

ANALISIS PENGGUNAAN IP PUBLIK PADA BROADBAND NETWORK GATEWAY DALAM LAYANAN INTERNET PT INDONESIA COMNET PLUS

Eri Dwi Fariliana

Sekolah Vokasi, Program Studi Teknologi Rekayasa Internet
Universitas Gadjah Mada
Email: eri.dwi.f@mail.ugm.ac.id

Hidayat Nur Isnianto

Sekolah Vokasi, Program Studi Teknologi Rekayasa Internet
Universitas Gadjah Mada
Email: hnisnianto@ugm.ac.id

ABSTRAK

Internet merupakan kumpulan jaringan komputer yang ada di seluruh dunia dan dapat saling berkomunikasi. Penyediaan internet tidak lepas dari penggunaan IP publik. IP publik memiliki keterbatasan yaitu jumlah IP terbatas serta harga yang mahal. Menanggapi hal tersebut ICON+ mulai menerapkan penggunaan *Broadband Network Gateway* (BNG). Sistem pengalokasian IP publik dengan BNG mengalokasikan IP *network* dan *broadcast* pada *subnet* 255.255.255.0 (/24) kemudian membagikan IP untuk pelanggan (CPE) dengan *subnetting* 255.255.255.255 (/32), sedangkan pada *Virtual Routing Forwarding* (VRF) mengalokasikan IP *network* dan *broadcast* dilakukan pada setiap *service* serta *subnetting* disesuaikan dengan kebutuhan *service*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan IP publik yang sedikit sangat cocok dikonfigurasi dengan BNG dan konfigurasi VRF lebih cocok digunakan untuk kebutuhan *service* internet dengan kebutuhan banyak IP publik. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan BNG tidak terlalu mempengaruhi performa *service* internet karena performa jaringan sangat baik pada parameter *throughput* dengan nilai 96.7% dan *delay* dengan nilai 22.058 ms serta baik untuk parameter *packet loss* dengan nilai 0.1% dan *jitter* dengan nilai 4 ms.

Kata kunci: IP publik, *broadband network gateway*, *virtual routing forwarding*, *quality of service*.

ABSTRACT

The Internet form an association of computer that exist throughout the world and can communicate with each other. Internet provision can not be separated from the use of public IP. Public IP has limitations of limited IP numbers and expensive. Responding to this ICON+ began implementing Broadband Network Gateway (BNG). The public IP allocation system with BNG allocates IP networks and broadcasts on subnet 255.255.255.0 (/24) then distributes IP for CPE with subnetting 255.255.255.255 (/32), while in Virtual Routing Forwarding (VRF) allocate IP network and broadcast done on each service and subnetting corresponding to service requirement. The results show that the needs of some public IP is suitable to be configured with BNG and VRF configuration is more suitable for internet service requirement with many public IP. This study also shows that the use of BNG does not significantly affect the performance of internet service because of excellent network performance on throughput is 96.7% and delay 22.058 ms and good for packet loss 0,1% and jitter 4 ms.

Keywords: *public IP, broadband network gateway, virtual routing forwarding, quality of service.*

1. PENDAHULUAN

Internet merupakan kumpulan jaringan komputer yang ada diseluruh dunia dan dapat saling berkomunikasi. Berbicara mengenai penyediaan internet tidak lepas dari peran *Internet Service Provider* (ISP) sebagai penyedia layanan internet. PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+) merupakan salah satu perusahaan ISP yang menyediakan layanan internet [1]. Penyediaan internet tidak lepas dari penggunaan IP publik. Sebelumnya layanan internet ICON+ menggunakan teknologi *Virtual Forwarding Routing* (VRF). VRF mampu digunakan dalam jaringan skala besar karena mendukung penggunaan multi *instance routing protocol* sehingga *overlapping IP address* tidak menjadi suatu masalah [2] [3] [4].

Dalam penggunaan teknologi VRF pengalokasian IP publik pada teknologi VRF dilakukan setiap layanan, pembagian IP terkendala dengan *subnetting* IP yang tidak bisa menyediakan IP tepat dengan

kebutuhan. Sedangkan IP publik berifat unik memiliki keterbatasan jumlah IP serta harga yang mahal [5]. BNG dinilai mampu melakukan penghematan IP publik, selain itu penggunaannya juga mampu mempermudah monitoring IP publik, menambah keamanan jaringan, dan mempermudah perhitungan penggunaan *bandwidth* [6].

BNG memiliki konsep *session* dalam membuat suatu *service* internet. Konsep penggunaan *session* pernah dilakukan untuk melakukan penghematan IP pada perangkat *mobile* dengan membuat *mobile node*, dalam sistem tersebut terdapat *calling-in* dan *calling-out session* untuk penggunaan kembali IP pada *host* lain setelah *session* berakhir [7].

ICON+ mulai menerapkan penggunaan *Broadband Network Gateway* (BNG) dalam pengalokasian IP publik. Pengimplementasian BNG ternyata mengalami beberapa kendala yaitu sistem pengalokasian *bandwidth* hanya dapat dilakukan per satu IP sehingga kesulitan melayani kebutuhan satu *bandwidth* untuk beberapa IP dan BNG harus mengetahui *session* pada suatu *subscriber* aktif sehingga dikhawatirkan akan mempengaruhi kualitas performa jaringan seperti nilai *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Padahal dalam mengembangkan metode layanan yang digunakan oleh perusahaan analisis performansi jaringan sangat penting untuk diperhatikan [8]

Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memaksimalkan penggunaan BNG dalam memenuhi suatu kebutuhan layanan internet baik dari sisi pengalokasian IP publik dan performa layanan dengan parameter *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan alat yang berupa perangkat keras dan bahan berupa perangkat lunak diantaranya :

- a) Perangkat keras
Spesifikasi perangkat keras untuk pengujian termuat pada Tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi perangkat keras

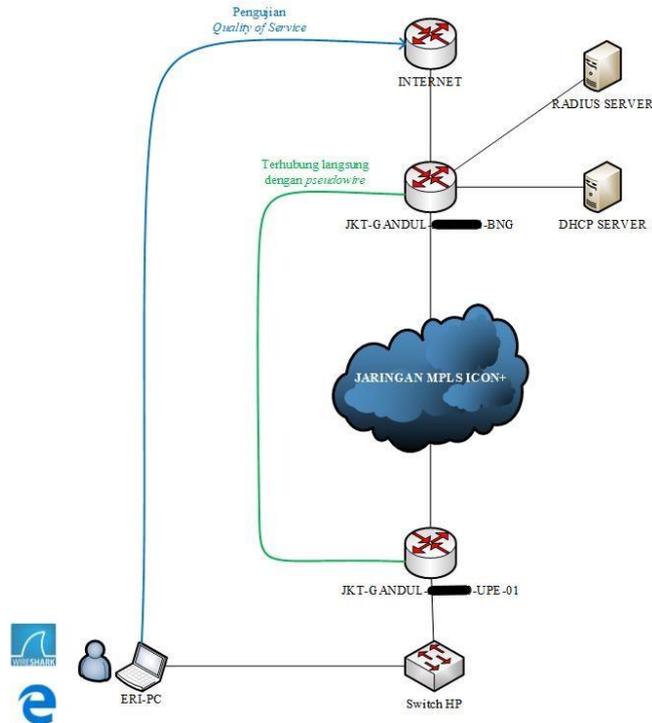
<i>Perangkat</i>	<i>Nama Perangkat</i>	<i>Jenis</i>
1 <i>Router</i> BNG	JKT-GANDUL-XXXXX-	Cisco ASR9000
1 <i>Router</i> UPE	JKT-GANDUL-XXXXX-	Cisco ASR920
1 <i>Switch</i> CPE	HP	HP A3100
1 Komputer	Eri-PC	Lenovo ideapad
1 Kabel	-	-
1 Kabel <i>Fiber</i>	-	-
1 Kabel UTP	-	<i>straight</i>
2 Konektor	-	<i>xcore</i>

