit produksi SMKN 1 Bangli. *Teaching factory* yaitu *Mini ISP* sangat menjaga agar pelanggan tidak mengalami putus jaringan serta tidak menutup akses jaringan internet di dalam sekolah yang digunakan oleh seluruh warga sekolah, seperti guru, pegawai, siswa, serta tamu. *Routing table* secara dinamis oleh OSPF dan metode pembebanan kinerja VRRP memberikan perbandingan waktu kurang dari 1 detik saat terjadi kegagalan jalur pada jaringan internet, sehingga sangat cocok diimplementasikan dengan kondisi pemanfaatan internet di sekolah, seperti kestabilan untuk ujian nasional berbasis komputer, ujian sekolah berbasis komputer, pendataan dapodikdasmen, hingga pengembangan *teaching factory* di unit produksi *Mini ISP*.

Kontribusi makalah ini adalah mengatasi kegagalan dalam jaringan di SMKN 1 Bangli, baik pada *link failure* maupun *devices failure*, menggunakan dua jenis protokol *routing*, yaitu BGP dan OSPF, dengan ditambahkan metode pembebanan kinerja VRRP, HSRP, dan GLBP. Implementasi dilakukan dengan menggunakan beberapa *router* dengan jalur utama dan jalur tambahan yang langsung diterapkan di jaringan SMKN 1 Bangli. Untuk menganalisis kinerja sistem jaringan, digunakan aplikasi Wireshark berdasarkan parameter *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Selanjutnya, hasil pengujian di jalur utama dianalisis dengan membandingkan setiap jenis protokol *routing* dengan metode kinerja yang sudah memiliki nilai indeks kategori QoS, sehingga dapat dibandingkan kinerja sebelum dan sesudah dilakukan penelitian.

Makalah ini disusun dalam empat bagian. Bagian I memperkenalkan implementasi kinerja berdasarkan protokol



Gbr. 2 Tahapan dan alur penelitian.

routing dan metode kinerja serta penelitian-penelitian sebelumnya. Bagian II menguraikan model desain dan konfigurasi sistem implementasi, bagian III membahas hasil penelitian, dan bagian IV menguraikan kesimpulan penelitian.

II. METODOLOGI

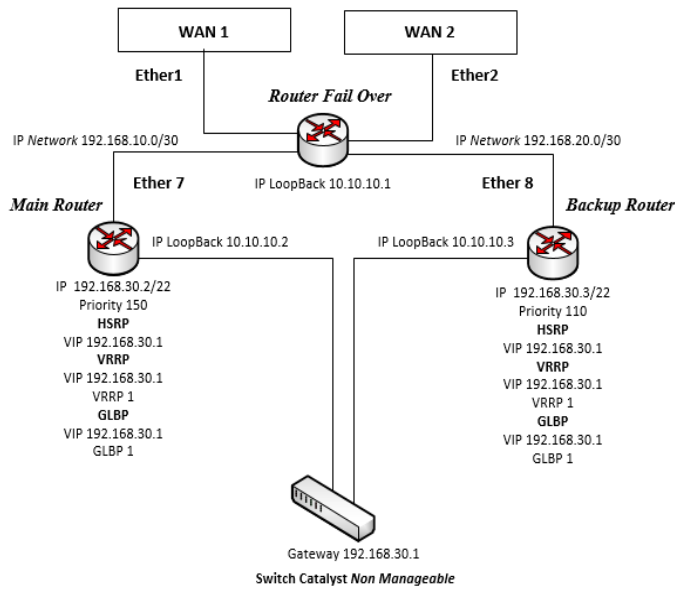
A. Tahapan dan Alur Penelitian

Metode yang digunakan terbagi menjadi dua, yaitu metode pengumpulan data dan metode *experimental design*. Penelitian dilaksanakan di SMKN 1 Bangli di Kabupaten Bangli dengan menggunakan *teaching factory* jurusan Teknik Komputer Jaringan produk *Mini ISP*. Penelitian dilaksanakan pada tahun 2020 dari bulan Juni hingga Oktober, dengan melibatkan seluruh pengguna internet di SMKN 1 Bangli.

Berdasarkan Gbr. 2, tahapan dan alur penelitian terbagi menjadi empat, yaitu tahap perencanaan, tahap pelaksanaan, tahap laporan penelitian, dan tahap analisis. Tabel V menunjukkan acuan data QoS sebelum dilakukan penelitian. Uji pengukuran di delapan titik dengan parameter *packet loss*, *delay*, dan *throughput* menghasilkan nilai indeks kategori kurang memuaskan.

B. Gambaran Umum Sistem

Topologi yang digunakan adalah dua mode ISP, yaitu WAN 1 dari ISP A dan WAN 2 dari ISP B, seperti ditunjukkan pada



Gbr. 3 Topologi konfigurasi.

TABEL VI
PERANGKAT YANG DIGUNAKAN

No.	Perangkat	Nama
1	RB 1100 X2 AH	Router failover
2	Cisco 2800 Series	Main router
3	Cisco 2800 Series	Backup router
4	Switch Catalyst Non-Manageable	S1

Gbr. 3 Router failover menggunakan router dengan distance berbeda untuk priority WAN 1. Selanjutnya, main router menggunakan port ether 7 dengan network 192.168.10.0/30 sebagai link primary, sedangkan backup router menggunakan koneksi ether 8 dengan network 192.168.20.0/30 sebagai link backup. Metode pembebanan kinerja ditempatkan di dua router, yaitu main router dan backup router, dengan asumsi alamat gateway 192.168.30.1 menggunakan network 192.168.28.0/22.

Masing-masing router memiliki alamat IP loopback yang digunakan sebagai router id dalam interface loopback. Metode VRRP, HSRP, dan GLBP memiliki alamat IP gateway sebagai default gateway, sehingga mengurangi single point of failure, sedangkan pada protokol routing, OSPF dan BGP diterapkan sebagai kombinasi dengan metode kinerja. Main router memiliki nilai prioritas yang lebih tinggi dibandingkan backup router, sedangkan router failover digunakan sebagai manajemen bandwidth sebesar 650 kbps serta sebagai kontrol ISP WAN 1 dan WAN 2.

Berdasarkan topologi pada Gbr. 3, perangkat yang digunakan sesuai dengan Tabel VI. Perangkat tersebut digunakan sebagai implementasi Gbr. 3. Perangkat disesuaikan dengan Cisco priority sebagai kontrol metode pembebanan kinerja VRRP, HSRP, dan GLBP. Ini berarti hanya perangkat Cisco yang dapat menggunakan metode pembebanan kinerja ini.