- b) Perangkat lunak
1) Putty
2) WireShark
3) Microsoft Edge
4) Microsoft Excel

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Implementasi Sistem Pengujian

Perancangan sistem untuk eksperimen penelitian ini menggunakan topologi seperti yang tersaji pada Gambar 2 Pada gambar tersebut *router* BNG dengan nama JKT-GANDUL-XXXXX-BNG-01. Terdapat jaringan MPLS yang menghubungkan *Provider Edge* (PE) terdekat dari *Customer Edge* (CE) ke *router* BNG. CE terhubung ke BNG melalui PE terdekat yaitu JKT-GANDUL-XXXXX-UPE-01, PE terdekat berfungsi menghubungkan CE ke BNG. Jaringan ke arah CE ditambahkan perangkat *switch* HP. Pengambilan data performa dilakukan pada sisi CPE atau ERI-PC.



Gambar 2. Topologi penelitian

2.3 Metode Pengujian

2.3.1 Konfigurasi Service

a) Konfigurasi Service BNG

Konfigurasi BNG yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan sistem pengimplementasian pada PT ICON+ karena peneliti melakukan pengambilan data pada perusahaan tersebut. Pada arsitektur penelitian ini UPE berperan sebagai DSLAM, UPE terhubung ke router BNG dengan menggunakan *pseudowire*. Hal tersebut membuat seolah-olah terdapat kabel yang menghubungkan UPE langsung ke router BNG, *pseudowire* berkomunikasi menggunakan *data link layer* atau lapisan kedua pada OSI layer. Kemudian jenis *session* yang digunakan pada penelitian ini yaitu IPoE (*IP over Ethernet*) yaitu proses *delivery* IP publik dilakukan melalui jaringan *ethernet* atau lokal ICON+ yaitu melalui jaringan MPLS seperti yang tersaji pada Gambar 2.

b) Konfigurasi Service VRF

Berikutnya konfigurasi VRF dilakukan dengan mengambil konfigurasi *service* internet yang berada pada terminasi yang sama dengan tempat pengujian namun tidak dapat dilakukan pada perangkat pengujian yang sama dikarenakan pengalokasian IP publik untuk pengujian VRF mempengaruhi proses bisnis yang berlangsung di perusahaan karena jumlah IP terbatas.

2.3.2 Penghitungan Penggunaan IP

Penghitungan penggunaan IP publik dilakukan dengan membandingkan penggunaan metode pengalokasian IP dengan menggunakan BNG dan VRF pada 800 *service*, 1000 *service*, dan 1200 *service* dengan kebutuhan IP publik *valid* yang dapat digunakan pada setiap *service* yaitu 1 IP, 4 IP, dan 8 IP sehingga diperoleh enam data dalam bentuk grafik yang tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2 Skenario penghitungan IP publik

No.	Metode Pengalokasian IP	Kebutuhan IP	Jumlah Service
1	BNG	1	800 <i>service</i>
			1000 <i>service</i>
			1200 <i>service</i>
2	BNG	4	800 <i>service</i>
			1000 <i>service</i>
			1200 <i>service</i>

No.	Metode Pengalokasian IP	Kebutuhan IP	Jumlah Service
3		8	800 service
			1000 service
			1200 service
4	VRF	1	800 service
			1000 service
			1200 service
5	VRF	4	800 service
			1000 service
			1200 service
6		8	800 service
			1000 service
			1200 service

Parameter penggunaan IP yang digunakan untuk penghitungan perbandingan penggunaan BNG dan VRF adalah jumlah IP yang digunakan untuk *network*, *broadcast*, alokasi per pembelian IP publik yaitu per 256 IP atau pada *subnetwork* 255.255.255.0 atau dengan *prefix* /24 dan jumlah IP layanan (jumlah IP *host* untuk layanan) pada setiap *service* sesuai dengan skenario yang telah disebutkan sebelumnya.

2.3.3 Pengujian Performa

Dalam penelitian ini juga didapat data performa penggunaan *service* internet dengan menggunakan BNG. Data yang dihasilkan berupa hasil dari *speed test* dan hasil perhitungan data perekenaman pengujian akses internet dengan menggunakan WireShark. Data *speed test* digunakan untuk mengetahui nilai dari *throughput upload* dan *throughput download*, sedangkan data dari WireShark digunakan untuk melakukan perhitungan nilai *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*. Data *speed test* didapat dengan menggunakan *speed test* PT ICON+ yaitu “http://speedtest.iconpln.net.id/” yang diakses dengan Microsoft Edge. Data dari WireShark akan diubah dalam bentuk Microsoft Excel untuk mempermudah proses penghitungan nilai *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengalokasian IP

3.1.1 Konfigurasi BNG

Dalam membuat suatu *service* internet dengan menggunakan BNG terdapat tiga bagian perangkat yang perlu dikonfigurasi yaitu *web server* BNG, UPE, dan CPE. *Web server* BNG menghubungkan RADIUS *server* dan DHCP *server* melalui lapisan ke tujuh atau *application layer* OSI *layer*.

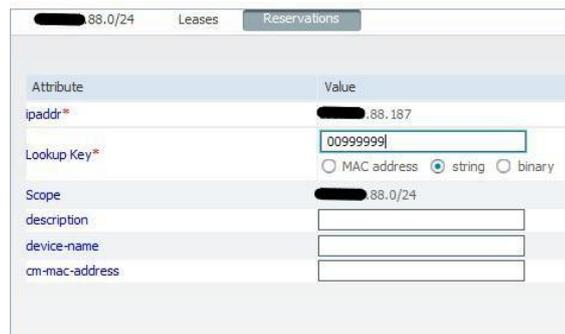
a) Konfigurasi RADIUS pada *web server* BNG

Gambar 3. Konfigurasi RADIUS pada *Web Server* BNG

Pada Gambar 3 merupakan tampilan dari *application layer* router BNG dalam melakukan konfigurasi RADIUS server. Konfigurasi hanya perlu dilakukan pada menu “*General Properties*” dimana data yang diperlukan untuk melakukan konfigurasi tersebut adalah “*Name*”, “*Password*”, dan “*Confirm Password*”. Selain data pokok tersebut pengujian menambahkan penggunaan data “*Enable*”, dan “*UserGroup*” sesuai dengan implementasi penyediaan *service* internet yang dilakukan oleh PT ICON+.