Penggunaan topologi Gbr. 3 dengan protokol routing dan metode kinerja tertentu diharapkan dapat meningkatkan QoS dari kualitas jaringan yang masih menempati kategori kurang

TABEL VII
SISTEM PENGALAMATAN PERANGKAT

No.	Perangkat	Interface	IP Address	Subnet Mask
1	RB 1100 X2 AH	Eth 1	43.249.142.26	255.255.255.252
		Eth 2	192.168.1.1	255.255.255.0
		Eth 7	192.168.10.1	255.255.255.252
		Eth 8	192.168.20.1	255.255.255.252
		Loopback	10.10.10.1	-
2	Cisco 2800 MR	Fa 0/0	192.168.10.2	255.255.255.252
		Fa 0/1	192.168.30.2	255.255.252.0
		Loopback	10.10.10.2	-
3	Cisco 2800 BR	Fa 0/0	192.168.20.2	255.255.255.252
		Fa 0/1	192.168.30.3	255.255.252.0
		Loopback	10.10.10.3	-
		Switch Catalyst	-	-

TABEL VIII
SISTEM PENGALAMATAN HOST

No	Client	Jumlah Host	Rentang Alamat	Alamat yang Diujikan
1	Ruang guru	90	192.168.30.10 – 100	192.168.30.20
2	Ruang tata usaha	30	192.168.30.101 – 130	192.168.30.120
3	Ruang perpustakaan	20	192.168.30.131 – 150	192.168.30.140
4	Ruang lab	200	192.168.30.151 – 255 192.168.31.1 – 100	192.168.30.160
5	Zona Wi-Fi	650	192.168.31.101 – 255 192.168.28.1 – 255 192.168.29.1 – 250	192.168.31.101
6	Cust 1	1	192.168.29.251	192.168.29.251
7	Cust 2	1	192.168.29.252	192.168.29.252
8	Cust 3	1	192.168.29.253	192.168.29.253
9	Perangkat jaringan	9	192.168.30.2 – 9	-

memuaskan. Parameter pengukuran yang digunakan adalah delay, throughput, dan packet loss. Jaringan di bawah switch catalyst terhubung ke seluruh tiap bagian distribusi yang berada di SMKN 1 Bangli, sehingga mampu diukur berdasarkan arah distribusi jaringan tersebut.

Berdasarkan topologi sistem, digunakan pengalaman sesuai Tabel VII. Terdapat empat buah perangkat yang digunakan, yang masing-masing dihubungkan sesuai port interface beserta pengalaman dan nilai subnet mask. Untuk host, dilakukan pengukuran di delapan titik yang seluruhnya sebagai pemenuhan kebutuhan jaringan internet di SMKN 1 Bangli. Sistem pengalaman sesuai dengan Tabel VIII yang terbagi atas masing-masing ruang dan zona. Beberapa ruangan, seperti ruang guru, ruang tata usaha, ruang perpustakaan, dan ruang lab, berada di dalam lingkungan SMKN 1 Bangli. Jarak masing-masing ruang dari sumber internet (ruang server) adalah ruang guru 20 meter, ruang tata usaha 40 meter, ruang perpustakaan 5 meter, ruang lab 2 meter, sedangkan zona Wi-Fi tersebar di area sekolah. Sementara itu, untuk jarak cust 1 terhadap server sekolah 112 meter, cust 2 adalah 155 meter, dan cust 3 yaitu 215 meter.

```

/routing bgp instance
set default as=400 redistribute-connected=yes redistribute-static=yes router-id=10.10.1
/ip address
add address=192.168.10.1/30 interface=ether7-Main network=192.168.10.0
add address=192.168.20.1/30 interface=ether8-Backup network=192.168.20.0
add address=10.10.10.1 interface=loopback network=10.10.10.1
/routing bgp peer
add name=peer-main remote-address=192.168.10.2 remote-as=400 ttl=default
add name=peer-backup remote-address=192.168.20.2 remote-as=400 ttl=default

```

Gbr. 4 Konfigurasi iBGP *router failover*.

```

MainRouter(config)#router bgp 400
MainRouter(config-router)#neighbor 192.168.10.1 remote-as 400
MainRouter(config-router)#network 10.10.10.2 mask 255.255.255.255
MainRouter(config-router)#no auto-summary
MainRouter(config-router)#no synchronization
MainRouter(config-router)#exit

```

Gbr. 5 Konfigurasi iBGP *main router*.

Pemberian alamat disesuaikan dengan jumlah pengguna di masing-masing *client* agar memudahkan dalam pengecekan, penanganan saat terjadi *error*, serta perawatan jaringan. Jumlah di zona Wi-Fi tidak dialokasikan untuk seluruh jumlah warga di sekolah karena sudah masuk pada alokasi di masing-masing ruang, seperti ruang guru, ruang tata usaha, ruang perpustakaan dan ruang lab.

C. Konfigurasi Routing BGP

Konfigurasi *router failover* dilakukan dengan cara *login* menggunakan Winbox versi 3.23 agar dapat melakukan *console* ke dalam *router* RB 1100 X2 AH. Untuk konfigurasi iBGP, digunakan AS number 400 dengan wajib mendaftarkan *router* yang berada di bawahnya berdasarkan alamat sesuai *main router* dan *backup router*. AS adalah seperangkat *router* yang terdiri atas satu atau lebih IP prefix yang terhubung oleh satu atau lebih operator jaringan di bawah kebijakan *routing* yang telah ditetapkan sebelumnya [20].

Interior gateway protocol digunakan untuk *routing* dalam *autonomous system* yang sama, sedangkan *exterior gateway protocol* digunakan untuk *routing* antara *autonomous system* yang berbeda [28]–[31]. Konfigurasi ditunjukkan pada Gbr. 4 melalui konfigurasi *interface* dan pengalamatan yang digunakan serta pembagian fungsi *main router* dan *backup router* sebagai *routing* BGP. Parameter yang diatur adalah pembagian *interface* untuk *main router* dan *backup router*, dan selanjutnya pengenalan koneksi BGP antar *router* agar mampu saling berkomunikasi serta pemberian alamat *loopback* sebagai *router id*.

Konfigurasi *main router* dilakukan dengan pemberian jenis *routing* BGP dengan AS number 400 serta mencantumkan *neighbor* bawaan dari *router failover*, yaitu dengan alamat 192.168.10.1. Alamat pada *fa* 0/0 didapatkan secara otomatis dari *router failover* dengan *network* 192.168.10.0/30.

Selanjutnya untuk *fa* 0/1 diberikan alamat 192.168.30.2/22 agar bisa digunakan di distribusi selanjutnya melalui *switch*. Konfigurasi *interface* dan AS number yang digunakan di *main router* ditunjukkan pada Gbr. 5.

Konfigurasi *backup router* dilakukan dengan pemberian jenis *routing* BGP dengan AS number 400 serta mencantumkan *neighbor* bawaan dari *router failover*, yaitu dengan alamat 192.168.20.1. Alamat pada *fa* 0/0 didapatkan secara otomatis

```

BackupRouter(config-router)#neighbor 192.168.20.1 remote-as 400
BackupRouter(config-router)#network 10.10.10.3 mask 255.255.255.255
BackupRouter(config-router)#no auto-summary
BackupRouter(config-router)#no synchronization
BackupRouter(config-router)#exit

```

Gbr. 6 Konfigurasi iBGP *backup router*.

```

/routing ospf instance
set default router-id=10.10.10.1
/routing ospf network
add network=192.168.10.0/30 area=backbone
add network=192.168.20.0/30 area=backbone
/ip address
add address=192.168.10.1/30 interface=ether7-Main network=192.168.10.0
add address=192.168.20.1/30 interface=ether8-Backup network=192.168.20.0
add address=10.10.10.1 interface=loopback network=10.10.10.1

```

Gbr. 7 Konfigurasi OSPF *router failover*.

```

MainRouter(config)#router ospf 1
MainRouter(config-router)#network 10.10.10.2 0.0.0.0 area 0
MainRouter(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0

```

Gbr. 8 Konfigurasi OSPF *main router*.

```

BackupRouter(config)#router ospf 1
BackupRouter(config-router)#network 10.10.10.3 0.0.0.0 area 0
BackupRouter(config-router)#network 192.168.20.0 0.0.0.3 area 0

```

Gbr. 9 Konfigurasi OSPF *backup router*.

dari *router failover* dengan *network* 192.168.20.0/30. Selanjutnya untuk *fa* 0/1 diberikan alamat 192.168.30.3/22 agar bisa digunakan di distribusi selanjutnya melalui *switch*. Konfigurasi *interface* dan AS number yang digunakan di *backup router* dapat dilihat pada Gbr. 6.

D. Konfigurasi Routing OSPF

Konfigurasi *router failover* dilakukan dengan cara *login* menggunakan Winbox versi 3.23 agar bisa melakukan *console* ke dalam *router* RB 1100 X2 AH. Konfigurasi OSPF menggunakan area *backbone* atau area 0 dengan wajib mendaftarkan area *router* yang berada di bawahnya berdasarkan alamat sesuai *main router* dan *backup router*. Konfigurasi dapat dilihat pada Gbr. 7 melalui konfigurasi *interface* dan pengalamatan yang digunakan serta pembagian fungsi *main router* dan *backup router* sebagai *routing* OSPF. Parameter yang diatur adalah pembagian *interface* untuk *main router* dan *backup router* dan selanjutnya pengenalan area antar *router* agar mampu saling berkomunikasi.

Konfigurasi *main router* dilakukan dengan pemberian jenis *routing* OSPF menggunakan area sama yang diberi nama area 0. Konfigurasi *interface* dan area yang digunakan di *main router*, yaitu dengan memberikan alamat *network* yang digunakan sesuai area 0, dapat dilihat pada Gbr. 8. Konfigurasi *backup router* dilakukan dengan pemberian jenis *routing* OSPF dengan menggunakan area sama yang diberi nama area 0. Konfigurasi *interface* dan area yang digunakan di *backup router*, yaitu dengan memberikan alamat *network* yang digunakan sesuai area 0, dapat dilihat pada Gbr. 9.

E. Konfigurasi VRRP

Konfigurasi ini masih menggunakan topologi Gbr. 3. Nilai *priority* pada *main router* diatur bernilai 150. Dengan nilai

```
MainRouter(config)#int fa 0/1
MainRouter(config-if)#vrrp 1 ip 192.168.30.1
MainRouter(config-if)#vrrp 1 priority 150
MainRouter(config-if)#vrrp 1 preempt
```

Gbr. 10 Konfigurasi VRRP main router.

```
BackupRouter(config)#int fa0/1
BackupRouter(config-if)#vrrp 1 ip 192.168.30.1
BackupRouter(config-if)#vrrp 1 priority 110
BackupRouter(config-if)#vrrp 1 preempt
```

Gbr. 11 Konfigurasi VRRP backup router.

```
MainRouter(config)#int fa0/1
MainRouter(config-if)#standby 1 ip 192.168.30.1
MainRouter(config-if)#standby 1 priority 150
MainRouter(config-if)#standby 1 preempt
```

Gbr. 12 Konfigurasi HSRP main router.

```
BackupRouter(config)#int fa0/1
BackupRouter(config-if)#standby 1 ip 192.168.30.1
BackupRouter(config-if)#standby 1 priority 110
BackupRouter(config-if)#standby 1 preempt
BackupRouter(config-if)#exit
```

Gbr. 13 Konfigurasi HSRP backup router.

```
MainRouter(config)#int fa0/1
MainRouter(config-if)#glbp 1 ip 192.168.30.1
MainRouter(config-if)#glbp 1 preempt
MainRouter(config-if)#glbp 1 prior
*Sep 22 18:14:55.699: %GLBP-6-STATECHANGE: FastEthernet0/1 Grp 1 state Speak -> Active
MainRouter(config-if)#glbp 1 priority 150
MainRouter(config-if)#glbp 1 priority 150
*Sep 22 18:15:06.891: %GLBP-6-FwdSTATECHANGE: FastEthernet0/1 Grp 1 Fwd 1 state Listen -> Active
MainRouter(config-if)#glbp 1 load-balancing round-robin
```

Gbr. 14 Konfigurasi GLBP main router.

tersebut, *router* berfungsi sebagai *master (main) router*. Sementara itu, fungsi *pre-empt* digunakan untuk memastikan perangkat yang memiliki prioritas tinggi akan aktif secara langsung. Konfigurasi ini dilakukan dengan memberikan *command VRRP 1* sebagai identitas antar koneksi, seperti dapat dilihat pada Gbr. 10.

Nilai *priority* pada *backup router* diatur bernilai 110. Dengan nilai tersebut, *router* berfungsi sebagai *backup router*. Konfigurasi ini dilakukan dengan memberikan *command VRRP 1* sebagai identitas antar koneksi, seperti dapat dilihat pada Gbr. 11.

F. Konfigurasi HSRP

Konfigurasi ini masih menggunakan topologi Gbr. 3. Nilai *priority* pada *main router* diatur bernilai 150. Dengan nilai tersebut, *router* berfungsi sebagai *master (main) router* serta *command standby 1* sebagai identitas antar koneksi. Konfigurasi ini diperlihatkan pada Gbr. 12.