Pada konfigurasi ini membuktikan bahwa sistem dasar BNG yang ada di PT ICON+ adalah satu *bandwidth* per satu IP. Pengalokasian secara kelompok seperti beberapa IP dengan alokasi satu *bandwidth* tidak dapat dilakukan secara fleksibel pada sistem dasar pada *application layer*. Apabila pengalokasian *bandwidth* untuk beberapa IP publik tetap ingin dilakukan pada konfigurasi di *application layer* dan terpusat di BNG maka pembagian dilakukan secara manual, misalnya dalam konfigurasi ini kebutuhan *bandwidth* adalah 50 Mbps dan terdapat 3 IP maka pengalokasian *bandwidth* dapat dilakukan dengan IP pertama 20 Mbps, IP kedua 20 Mbps, dan IP ketiga 10 Mbps. Dari masalah tersebut diperlukan konfigurasi lain untuk memungkinkan pengalokasian *bandwidth* untuk beberapa IP publik yang dialokasikan dengan BNG. Konfigurasi tersebut dapat dilakukan pada UPE.

b) Konfigurasi *DHCP* pada *web server* BNG



Attribute	Value
ipaddr*	88.187
Lookup Key*	00999999 <input type="radio"/> MAC address <input checked="" type="radio"/> string <input type="radio"/> binary
Scope	88.0/24
description	
device-name	
cm-mac-address	

Gambar 4. Konfigurasi *DHCP* pada *web server* BNG

Tahap berikutnya dalam pembuatan suatu *session service* internet menggunakan BNG adalah dengan melakukan reservasi pada *DHCP server* seperti tampilan yang tersaji pada Gambar 4 yang diperlukan pada konfigurasi ini adalah data “*Name*” yang ada pada konfigurasi *RADIUS server* atau “*circuit-id*”. Data tersebut menggunakan “*String*” sebagai proses autentikasi dan otorisasi. Proses reservasi IP publik dalam sistem ini terdapat dua jenis yaitu secara *DHCP* dan statik. Reservasi dengan menggunakan sistem *DHCP* menggunakan data “*circuit-id*” sedangkan apabila menggunakan sistem statik maka diperlukan *MAC address* dari perangkat CPE.

c) Konfigurasi UPE

```
interface GigabitEthernet0/0/17
description Test BNG Internet DHCP .88.187/32
mtu 1998
no ip address
negotiation auto
service instance 67 ethernet
encapsulation dot1q 67
xconnect .25.1 67 encapsulation mpls
!
```

Gambar 5. Konfigurasi UPE

Konfigurasi pada UPE cukup sederhana yaitu dengan membuat VLAN yang sesuai dengan pengelompokan IP pada *router* BNG yang telah di reservasi sebelumnya. Kemudian melakukan konfigurasi *pseudowire* untuk menghubungkan CPE ke *router* BNG. Apabila penyediaan *service* BNG berhadapan dengan kebutuhan *service* lebih dari satu IP publik maka konfigurasi BNG pada UPE dapat membantu pembatasan *bandwidth* dari *service* internet. Sistem pembuatan *username (circuit-id)* untuk pada *RADIUS* dan reservasi IP di *DHCP server* disesuaikan pada jumlah perangkat. Hal tersebut membuat pengalokasian satu *bandwidth* dapat dilakukan pada beberapa IP publik dengan BNG, namun konfigurasi ini mengharuskan mengkosongkan alokasi *bandwidth* pada konfigurasi *RADIUS server* sehingga alokasi *bandwidth* yang sebenarnya digunakan pada *service* tersebut tidak termonitoring secara terpusat di BNG. Pembatasan *bandwidth* dilakukan pada *port* yang terhubung ke CPE. Dalam kasus ini bila CPE penerima IP publik terdapat lebih dari satu perangkat, maka pembatasan dilakukan pada *port* UPE yang terhubung ke CPE. Pembatasan dengan menambahkan *service police* IN dan OUT pada *port interface* yang mengarah ke CPE yaitu “*GigabitEthernet0/0/17*”. Contoh konfigurasi mengenai *service police* dijelaskan pada konfigurasi VRF.

d) Konfigurasi *Switch CPE*

```
[HP-GigabitEthernet1/0/9]combo enable fiber
```

Gambar 6. Mengaktifkan Penggunaan *Fiber Optic*

Langkah pertama dalam konfigurasi *switch CPE* adalah mengaktifkan penggunaan *fiber* aktif pada *port* yang terhubung ke perangkat pengujian dengan menggunakan perintah “combo enable fiber” seperti yang tersaji pada Gambar 6.

```
[HP-Ethernet1/0/1]int Ethernet1/0/1
[HP-Ethernet1/0/1]dhcp-snooping information circuit-id string 00999999
[HP-Ethernet1/0/1] dhcp-snooping information vlan 67 cir
[HP-Ethernet1/0/1] dhcp-snooping information vlan 67 circuit-id st
[HP-Ethernet1/0/1] dhcp-snooping information vlan 67 circuit-id string 00999999
[HP-Ethernet1/0/1]save
```

Gambar 7. Memasukan *circuit-id* di CPE

Langkah kedua dalam konfigurasi CPE adalah memasukan *circuit-id* dengan perintah “dhcp-snooping information circuit-id string 00999999” pada *port* yang digunakan untuk pengujian dan melakukan konfigurasi VLAN *access* sehingga VLAN yang sebelumnya dibuat di UPE dapat diakses di CPE seperti pada Gambar 7. Ketepatan dalam konfigurasi *circuit-id* sangat penting karena *circuit-id* digunakan untuk melakukan otorisasi dan autentikasi pada RADIUS *server*. Apabila konfigurasi *circuit-id* salah maka *service* tidak bisa terbentuk karena RADIUS *server* melakukan *reject access CPE*.

Urutan konfigurasi ini dilakukan dalam pembuatan *service* internet dengan menggunakan BNG. Apabila terdapat kebutuhan lebih dari satu IP, maka konfigurasi harus dilakukan sesuai dengan kebutuhan *service*. Setiap *session* hanya dapat menggunakan satu IP publik, sehingga untuk kebutuhan 4 IP publik pada satu *service* maka harus dilakukan empat kali konfigurasi. Hal tersebut menjadi salah satu kelemahan terbesar penggunaan BNG di ICON+ karena konfigurasi harus dilakukan berkali-kali serta karena konfigurasi BNG melibatkan dua pihak yaitu penyedia layanan (ISP / NSP) dan CPE maka proses konfigurasi memiliki resiko besar mengalami kesalahan karena masalah komunikasi antara kedua belah pihak serta membengkaknya waktu untuk konfigurasi.

3.1.2 Konfigurasi VRF

```
ip vrf INTERNET-CORPORATE
rd 65000:10
import map SET-LOCALPREF
route-target export 65000:10
route-target import 65000:99
maximum routes 500 85
```

Gambar 8. Konfigurasi VRF

Konfigurasi pertama yang dilakukan pada VRF adalah membuat UPE terhubung ke VRF yaitu dengan membuat konfigurasi VRF INTERNET-CORPORATE pada UPE. Konfigurasi tersebut berisi tentang *rd (route distinguisher)*, dan *route target*. *Route distinguisher* berfungsi untuk menemukan VRF INTERNET-CORPORATE pada *cloud* ICON+. Berikutnya merupakan konfigurasi *route-target*, konfigurasi ini terdiri dari *export* dan *import*. *Export* digunakan untuk mencari VRF INTERNET-CORPORATE dan *import* digunakan untuk mendapatkan informasi dari VRF INTERNET-CORPORATE berupa tabel *routing*. Pada konfigurasi *route-target* ini *number* yang digunakan *export* dan *import* berbeda karena komunikasi dalam jaringan yang menggunakan VRF INTERNET-CORPORATE bersifat *hub and spoke*. Komunikasi hanya dapat dilakukan VRF dengan perangkat-perangkat UPE namun dalam jaringan VRF tersebut antar perangkat UPE dalam penggunaan VRF INTERNET-CORPORATE tidak dapat saling berhubungan.

```
interface BD120
description                213 Internet PT ICON+
.
.
ip vrf forwarding INTERNET-CORPORATE
ip address 178.145.255.255.248
```

Gambar 9. Pengalokasian IP VRF

Langkah kedua adalah membuat *interface*, pengalokasian IP, dan mengkonfigurasi VRF pada *interface* tersebut untuk *service* seperti yang tersaji pada Gambar 9 *Interface* yang dibuat merupakan *interface binding* (BD) dengan nomor *interface* 120. penggunaan *interface binding* digunakan untuk meneruskan layanan dari *router* agar dapat meneruskan paket ke VLAN (*switch*).

```
service instance 120 ethernet
description                213 Internet PT ICON+
.
.
encapsulation dot1q 120
rewrite ingress tag pop 1 symmetric
service-policy input IN-10Mbps
service-policy output OUT-10Mbps
bridge-domain 120
```

Gambar 10. Konfigurasi Service Policy

Berikutnya melakukan konfigurasi *service* yaitu membuat batasan kecepatan akses dari suatu *service* seperti pada Gambar 10. Batasan kecepatan yang dimaksud merupakan *bandwidth* maksimal yang dapat didapat oleh suatu *service*. *Service-policy input* digunakan untuk memberikan batasan pengguna dalam melakukan *download* data dan *service-policy output* digunakan untuk memberikan batasan pengguna dalam melakukan *upload* data dalam komunikasi dengan menggunakan *service* yang disediakan. Data *input* pada UPE artinya seluruh data yang di *request* dari CPE sedangkan data *output* pada UPE artinya seluruh data yang dikirimkan dari CPE.

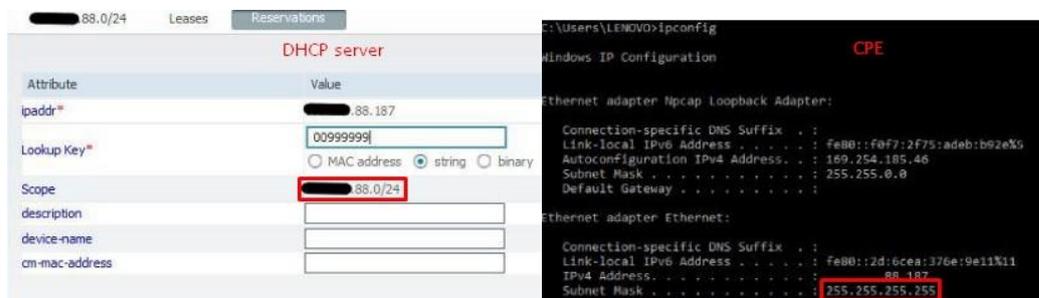
3.2 Penggunaan IP BNG dan VRF

Analisis berikutnya tentang penggunaan sistem pengalokasian IP publik dengan BNG dan VRF. Pembagian IP publik dilakukan dengan asumsi *network class A* yang memiliki 8 bit *network* atau *subnet* awal 255.255.255.0 (/24) sehingga terdapat 256 *host*. Pada sistem pengalokasian IP publik dengan BNG pengelompokan *subnet* 255.255.255.0 (/24), sehingga jumlah IP *network* dan IP *broadcast* sama dengan jumlah per *subnet* awal. Pembagian *subnet* pada alokasi sangat mempengaruhi penggunaan IP. Sementara itu *subnet* awal yaitu 255.255.255.0 (/24) dengan 256 IP *host* di *subnet* kembali dengan VLSM sesuai kebutuhan pengalokasian IP sesuai skenario. Berikut contoh perhitungan *subnet* [9] :

- Menghitung jumlah H (*host*) bit
Jika kebutuhan *host valid* sebanyak 1 *host* dan *network class A* dimulai dengan menggunakan 8 bit N (*network*)
Maka $2^H - 2 \geq 1$
Jadi H = 2, 2 merupakan nilai paling mendekati nilai H
- Menghitung *subnet* yaitu N - H
 $8 - 2 = 6$ N, sehingga terdapat 6 bit untuk membuat *subnet*
Jadi penggunaan bit : NNNNNNHH, penggunaan *subnet* dipilih berdasarkan *network* yang paling besar sehingga penggunaan bit : 11111100 atau dalam *classfull subnetting*
11111111.11111111.11111111.11111100 atau
255.255.255.252 atau /30
- Menghitung jumlah *subnet* yang terbentuk dari 8 bit N
Jumlah *host* dari *subnet* awal 8 bit N = $11111111 = 256$ *host*
Jumlah *subnet* = Jumlah *host* dari *subnet* awal 8 bit N - 2^H
Jumlah *subnet* = $256 / 4$
Jadi total *subnet* yang terbentuk adalah 64 *subnet*..

3.2.1 Penggunaan IP Publik dengan BNG

Pengalokasian IP publik dengan BNG terpusat pada DHCP server. Salah satu kemampuan DHCP server dalam BNG adalah DHCP Relay, kemampuan tersebut membuat BNG mampu mengalokasikan IP kedalam subnet baru tanpa perlu melakukan pengalokasian IP untuk network dan broadcast pada setiap membuat subnetting baru sehingga dapat menghemat penggunaan IP untuk network dan broadcast.