Nilai *priority* pada *backup router* diatur bernilai 110. Dengan nilai tersebut, *router* berfungsi sebagai *backup router* serta *command standby 1* sebagai identitas antar koneksi. Konfigurasi ini dapat dilihat pada Gbr. 13.

G. Konfigurasi Routing BGP

Konfigurasi ini menggunakan topologi Gbr. 3. Nilai *priority* pada *main router* diatur bernilai 150. Dengan nilai tersebut, *router* berfungsi sebagai *master (main) router* serta *command glbp 1* sebagai identitas antar koneksi. Untuk *load-balancing, round-robin* berfungsi untuk meratakan lalu lintas pada setiap *gateway* sehingga seimbang. Konfigurasi ini ditunjukkan pada Gbr. 14 dengan tanda *main router Speak Active*.

```
BackupRouter(config)#int fa 0/1
BackupRouter(config-if)#glbp 1 ip 192.168.30.1
BackupRouter(config-if)#glbp 1 pre
*Sep 22 18:18:19.139: %GLBP-6-FwdSTATECHANGE: FastEthernet0/1 Grp 1 Fwd 2 state Listen -> Active
BackupRouter(config-if)#glbp 1 preempt
BackupRouter(config-if)#glbp 1 priority 110
BackupRouter(config-if)#glbp 1 load-balancing round-robin
```

Gbr. 15 Konfigurasi GLBP backup router.

Measurement	Captured	Displayed
Packets	618	618 (100%)
Time span, s	5.970	5.970
Average μ ps	103.5	103.5
Average packet size, B	680	680
Bytes	420250	420250 (100%)
Average bytes/s	70 k	70 k
Average bits/s	563 k	563 k

Gbr. 16 Hasil capture Wireshark ruang guru.

Nilai *priority* pada *backup router* diatur bernilai 110. Dengan nilai tersebut, *router* berfungsi sebagai *backup router* serta *command glbp 1* sebagai identitas antar koneksi. Untuk *load-balancing, round-robin* berfungsi untuk meratakan lalu lintas pada setiap *gateway* sehingga seimbang. Hal ini terpasang sama dengan *main router*. Konfigurasi ini dapat dilihat pada Gbr. 15, dengan tanda *backup router Listen Active*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem

Selanjutnya, dilakukan uji *traceroute* pada masing-masing *host* di setiap metode kinerja (VRRP, HSRP, dan GLBP) serta protokol *routing* (BGP dan OSPF). Pengujian dapat dilakukan jika *traceroute* sudah sampai tujuan dengan jaringan yang sudah terkoneksi satu sama lain.

Sebagai skenario awal, protokol *routing* BGP menggunakan metode kinerja VRRP di ruang guru dengan kondisi *main router* dan *backup router on* memiliki jumlah *hop* hingga tiga belas, yang melewati jalur *link primary* karena ada alamat 192.168.10.1 dilanjutkan ke 192.168.30.2.

Skenario selanjutnya menggunakan protokol *routing* BGP dengan metode kinerja VRRP di ruang guru, dengan kondisi *main router on* dan *backup router off*. Jumlah *hop* hingga tiga belas, tetapi melewati jalur *link backup* karena ada alamat 192.168.20.1 dilanjutkan ke 192.168.30.3. Skenario tetap diulang dengan kondisi tersebut menggunakan setiap *routing* (BGP dan OSPF) serta metode kinerja (VRRP, HSRP, dan GLBP).

Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark dengan jumlah *byte* data rata-rata 500-1.000 untuk pengukuran beberapa parameter, yaitu *delay, packet loss, dan throughput*. Perhitungan dilakukan berdasarkan jumlah paket data, waktu yang dihabiskan, data yang dikirimkan, dan data yang diterima. Selanjutnya, hasil perhitungan dicocokkan dengan hasil yang sudah terekam oleh aplikasi Wireshark.

Sementara itu, alur perhitungan ditampilkan dengan mengambil data dari protokol *routing* OSPF metode pembebanan kinerja VRRP, dengan kondisi *main router* dan *backup router on* di ruang guru [31].

Gbr. 16 merupakan hasil tampilan aplikasi Wireshark tanpa filter dan dicocokkan dengan hasil perhitungan manual. Data

Measurement	Captured	Displayed
Packets	618	1 (0,2%)
Time span, s	5.970	-
Average pps	103.5	-
Average packet size, B	680	66
Bytes	420250	0 (0.0%)
Average bytes/s	70 k	-
Average bits/s	563 k	-

Gbr. 17 Hasil capture Wireshark ruang guru filter packet loss.

TABEL IX
PENGUJIAN PROTOKOL ROUTING BGP METODE VRRP

No.	Pengu-kuran	Main Router dan Backup Router On			Main Router Shut Down dan Backup Router On		
		PL (%)	D (ms)	TP (kbps)	PL (%)	D (ms)	TP (kbps)
1	R. Guru	0,30	5,607	89,34	3,20	10,31	85,75
2	R. Tata Usaha	2,50	9,398	93,37	0,60	9,495	85,64
3	R. Perpustakaan	9,70	11,87	77,96	1,50	10,38	84,11
4	R. Lab	2,30	9,573	83,56	0,60	9,676	85,22
5	Zona Wi-Fi	1,80	8,920	93,83	3,30	10,32	80,22
6	Cust 1	4,50	12,56	37,17	1,40	9,311	97,38
7	Cust 2	0,00	8,986	86,47	0,00	11,02	77,01
8	Cust 3	1,30	10,18	81,77	2,60	8,595	99,81

PL = packet loss
D = delay
TP = throughput

yang terekam adalah jumlah paket, waktu, serta rata-rata ukuran paket.

Gbr. 17 adalah tampilan dari aplikasi Wireshark dengan filter *tcp.analysis.lost_segment* untuk mencari nilai *packet loss*. Data yang terekam adalah jumlah paket, waktu, serta rata-rata ukuran paket. Pada kondisi tanpa filter terdapat 618 paket dengan waktu 5,970 s, sebanyak 420.250 byte, sedangkan pada filter terdapat *packet loss* sebesar 0,2%.

$$Throughput = \frac{Pr}{t} \tag{1}$$

$$Delay = \left(\frac{Tr-Ts}{Pr} \right) s \tag{2}$$

$$Packet Loss = \left(\frac{Pd}{Ps} \right) * 100\% \tag{3}$$

$$QoS = \frac{(Indeks Throughput + Indeks Delay + Indeks Pcket Loss)}{3} \tag{4}$$

Sesuai dengan standar ITU mengenai *throughput*, nilai 86,64 kbps termasuk kategori sangat bagus [4]. Selanjutnya, sesuai standar ITU mengenai *delay*, nilai 9,660 ms termasuk kategori sangat bagus [4]. Untuk *packet loss*, menurut standar ITU, nilai 0,2% termasuk kategori sangat bagus [4]. Sementara itu, rata-rata QoS yang dihasilkan dari ketiga parameter tersebut adalah 4, yang termasuk kategori sangat memuaskan. Oleh karena itu, alur perhitungan manual dipergunakan untuk mencocokkan hasil yang sudah diambil oleh aplikasi Wireshark yang terhitung oleh sistem, sehingga bisa dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai masing-masing parameter agar dapat dihitung besaran indeks kategori QoS sebagai dasar analisis.