Gambar 11. Perbedaan subnet DHCP server dan CPE pada BNG

Gambar 11 membuktikan konfigurasi IP pada DHCP server subnetting /24 namun ketika di perangkat penguji atau CPE subnet menjadi /32 atau 255.255.255.255. Selain menjadi kelebihan BNG karena dengan penggunaan DHCP Relay tidak perlu mengalokasikan IP network dan broadcast berkali-kali jadi secara umum subnetting hanya dilakukan per /24, penggunaan DHCP Relay yang digunakan di ICON+ juga menjadi kelemahan karena subnetting dari subnet awal tidak dapat variatif hanya dapat melakukan subnetting ke 255.255.255.255 atau /32 saja. Hal tersebut yang mendasari sistem reservasi IP publik hanya dapat dilakukan per satu IP publik.

Tabel 3. Penggunaan IP publik dengan BNG

No	Jumlah Service	Kebutuhan IP valid	Jumlah subnet /24	Jumlah subnet layanan	Jumlah IP network	Jumlah IP broadcast	Jumlah IP layanan
1	800 service	1	4	4	4	4	808
2	1000 service	1	4	4	4	4	1008
3	1200 service	1	5	5	5	5	1210
4	800 service	4	13	13	13	13	3226
5	1000 service	4	16	16	16	16	4032
6	1200 service	4	19	19	19	19	4838
7	800 service	8	26	26	26	26	6452
8	1000 service	8	32	32	32	32	8064
9	1200 service	8	38	38	38	38	9676

Tabel 3 merupakan data yang menyimpulkan keseluruhan perhitungan IP publik dengan sistem pengalokasian BNG. Jumlah service dan kebutuhan IP valid sesuai dengan skenario penelitian. Kemampuan BNG dalam menjalankan DHCP Relay membuat jumlah subnet awal yaitu /24 sama dengan jumlah subnet untuk layanan serta jumlah IP network dan broadcast sama dengan jumlah pengalokasian subnet per /24. Nilai penggunaan subnet per /24 didapat dari Persamaan 1 dan 2 sebagai berikut

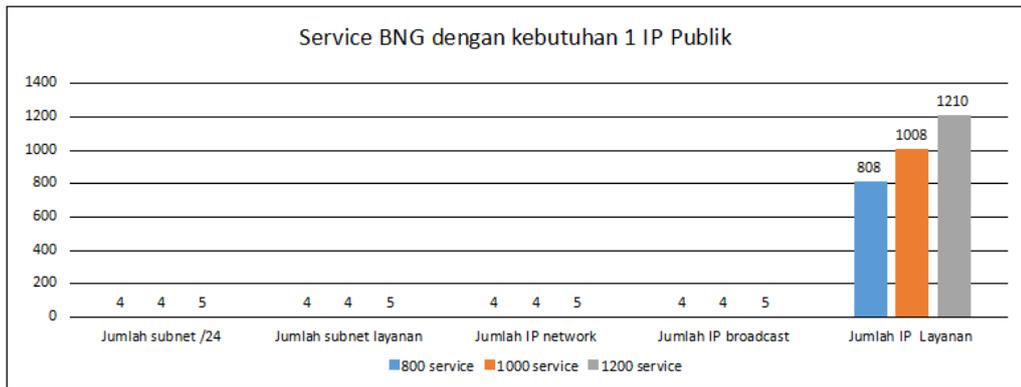
Alokasi maksimal dari subnet /24 adalah 256 IP, $256 - 2 = 254$ (pengurangan IP untuk 1 IP network dan 1 IP broadcast)

$$\text{Jumlah subnet /24} = S \tag{1}$$

Jika Jumlah IP valid mod 254 = 0, maka S = Jumlah IP valid / 254, selain itu

$$\text{Jika Jumlah IP valid mod 254} \neq 0, \text{ maka } S = (\text{Jumlah IP valid div 254}) + 1 \tag{2}$$

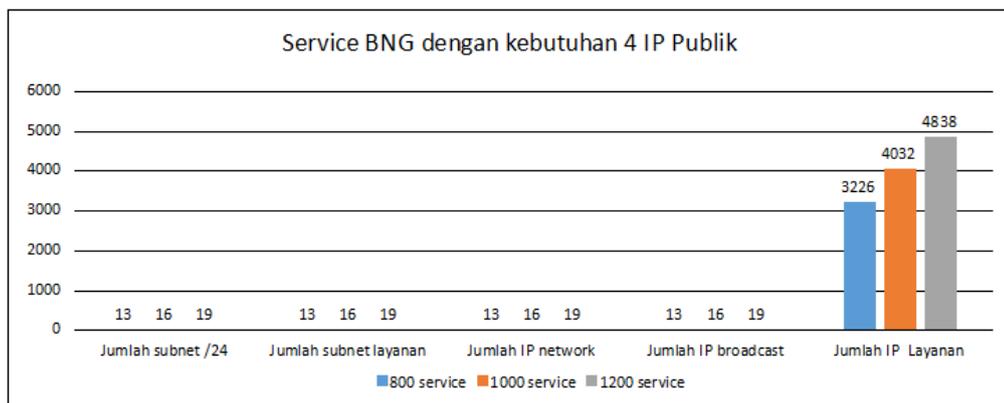
a) Service BNG dengan kebutuhan 1 IP publik



Gambar 12. Service BNG dengan kebutuhan 1 IP publik

Gambar 12 jumlah IP layanan yang tidak berbeda jauh dengan kebutuhan IP valid pada setiap *service* yaitu pada 800 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 808 IP, pada 1000 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 1008 IP, dan pada 1200 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 1210 IP.

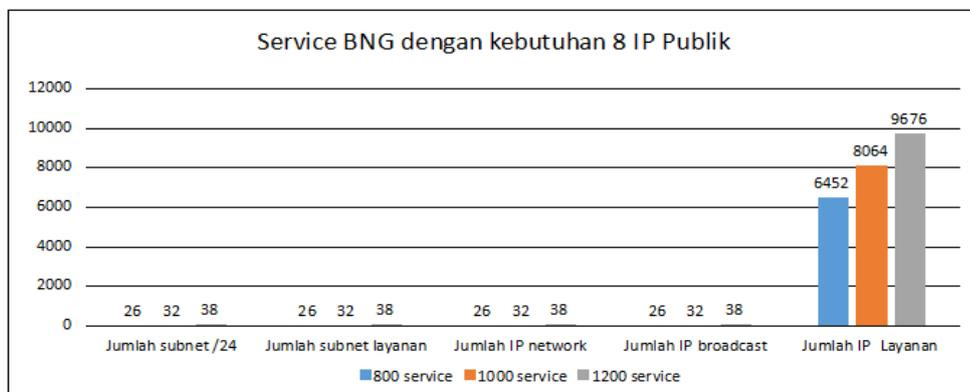
b) Service BNG dengan kebutuhan 4 IP publik



Gambar 13. Service BNG dengan kebutuhan 4 IP publik

Gambar 13 selisih jumlah IP layanan yang digunakan meningkat namun tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan kebutuhan 1 IP pada setiap *service*.

c) Service BNG dengan kebutuhan 8 IP publik



Gambar 14. Service BNG dengan kebutuhan 8 IP publik

Gambar 14 jumlah IP layanan yang digunakan meningkat dikarenakan jumlah IP untuk *network* dan *broadcast* juga meningkat, namun peningkatan tersebut cukup normal dibandingkan dengan kebutuhan 4 IP pada setiap *service*.

3.2.2 Penggunaan IP Publik dengan VRF

Sistem pengalokasian IP publik dengan VRF yaitu dengan melakukan *subbnetting* berdasarkan jumlah *host* yang dibutuhkan dari *subnet* awal (/24) dengan jumlah *subnet* baru disesuaikan dengan jumlah *service* yang dibutuhkan. IP pada alokasi *subnet* yang baru akan disebar ke UPE terdekat dari CPE untuk membuat *service*.

Tabel 4. Penggunaan IP publik dengan VRF

No	Jumlah Service	Kebutuhan IP valid	Jumlah subnet /24	Jumlah subnet layanan	Jumlah IP network	Jumlah IP broadcast	Jumlah IP layanan
1	800 service	1	13	800	800	800	3200
2	1000 service	1	16	1000	1000	1000	4000
3	1200 service	1	19	1200	1200	1200	4800
4	800 service	4	25	800	800	800	6400
5	1000 service	4	32	1000	1000	1000	8000
6	1200 service	4	38	1200	1200	1200	9600
7	800 service	8	50	800	800	800	12800
8	1000 service	8	63	1000	1000	1000	16000
9	1200 service	8	75	1200	1200	1200	19200

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan jumlah *subbnetting* baru (pembagian dari subnet /24) sama dengan jumlah *service* menyebabkan jumlah IP yang digunakan untuk *network* dan *broadcast* juga sama dengan jumlah *service*. Sementara jumlah IP layanan didapat dari jumlah IP *host* dalam *subnet* dikalikan dengan jumlah *service*. Perumusan lebih lengkap pada perumusan 3 hingga 9 sebagai berikut

$$\text{Jumlah service} = \text{Jumlah subnet layanan} = \text{Jumlah IP network} = \text{Jumlah IP broadcast} \quad (3)$$

$$\text{Jumlah IP layanan} = \text{Jumlah IP host dalam subnet} \times \text{Jumlah service} \quad (4)$$

$$\text{Jumlah IP host dalam subnet /24} = 256, \quad (5)$$

$$\text{Jumlah IP host dalam subbnetting baru} = P, \text{ Jumlah service} = Q \quad (5)$$

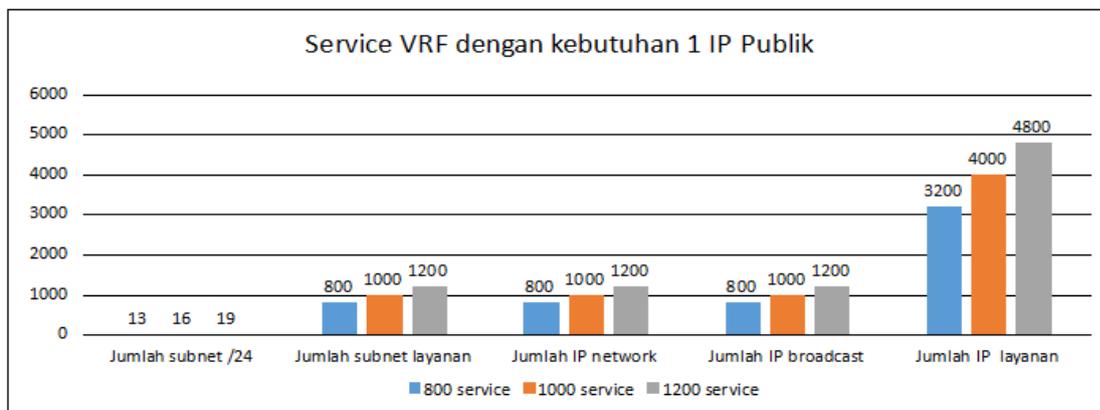
$$\text{Jumlah subnet /24} = S, \text{ Jumlah subbnetting baru dalam subbnetting lama} = R \quad (6)$$

$$R = 256 / P \quad (7)$$

$$\text{Jika } Q \text{ mod } R = 0, \text{ maka } S = Q \text{ div } R, \text{ selain itu} \quad (8)$$

$$\text{Jika } Q \text{ mod } R \neq 0, \text{ maka } S = Q \text{ div } R + 1. \quad (9)$$

a) *Service* VRF dengan kebutuhan 1 IP publik

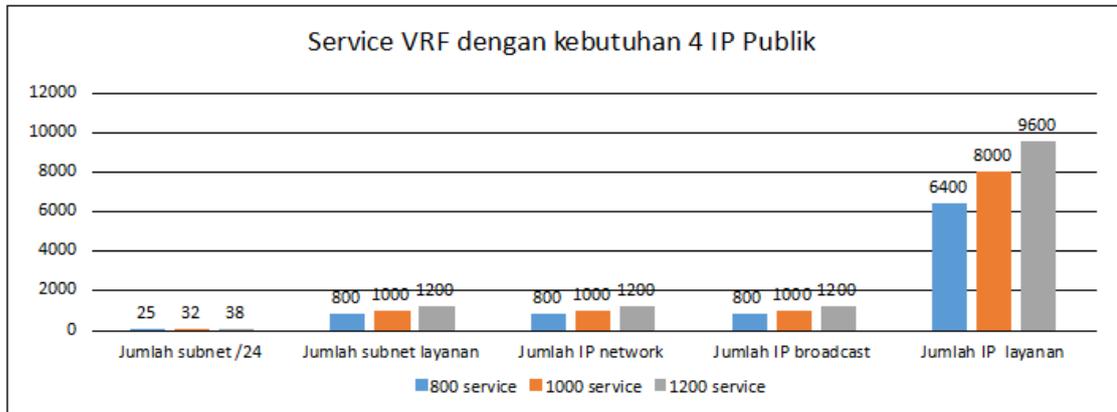


Gambar 15. Service VRF dengan kebutuhan 1 IP publik

Data pada Gambar 15 menunjukkan bahwa jumlah IP layanan berbeda jauh dengan kebutuhan IP valid pada setiap *service* yaitu pada 800 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 3200 IP,

pada 1000 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 4000 IP, dan pada 1200 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 4800 IP. Jumlah IP layanan yang digunakan secara setiap *service* menunjukkan nilai yang tiga kali lebih besar dari kebutuhan IP valid pada setiap *service*.