TABEL X
PENGUJIAN PROTOKOL ROUTING BGP METODE HSRP

No.	Pengu-kuran	Main Router dan Backup Router On			Main Router Shut Down dan Backup Router On		
		PL (%)	D (ms)	TP (kbps)	PL (%)	D (ms)	TP (kbps)
1	R. Guru	0,20	9,903	86,67	2,50	10,37	84,90
2	R. Tata Usaha	1,30	11,36	71,81	6,30	11,54	75,19
3	R. Perpustakaan	0,50	9,625	88,67	2,20	12,58	68,12
4	R. Lab	0,00	9,312	88,59	4,00	9,923	85,77
5	Zona Wi-Fi	0,20	9,412	89,10	4,30	12,00	65,69
6	Cust 1	0,20	8,776	88,31	3,00	10,20	84,77
7	Cust 2	0,20	10,23	84,80	0,00	11,24	75,50
8	Cust 3	0,20	11,72	65,95	3,00	16,08	52,26

TABEL XI
PENGUJIAN PROTOKOL ROUTING BGP METODE GLBP

No.	Pengu-kuran	Main Router dan Backup Router On			Main Router Shut Down dan Backup Router On		
		PL (%)	D (ms)	TP (kbps)	PL (%)	D (ms)	TP (kbps)
1	R. Guru	7,90	10,96	85,58	7,40	10,53	84,95
2	R. Tata Usaha	2,40	10,37	85,49	2,40	10,64	85,80
3	R. Perpustakaan	6,10	11,45	85,46	2,40	10,00	90,93
4	R. Lab	3,10	11,02	86,06	6,20	11,51	84,56
5	Zona Wi-Fi	0,90	8,772	97,28	8,10	11,75	84,41
6	Cust 1	3,30	11,25	85,95	8,80	10,69	87,15
7	Cust 2	5,10	10,15	86,58	1,80	10,31	84,98
8	Cust 3	3,30	10,57	84,96	3,70	10,52	90,89

Hasil pengujian untuk protokol *routing* BGP di masing-masing metode kinerja dijelaskan sebagai berikut. Tabel IX merupakan hasil pengujian protokol *routing* BGP metode VRRP saat *main router on* dan *main router down*. Dari delapan ruang pengukuran di dua kondisi perlakuan, diperoleh nilai *packet loss* terendah sebesar 0%, *delay* terkecil 5,607 ms, serta *throughput* terbesar bernilai 97,38 kbps.

Tabel X merupakan hasil pengujian protokol *routing* BGP metode HSRP yang menunjukkan saat *main router on* dan *main router down*. Dari delapan ruang pengukuran di dua kondisi perlakuan, diperoleh nilai *packet loss* terendah sebesar 0%, *delay* terkecil 8,776 ms, dan *throughput* terbesar bernilai 89,10 kbps.

Tabel XI merupakan hasil pengujian protokol *routing* BGP metode GLBP saat *main router on* dan *main router down*. Dari delapan ruang pengukuran di dua kondisi perlakuan, didapatkan nilai *packet loss* terendah sebesar 0,90%, *delay* terkecil 8,772 ms, serta *throughput* terbesar bernilai 97,28 kbps.

Sementara itu, hasil pengujian protokol *routing* OSPF di masing-masing metode kinerja dijelaskan sebagai berikut. Tabel XII merupakan hasil pengujian protokol *routing* OSPF metode VRRP saat *main router on* dan *main router down*. Dari delapan ruang pengukuran dengan dua kondisi perlakuan, didapatkan nilai *packet loss* terendah sebesar 0%, *delay* terkecil 6,099 ms, serta *throughput* terbesar 99,22 kbps.

Tabel XIII merupakan hasil pengujian protokol *routing* OSPF metode HSRP saat *main router on* dan *main router*

TABEL XII
PENGUJIAN PROTOKOL *ROUTING* OSPF METODE VRRP

No.	Pengu- kuran	Main Router dan Backup Router On			Main Router Shut Down dan Backup Router On		
		PL (%)	D (ms)	TP (kbps)	PL (%)	D (ms)	TP (kbps)
1	R. Guru	0,20	9,660	86,64	0,20	10,34	83,06
2	R. Tata Usaha	0,50	8,386	88,59	3,30	9,869	86,39
3	R. Perpus	2,20	10,20	86,46	1,80	10,38	84,91
4	R. Lab	1,70	8,457	99,22	2,50	10,55	85,08
5	Zona Wi-Fi	1,90	8,948	98,41	0,10	9,252	88,34
6	<i>Cust</i> 1	0,30	10,02	83,25	1,00	9,384	90,73
7	<i>Cust</i> 2	0,00	9,197	88,10	0,00	6,099	87,19
8	<i>Cust</i> 3	0,20	9,583	85,26	0,00	10,36	83,41

TABEL XIII
PENGUJIAN PROTOKOL *ROUTING* OSPF METODE HSRP

No.	Pengu- kuran	Main Router dan Backup Router On			Main Router Shut Down dan Backup Router On		
		PL (%)	D (ms)	TP (kbps)	PL (%)	D (ms)	TP (kbps)
1	R. Guru	0,0	10,36	80,78	0,00	9,453	89,95
2	R. Tata Usaha	0,30	9,728	84,30	0,00	9,940	85,20
3	R. Perpus	4,90	18,53	49,46	3,50	12,05	72,56
4	R. Lab	0,70	11,62	70,68	1,20	12,72	64,97
5	Zona Wi-Fi	0,70	11,62	70,68	0,00	12,75	64,17
6	<i>Cust</i> 1	4,10	11,52	87,77	3,50	12,38	80,31
7	<i>Cust</i> 2	2,90	11,01	86,83	2,00	11,94	94,80
8	<i>Cust</i> 3	4,60	12,26	84,24	2,20	11,30	71,78

down. Dari delapan ruang pengukuran di dua kondisi perlakuan, diperoleh nilai *packet loss* terendah sebesar 0%, *delay* terkecil 9,453 ms, dan *throughput* terbesar 94,80 kbps.