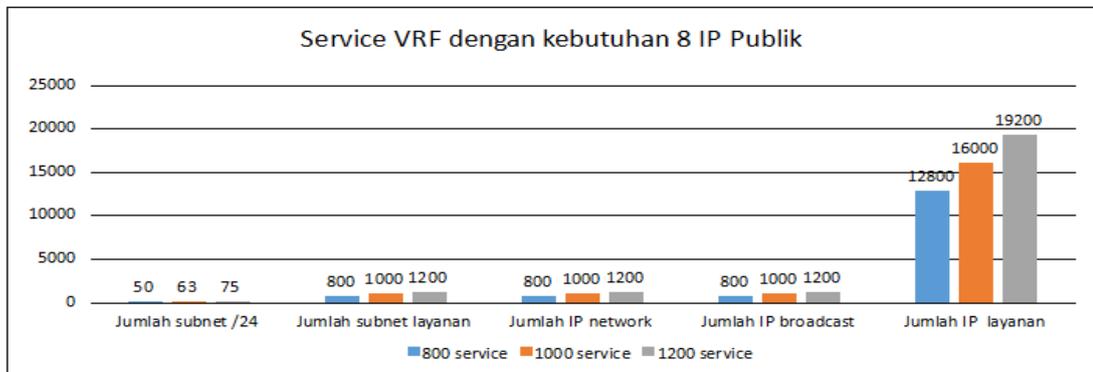
b) *Service* VRF dengan kebutuhan 4 IP publik



Gambar 16. *Service* VRF dengan kebutuhan 4 IP publik

Data pada Gambar 16 menunjukkan bahwa jumlah IP layanan masih berbeda jauh dengan kebutuhan IP valid pada setiap *service* yaitu pada 800 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 6400 IP, pada 1000 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 8000 IP, dan pada 1200 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 9600 IP. Jumlah IP layanan yang digunakan secara setiap *service* menunjukkan nilai yang satu kali lebih besar dari kebutuhan IP valid pada setiap *service*.

c) *Service* VRF dengan kebutuhan 8 IP publik



Gambar 17. *Service* VRF dengan kebutuhan 8 IP publik

Gambar 17 menunjukkan bahwa jumlah IP layanan masih berbeda jauh dengan kebutuhan IP valid pada setiap *service* yaitu pada 800 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 12800 IP, pada 1000 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 16000 IP, dan pada 1200 *service* IP untuk layanan yang digunakan sebesar 19200 IP. Jumlah IP layanan yang digunakan secara setiap *service* menunjukkan nilai yang satu kali lebih besar dari kebutuhan IP valid pada setiap *service*.

3.2.3 Perbandingan penggunaan IP publik BNG dan VRF

Berdasarkan analisis data sebelumnya membahas tentang penggunaan IP Publik dengan menggunakan sistem pengalokasian BNG dan VRF secara terpisah. Pada penjelasan subbab ini membandingkan penggunaan IP publik yang terangkum dalam Tabel 5. Data dalam tabel tersebut menunjukkan bahwa penggunaan IP publik dengan sistem pengalokasian BNG dan VRF terdapat perbandingan yang sangat jauh.

Tabel 5. Perbandingan penggunaan IP publik BNG dengan VRF

No	Jumlah service	Kebutuhan IP valid	Jumlah subnet /24		Jumlah subnet layanan		Jumlah IP network		Jumlah IP broadcast		Jumlah IP layanan	
			BNG	VRF	BNG	VRF	BNG	VRF	BNG	VRF	BNG	VRF
1	800 service	1	4	13	4	800	4	800	4	800	808	3200
2	1000 service	1	4	16	4	1000	4	1000	4	1000	1008	4000
3	1200 service	1	5	19	5	1200	5	1200	5	1200	1210	4800
4	800 service	4	13	25	13	800	13	800	13	800	3226	6400
5	1000 service	4	16	32	16	1000	16	1000	16	1000	4032	8000
6	1200 service	4	19	38	19	1200	19	1200	19	1200	4838	9600
7	800 service	8	26	50	26	800	26	800	26	800	6452	12800
8	1000 service	8	32	63	32	1000	32	1000	32	1000	8064	16000
9	1200 service	8	38	75	38	1200	38	1200	38	1200	9676	19200

Proses pengalokasian IP mempengaruhi penggunaan IP layanan. Sistem pengalokasian IP publik dengan BNG tidak menunjukkan perbedaan yang jauh dalam penggunaan IP layanan dalam memenuhi kebutuhan ketiga skenario service serta kebutuhan IP valid (IP publik untuk CPE) pada setiap service. Penggunaan pengalokasian IP publik dengan VRF memiliki tren sendiri. Apabila kebutuhan IP valid semakin mendekati jumlah maksimal IP valid dari subnetting maka perbedaan penggunaan IP layanan dan IP valid sesungguhnya akan lebih sedikit. Hal tersebut dibuktikan dengan data perhitungan IP pada seluruh service dengan kebutuhan IP valid sebanyak 4 IP dan 8 IP.

Pada kebutuhan 4 IP valid dilakukan subnetting 255.255.255.248 (/29) terdapat 8 IP host dalam subnet. IP valid dalam subnetting tersebut hanya digunakan 4 IP atau $\frac{1}{2}$ dari jumlah IP host dalam subnet. Sama halnya dengan skenario kebutuhan 8 IP valid dilakukan subnetting 255.255.255.240 (/28) terdapat 16 IP host dalam subnet. IP valid dalam subnetting tersebut hanya digunakan 8 IP atau $\frac{1}{2}$ dari jumlah IP valid yang ada. Sehingga penggunaan IP layanan satu kali lebih banyak dari kebutuhan IP valid sesungguhnya.

Penggunaan IP dengan VRF semakin tidak maksimal karena pengalokasian IP network, broadcast dilakukan pada setiap service menyebabkan membengkaknya penggunaan IP layanan. Hal ini terbukti pada skenario dengan kebutuhan 1 IP publik dalam memenuhi kebutuhan seluruh service. Pada skenario tersebut pemenuhan kebutuhan IP dilakukan dengan melakukan subnetting 255.255.255.252 (/30) dengan 4 IP host. IP tersebut digunakan untuk 1 IP sebagai network, 1 IP sebagai broadcast, dan 1 IP untuk memenuhi kebutuhan IP publik untuk CPE, sehingga dalam memenuhi kebutuhan 1 IP valid dibutuhkan setidaknya 3 IP publik dengan sistem pengalokasian VRF. Sementara dengan sistem pengalokasian BNG dilakukan pengelompokan IP per subnet /24 dengan jumlah IP host 256 IP. Pengalokasian IP untuk network dan broadcast dilakukan per subnet /24 juga sehingga tidak boros dalam penggunaan IP sehingga terdapat 254 IP valid yang dapat digunakan untuk membuat service dengan berbagai kebutuhan IP valid.

3.3.2 Analisis Throughput



Gambar 19. Hasil Pengujian Dengan Speed Test

Pengujian *throughput* dilakukan dengan melakukan *speed test* dengan *speed test* ICON+ seperti yang tersaji pada Gambar 19. Pada gambar tersebut didapat nilai dari *ping*, *jitter*, *download* dan *upload*. Nilai *download* dan *upload* merupakan nilai *throughput*. Kecepatan rata-rata *throughput* adalah 48.35 Mbps atau setara 96.7% dari alokasi *bandwidth* yaitu 50Mbps artinya *service* internet dengan menggunakan BNG dapat dinilai sangat bagus [10]. Dari data ini juga dapat dikatakan meskipun untuk mengakses internet CPE harus melalui BNG terlebih dahulu nilai *throughput* tidak terlalu dipengaruhi oleh hal tersebut.