Tabel XIV merupakan hasil pengujian protokol *routing* OSPF metode GLBP saat *main router on* dan *main router down*. Dari delapan ruang pengukuran di dua kondisi perlakuan, didapatkan nilai *packet loss* terendah sebesar 0,30%, *delay* terkecil 8,103 ms, serta *throughput* terbesar 98,84 kbps.

B. Perbandingan Hasil Pengujian Throughput

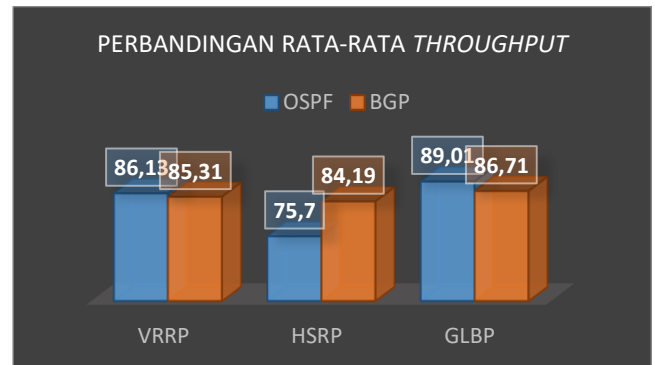
Dari Gbr. 18 terlihat perbandingan *routing* BGP dengan masing-masing parameter. *Routing* BGP memiliki rata-rata *throughput* masing-masing metode VRRP 85,31 kbps dengan kategori sangat bagus, HSRP 84,19 kbps dengan kategori sangat bagus, dan GLBP 86,71 kbps dengan kategori sangat bagus. *Routing* OSPF memiliki rata-rata nilai *throughput* masing-masing metode VRRP 86,13 kbps dengan kategori sangat bagus, HSRP 75,70 kbps dengan kategori bagus, dan GLBP sebesar 89,01 kbps dengan kategori sangat bagus.

C. Perbandingan Hasil Pengujian Delay

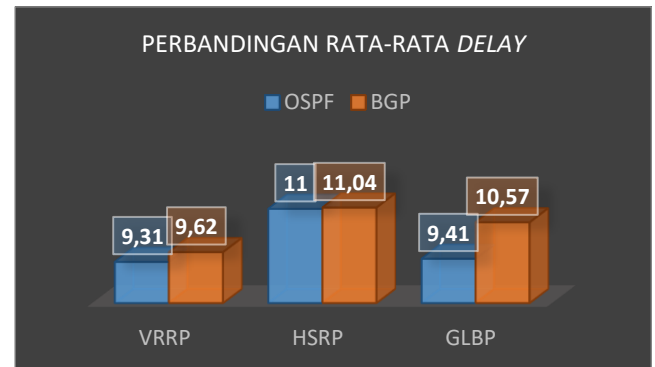
Dari Gbr. 19 terlihat bahwa *routing* BGP memiliki rata-rata nilai *delay* masing-masing metode VRRP 9,89 ms dengan kategori sangat bagus, HSRP 11,74 ms dengan kategori sangat bagus, dan GLBP 10,74 ms dengan kategori sangat bagus. Sementara itu, *routing* OSPF memiliki rata-rata nilai masing-

TABEL XIV
PENGUJIAN *ROUTING* PROTOKOL OSPF METODE GLBP

No.	Pengu- kuran	Main Router dan Backup Router On			Main Router Shut Down dan Backup Router On		
		PL (%)	D (ms)	TP (kbps)	PL (%)	D (ms)	TP (kbps)
1	R. Guru	0,30	9,983	85,24	0,70	9,276	88,73
2	R. Tata Usaha	0,30	8,103	98,84	2,50	9,912	86,47
3	R. Perpus	0,50	8,956	93,99	2,70	9,961	84,87
4	R. Lab	0,30	9,703	84,87	1,10	9,707	88,33
5	Zona Wi-Fi	4,70	9,038	88,22	1,20	8,528	95,56
6	<i>Cust</i> 1	1,00	10,03	85,54	1,50	9,739	85,92
7	<i>Cust</i> 2	3,10	9,521	95,45	1,20	10,35	84,80
8	<i>Cust</i> 3	1,40	9,964	85,79	2,30	11,14	62,72



Gbr. 18 Grafik pengujian perbandingan *throughput* VRRP, HSRP, dan GLBP pada protokol *routing* BGP dan OSPF.

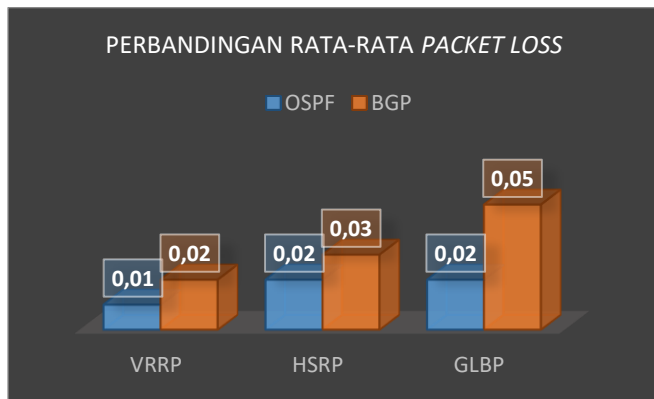


Gbr. 19 Grafik pengujian perbandingan *delay* VRRP, HSRP, dan GLBP pada protokol *routing* BGP dan OSPF.

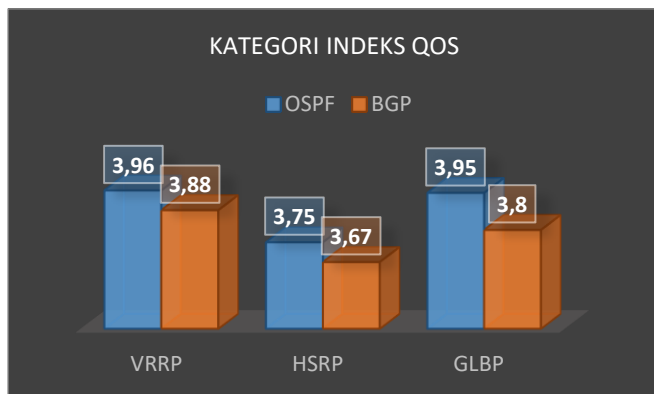
masing metode VRRP 9,53 ms dengan kategori sangat bagus, HSRP 11,57 ms dengan kategori sangat bagus, dan GLBP 9,83 ms dengan kategori sangat bagus.