3.3.3 Analisis Jitter

Pengujian *jitter* dilakukan dengan melakukan *speed test* dengan *speed test* ICON+ seperti yang tersaji pada Gambar 20. Nilai *jitter* yang didapat dari pengujian yaitu 4 ms sehingga menurut standar degradasi [10] dapat dikatakan bagus.

3.3.4 Analisis Delay

Pengujian *delay* dilakukan dengan melakukan perekaman data performa dengan menggunakan WireShark. Perhitungan *delay* hanya dilakukan pada protokol TCP dan UDP karena protokol tersebut paling banyak digunakan untuk akses internet dalam pengujian *service* internet dengan menggunakan BNG ini. Waktu FIN dan reset diabaikan. FIN merupakan waktu jeda ketika suatu aliran TCP selesai dilakukan hingga terdapat adanya aliran TCP kembali.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	TCP delta	Delta time displayed	Info	
28	0.000000		8.187	6.181	TCP	66	0.001090	0.000000	50957 → 80 [SYN]
29	0.003348		6.181	8.187	TCP	66	0.003348	0.003348	80 → 50957 [SYN,
30	0.000115		8.187	6.181	TCP	54	0.000115	0.000115	50957 → 80 [ACK]
31	0.000214		8.187	6.181	HTTP	267	0.000214	0.000214	GET /en-US/livet.
32	0.003692		6.181	8.187	TCP	60	0.003692	0.003692	80 → 50957 [ACK]
33	0.001495		6.181	8.187	TCP	1514	0.001495	0.001495	80 → 50957 [ACK]
34	0.000002		6.181	8.187	TCP	1514	0.000002	0.000002	80 → 50957 [ACK]
35	0.000061		8.187	6.181	TCP	54	0.000061	0.000061	50957 → 80 [ACK]
36	0.001459		6.181	8.187	TCP	1514	0.001459	0.001459	80 → 50957 [ACK]
37	0.000004		6.181	8.187	HTTP/XML	262	0.000004	0.000004	HTTP/1.1 200 OK
38	0.000085		8.187	6.181	TCP	54	0.000085	0.000085	50957 → 80 [ACK]
51	8.794312		8.187	7.4	TCP	54	0.000082	8.794312	50955 → 80 [ACK]
53	0.003058		7.4	8.187	TCP	60	0.003015	0.003058	80 → 50955 [ACK]
81	26.251...		8.187	161	TCP	66	0.396647	26.251270	50958 → 80 [SYN]
83	0.194276		161	8.187	TCP	66	0.071251	0.194276	80 → 50958 [SYN,
84	0.000197		8.187	161	TCP	54	0.000197	0.000197	50958 → 80 [ACK]
85	0.005247		8.187	161	HTTP	251	0.005247	0.005247	GET /wpsv6intern
86	0.193988		161	8.187	TCP	60	0.193988	0.193988	80 → 50958 [ACK]

Gambar 20. Filtering Mencari Delay

Setelah proses *filtering* pada Gambar 20 selesai dilakukan berikutnya adalah menampilkan kolom TCP *delta* pada tampilan WireShark. TCP *delta* merupakan selisih waktu kedatangan paket dari waktu pengiriman paket. Nilai dari *delay* yaitu 22.058 ms sehingga *delay* dari performa *service* internet dengan BNG dapat dikatakan sangat baik karena menurut standar degradasi [10], nilai *delay* yang sangat baik dalam performa jaringan adalah yang kurang dari 150ms.

3.3.5 Analisis Packet Loss

Nilai *packet loss* didapat dengan melakukan *filtering* data di WireShark dengan menuliskan perintah “tcp.analysis.lost_segment”. Nilai *packet loss* pengujian *service* internet dengan menggunakan BNG ini dapat dikatakan baik karena bernilai 0.1% [10].

4. KESIMPULAN

Kebutuhan IP publik yang sedikit sangat cocok dikonfigurasi dengan BNG, sedangkan konfigurasi VRF lebih cocok digunakan untuk kebutuhan *service* internet dengan kebutuhan banyak IP Publik karena sistem konfigurasi BNG per satu IP dan memiliki tahapan konfigurasi lebih panjang yang menimbulkan resiko *troubleshooting* dan proses konfigurasi yang lebih lama dibandingkan dengan konfigurasi pada VRF yang hanya membutuhkan satu tahap konfigurasi di PE paling dekat dengan CPE.

Sistem pengalokasian IP publik dengan BNG mengalokasikan IP *network* dan *broadcast* pada *subnet* 255.255.255.0 (/24) kemudian membagikan IP untuk CPE dengan *subnetting* 255.255.255.255 (/32), sedangkan pada VRF mengalokasikan IP *network* dan *broadcast* dilakukan pada setiap *service* serta *subnetting* disesuaikan dengan kebutuhan *service*.

Performa *service* internet dengan menggunakan BNG sangat baik pada parameter *throughput* dengan nilai 96.7% dan *delay* dengan nilai 22.058 ms serta baik untuk parameter *packet loss* dengan nilai 0.1% dan *jitter* dengan nilai 4 ms.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Indonesia Comnet Plus khususnya kepada Bapak Puji Sariyono selaku Manager Divisi Configuration Management yang telah membantu perizinan pengambilan data dan Bapak Fraedi Hangga H selaku pembimbing dan Supervisor Divisi Configuration Management selama magang, serta seluruh pihak yang telah membantu pengerjaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] ICON+, “About - ICON+,” 2017. [Online]. Available: <http://www.iconpln.co.id/en/about/>.

[Accessed: 08-Jun-2018].

- [2] S. Jose, “Cisco ASR 9000 Series Aggregation Services Router Broadband Network Gateway Configuration Guide , Release 6 . 0 . x,” no. 6387, 2016.
- [3] S. Malik, (*MPLS*) *PADA TEKNOLOGI VIRTUAL PRIVATE NETWORK*. 2015.
- [4] B. H. Chandana, P. Darsini, and M. Devi, “Inter-Provider VPN Network using Back-To-Back VRF and MP-eBGP Method,” no. August, pp. 358–363, 2017.
- [5] M. P. Clark, *Protocols , Design and Operation*. 2003.
- [6] Cisco, “Broadband Network Gateway Overview,” pp. 1–10.
- [7] Z. Zhen and S. Sampalli, “Saving Public Addresses in Mobile IP,” 2006.
- [8] S. Ramadhan, M. Fathurahman, T. Elektro, B. Multimedia, and P. N. Jakarta, “Analisis Performansi Jaringan Router Fortigate 50E Pada Area Wilayah Gorontalo, Kendari, dan Mamuju,” pp. 1–9, 2014.
- [9] Scott Empson, *CCNA Portable Command Guide (CCNA Self-Study) - Scott Empson - Google Books*, 2nd ed. USA: Cisco Press, 2008.
- [10] Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON), “Tr 101 329,” *ETSI*, vol. 1, no. General aspects of Quality of Service (QoS), pp. 1–37, 1999.