D. Perbandingan Hasil Pengujian Packet Loss

Dari Gbr. 20 terlihat bahwa *routing* BGP memiliki rata-rata nilai *packet loss* masing-masing metode VRRP 0,02% dengan kategori sangat bagus, HSRP 0,03% dengan kategori sangat bagus, dan GLBP 0,05% dengan kategori sangat bagus. Sementara itu, *routing* OSPF memiliki rata-rata nilai masing-masing metode VRRP 0,01% dengan kategori sangat bagus, HSRP 0,02% dengan kategori sangat bagus, dan GLBP 0,02% dengan kategori sangat bagus.



Gbr. 20 Grafik pengujian perbandingan *packet loss* VRRP, HSRP, dan GLBP pada protokol *routing* BGP dan OSPF.



Gbr. 21 Grafik kategori indeks QoS.

TABEL XV
KATEGORI INDEKS QoS

Kategori		Protokol <i>Routing</i>		Rata-rata
		BGP	OSPF	
Metode Kinerja	VRRP	3,88	3,96	3,92
	HSRP	3,67	3,75	3,71
	GLBP	3,80	3,95	3,875
Rata-rata		3,78	3,89	

E. Perbandingan QoS

Tabel XV menyajikan akumulasi kategori indeks QoS. Pada tabel tersebut, terlihat bahwa nilai rata-rata indeks kategori QoS metode kinerja VRRP adalah 3,92, lebih baik dibandingkan HSRP dan GLBP, yaitu sebesar 3,71 dan 3,875. Sementara itu, rata-rata indeks kategori QoS pada protokol *routing* OSPF adalah 3,89, lebih baik dibandingkan dengan BGP yang hanya sebesar 3,78.

Gbr. 21 menyajikan perbandingan indeks QoS dalam bentuk grafik. Dari indeks QoS yang dihasilkan, jika dilihat dengan standar QoS sesuai Tabel I, QoS *routing* protokol OSPF menggunakan metode kinerja VRRP adalah sebesar 3,96 dengan kategori sangat memuaskan, HSRP sebesar 3,75 dengan kategori sangat memuaskan, serta GLBP sebesar 3,95 dengan kategori sangat memuaskan. Protokol *routing* BGP menggunakan metode kinerja VRRP memperoleh QoS sebesar 3,88 dengan kategori memuaskan, HSRP sebesar 3,67 dengan kategori memuaskan, serta GLBP sebesar 3,80 dengan kategori memuaskan.

Jika dilihat dari rata-rata *delay* yang dihasilkan masing-masing protokol *routing*, pada protokol *routing* BGP terdapat jeda waktu sehingga saat *link down*, *routing* tidak langsung terputus, tetapi menunggu jeda waktu habis, yang disebut *hold time expired*. Sementara itu, pada protokol *routing* OSPF, jika *link* mengalami *down*, lalu lintas langsung berpindah ke *link backup* karena *routing* ini tidak memiliki *hold time*.

Dari data keseluruhan metode pembebanan kinerja VRRP, HSRP, dan GLBP, nilai *throughput* berpengaruh terhadap nilai *delay* dan *packet loss*. Hal ini bisa disebabkan karena *packet loss* diartikan sebagai efek terhadap kecepatan transmisi data paket yang hilang ditransmisikan ulang. Di sisi lain, jika dibandingkan terhadap kemampuan, masing-masing metode kinerja memiliki kelebihan dan kekurangan, bergantung pada kebutuhan.

Analisis *advertisement* interval VRRP bernilai 1 detik memang kurang mendalam dan kurang bervariasi dibandingkan HSRP dan GLBP yang sebesar 13 detik. Hal ini disebabkan oleh nilai *hold time* yang berbeda sebagai *basic time protocol redundancy* yang memberikan dampak kinerja yang berbeda. *Default gateway* yang digunakan merupakan kunci dalam mengurangi *single point of failure*.

Selanjutnya, jika ditinjau dari proses *routing table*, protokol *routing* yang digunakan untuk OSPF dilakukan secara *broadcast*. Artinya adalah jika pada saat proses *broadcast* belum selesai dan *main router* kembali normal, terjadi *looping* untuk melakukan proses *broadcast* ulang. Hal tersebut berbeda dengan BGP yang melakukan *routing table* hanya berdasarkan *distance*, *AS path* terpendek, atau menggunakan atribut lainnya. Meskipun memiliki koneksi *AS* yang sama di dalam satu *neighbor*, masih diperlukan *hold time* untuk berpindah jalur saat *main router* mengalami masalah dalam kegagalan jaringan.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian indeks QoS, metode kinerja VRRP memiliki indeks rata-rata lebih baik 3,90 dibandingkan HSRP dan GLBP sebesar 3,88, sedangkan indeks QoS protokol *routing* OSPF memiliki indeks rata-rata lebih baik 3,96 dibandingkan BGP sebesar 3,8. *Routing* OSPF dengan metode kinerja VRRP lebih direkomendasikan untuk mengatasi permasalahan jaringan di sekolah karena memiliki waktu tunggu lebih pendek didukung protokol *routing* menggunakan mekanisme *link* yang stabil dan menggunakan media yang stabil, terlihat dari *packet loss* dan *delay* sebesar 0,017% dan 9,91 ms, lebih baik dibandingkan BGP. Hal ini sangat berpengaruh pada masa pandemi, yaitu peserta didik masih mampu menjalankan praktik sekolah *teaching factory* meskipun dikontrol dari jarak jauh, sehingga tidak mengurangi nilai kompetensi peserta didik karena kinerja jaringan di sekolah memiliki keandalan sesuai ukuran QoS yang disarankan.

REFERENSI

[1] M.R. Syahrial, "Analisa Quality of Service IP Telephony dengan Metode Low Latency Queuing," *IncomTech, Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, Vol. 5, No. 1, hal. 69-92, Jan. 2014.
 [2] W. Sanjaya, *Perencanaan dan Desain Sistem Pembelajaran*, Jakarta, Indonesia: Kencana, 2011.

- [3] N. Fitrihana, "Model bisnis kanvas untuk Mengembangkan Teaching Factory di SMK Tata Busana Guna Mendukung Tumbuhnya Industri Kreatif," *Jurnal Taman Vokasi*, Vol. 5, No. 2, hal. 212-218, Des. 2017.
- [4] E. Ruth, "Deskripsi Kualitas Layanan Jasa Akses Internet di Indonesia dari Sudut Pandang Penyelenggara Description of Internet Quality of Services (QoS) in Indonesia From the Providers' Point of View," *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, Vol. 11, No. 2, hal. 137-146, Jun. 2013.
- [5] O.A. Lebedeva¹, J.O. Poltavskaya¹, V. Gozbenko, dan A. Mikhailov, "Solving a Dynamic Routing Problem Using an Optimization Algorithm," *Proc. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies*, 2020, hal. 1614.
- [6] F. Shahriar dan J. Fan, "Performance Analysis of FHRP in a VLAN Network with STP," *Proc. International Conference on Electronics Technology (ICET)*, 2020, hal. 814-818.
- [7] M.Y. Choirullah, M. Anif, dan A. Rochadi, "Analisis Kualitas Layanan Virtual Router Redundancy Protocol Menggunakan Mikrotik pada Jaringan VLAN," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, Vol. 5, No. 4, 278-285, Nov. 2016.
- [8] F. Wang, F. Yan, X. Xue, B. Liu, L. Zhang, Q. Zhang, X. Xin, dan N. Calabretta, "Traffic Load Balancing based on Probabilistic Routing in Data Center Networks," *Proc. International Conference on Optical Network Design and Modeling (ONDM)*, 2020, hal. 1-3.
- [9] S. Rajagopalan, "An Overview of Server Load Balancing," *International Journal of Trend in Research and Development*, Vol. 7, No. 2, hal. 231-232, Apr. 2020.
- [10] G.G. Yugianto, *Router: Teknologi, Konsep, Konfigurasi dan Troubleshooting*, Bandung, Indonesia: Informatika Bandung, 2012.
- [11] T.H. Hadi, "How to Export/Import Dynamic Routing Protocols with Failure Recovery?," *International Journal of Advanced Science and Technology*, Vol. 29, No. 2, hal. 1007-1015, Jan. 2020.
- [12] S. Chairunnisa, R. Munadi, dan D. D. Sanjoyo, "Analisis Performansi Quality of Service Inter As MPLS-VPN Backto-Back VRF pada Layanan IMS," *e-Proc.of Engineering*, Vol. 5, No. 3, hal. 4560-4567, 2018.
- [13] N. Djedjig, D. Tandjaoui, F. Medjek, dan I. Romdhani, "Trust-aware and Cooperative Routing Protocol for IoT Security," *Journal of Information Security and Applications*, Vol. 52, Art. 102467, Jun. 2020.
- [14] M.A. Mohamed dan S.J. Poh, "Hot Standby Router Protocol for a Private University in Malaysia," *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, Vol. 4, No. 3, hal. 172-174, Jun. 2015.
- [15] P. Rajamohan, "An Overview of Virtual Router Redundancy Protokol Techniques and Implementation for Enterprise Networks," *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 1, No. 9, hal. 554-562, Nov. 2014.
- [16] A.J. Mahdi dan A.A. Hussain, "Simulation of High Availability Internet Service Provider's Network," *Iraqi Journal of Computers, Communication, Control and Systems Engineering*, Vol. 13, No. 1, hal. 18-31, Jan. 2013.
- [17] S.U. Masruroh, F. Robby, dan N. Hakiem, "Performance Evaluation of Routing Protocols RIPv6, OSPFv3, and EIGRP in an IPv6 Network," *Proc. International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 2016, hal. 111-116.
- [18] K.H. Du, X.J. Nie, S.P. Singh, X.L. Xu, dan Y.L. Xu, "Distributed Virtual Gateway Appliance," U.S Patent 0013588 A1, hal. 1 -17, Jan. 2018.
- [19] R. Thomas, S.K. Ghosh, dan J. Jose, "Source Mac Access Controls in a Virtual Redundant Router Protocol Environment," U.S Patent 7.573.812 B2, Hal. 1-4, Sep. 2016.
- [20] Firmansyah, M. Wahyudi, dan R.A. Purnama, "Protokol (VRRP) dan Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP)," *Pros. Konferensi Nasional Sistem Informasi (KNSI)*, 2018, hal. 770 – 779.
- [21] N. Kocharians dan P. Paluch, *CCIE Routing and Switching v5.0 Official Cert Guide*, Vol. 1, 5th ed., Indianapolis, USA: Cisco Press, 2014.
- [22] R. Wulandari, "Analisis QoS (Quality of Service) pada Jaringan Internet (Studi Kasus: UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, Vol. 2, No. 2, hal. 162 – 172, Agu. 2016.
- [23] Firmansyah, M. Wahyudi dan R.A. Purnama. "Analisis Perbandingan Kinerja Jaringan Cisco VRRP dan HSRP," *Pros. Konferensi Nasional Sistem Informasi (KNSI)*, 2018, hal. 764 – 769.
- [24] J.E. Lumanauw, Surya, dan T. Putra, "Analisis Kelebihan dan Kekurangan Routing Protocol BGP dan OSPF untuk Failover Network PT Orion Cybet Internet," Skripsi, Universitas Bina Nusantara, Jakarta, Indonesia, Jan. 2013.
- [25] (2019) "G.1010: End-user Multimedia QoS Categories," [Online], <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I/en>, tanggal akses: 29-Nov-2020.
- [26] T. Pratama, M.A. Irwansyah, dan Y. Yulianti, "Perbandingan Metode PCQ, SFQ, RED, dan FIFO pada Mikrotik sebagai Upaya Optimalisasi Layanan Jaringan pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JustIN)*, Vol. 3, No. 3, hal. 1-6, Nov. 2015.
- [27] (2017) "Model Pembelajaran Teaching Factory," [Online], <http://www.smkn2kuripan.sch.id/model-pembelajaranteaching-factory/>, tanggal akses: 29-Nov-2020.
- [28] B. Verma, S. Singh, S. Singh, S. Dubey, dan A. Dumka, "Implementation and Comparison of Performance of Various EGPs and IGPs with Traffic Management," *Proc. 2015 2nd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 2015, hal. 1044-1047.
- [29] M. Athira, L. Abrahami, dan R.G. Sangeetha, "Study on Network Performance of Interior Gateway Protocols RIP, EIGRP, and OSPF," *Proc. 2017 Int. Conference on Nextgen Electronic Technologies: Silicon to Software (ICNETS2)*, 2017, hal. 344-348.
- [30] N.N.K.Krisnawijaya dan C.R.A. Paramartha, "Penerapan Jaringan Multihoming Pada Jaringan Komputer Fakultas Hukum," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Universitas Udayana*, Vol. 9, No. 1, hal. 23-31, Apr. 2016.
- [31] Apriadi, A. Zainudin, L.A.S. Irfan, "Computer Area Network Analysis for QoS (Quality of Service) (Case Study: Faculty of Engineering Mataram University)," *Jurnal Teknik Universitas Mataram*, Vol. 1, No. 1, hal. 1-9, Nov. 2017.