Analisis Dan Implementasi Metode *Random Early Detection* (*Red*) Pada Jaringan *TCP/IP*

Carla Prastika Bandhaso [1], **Yudi Sutanto**[2]
[1,2]*Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta*
Jl. Ringroad Utara, Condongcatur, Depok, Sleman, Yogyakarta Indonesia 55283
[1]carla.bandhaso@students.amikom.ac.id , [2]yudisuta@amikom.ac.id

INTISARI

Penggunaan internet terus mengalami perkembangan yang sangat pesat. Semakin bertambahnya pengguna internet mengakibatkan semakin meningkatnya beban pada jaringan, sehingga sering terjadi kongesti. Seperti pada percobaan sebelum diimplementasikannya metode RED, kinerja jaringan mengalami penurunan. Hal inilah yang merupakan salah satu permasalahan yang harus diselesaikan. TCP/IP merupakan standar komunikasi data yang digunakan dalam proses tukar-menukar data dari satu komputer ke komputer lain pada jaringan internet. Pada jaringan TCP/IP ini diperlukan suatu metode pengendali antrian (congestion control) untuk meningkatkan kinerja dari QoS (Quality of Service), yaitu berupa AQM (Active Queue Management). Penggunaan router AQM menjadi salah satu cara untuk menghindari kongesti yang diterapkan dengan tujuan untuk mengatasi penurunan kinerja pada jaringan.

RED (Random Early Detection) merupakan salah satu algoritma manajemen antrian queue paket data jaringan dengan menentukan ukuran panjang rata-rata antrian data sebelum masuk ke router dan membuang paket dengan probabilitas tertentu. Manajemen antrian ini menggunakan mekanisme min thresh dan max thresh untuk menghindari congestion. Dari pengujian yang dilakukan dengan menganalisa kondisi jaringan ditemukan bahwa metode RED mampu menangani kemacetan jaringan dengan mendrop paket. Pengujian lain dilakukan dengan penambahan client, nilai throughput turun sekitar 1,59% dan delay naik sekitar 2,85% seiring bertambahnya client namun masih lebih baik daripada yang metode FIFO.

Kata kunci: *RED, Quality of Service, AQM, TCP/IP*

ABSTRACT

The use of the internet continues to experience very rapid development. The increasing number of internet users results in an increased load on the network so congestion often occurs. As in the experiment before the implementation of the RED method, network performance has decreased. This is one of the problems that must be resolved. In this TCP/IP network, a queuing control method (congestion control) is needed to improve the performance of QoS (Quality of Service), namely in the form of AQM (Active Queue Management). The use of AQM routers is one way to avoid the congestion that is implemented to overcome decreased performance on the network.

RED (Random Early Detection) is a queue management algorithm for network data packet queues by determining the average length of the data queue before entering the router and discarding packets with a certain probability. This queue management uses min thresh and max thresh mechanisms to avoid congestion. From the tests conducted by analyzing network conditions, it was found that the RED method was able to handle network congestion by dropping packets. Another test was carried out with the addition ofclients, the throughput value decreased by about 1.59% and the delay increased by about 2.85% as the number of clients increased but still better than the FIFO method.

Keywords: RED, Quality of Service, AQM, TCP/IP

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi berkembang pesat di era pemulihan ekonomi nasional mengakibatkan kebutuhan akan jaringan *internet* juga semakin besar. Hal ini dapat meningkatkan beban data pada jaringan dan menyebabkan jumlah *transfer* data akan melebihi kapasitas *router* yang tersedia juga mengakibatkan kinerja dan kecepatan menjadi lebih lambat. Terbukti dari semakin banyaknya instansi hingga perusahaan yang menambah kapasitas

bandwidth baik untuk pengelolaan jaringan internal dan jaringan server maupun koneksi *cloud* lainnya. Masalah ini dapat menimbulkan kemacetan pada *router*, kemacetan menjadi semakin memburuk karena *deadlock*, yaitu dimana beberapa *node* tidak dapat melanjutkan pengiriman paket karena tidak tersedia lagi *buffer*. Hal ini sering terjadi akibat pengguna menggunakan penyedia layanan *internet* tidak sesuai dengan anjuran yang diharuskan.

Terdapat beberapa metode yang bisa digunakan untuk menangani terjadinya kemacetan, salah satunya adalah algoritma *Random Early Detection* (RED). RED merupakan salah satu metode *AQM* (*Active Queue Management*) yang direkomendasikan oleh *IETF* pada tahun 1998 untuk manajemen antrian dan penghindar *congestion* pada internet. Algoritma ini memonitor ukuran rata-rata antrian dan paket yang masuk akan diterima. *RED* memiliki potensi untuk mengatasi beberapa masalah yang ditemukan di *droptail* seperti sinkronisasi aliran *TCP* dan korelasi dari peristiwa *drop* dalam aliran *TCP*. Dalam *RED*, paket-paket didrop secara acak sebelum *buffer* benar-benar penuh, dan probabilitas *drop* meningkat dengan ukuran antrian rata-rata. *RED* menjadi mekanisme yang kuat untuk mengendalikan lalu lintas dan bisa memberikan pemanfaatan jaringan yang lebih baik. Metode *Random Early Detection* dirancang untuk mengatasi masalah kemacetan, misalnya pada *TCP* di *layer transport*.

Metode *RED* digunakan untuk efektivitas jaringan, seperti stabilitas dan *packet loss.* Tujuan utama dari metode ini adalah untuk mendeteksi adanya *congestion* serta memberitahu pengirim untuk memperlambat kecepatan transmisi sebelum terjadi *buffer overflow.* Efektivitas RED dapat diukur dengan menggunakan parameter – parameterseperti *packet loss, throughput* dan *delay.*

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah dengan mengimplementasikan metode *RED* mampu menangani *congestion* lebih baik daripada metode lainnya?
2. Berapakah nilai analisis *packet loss, throughput* dan *delay* dari penggunaan metode *RED* dan bukan metode *RED*?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Implementasi metode *RED* dilakukan pada jaringan dengan perangkat *real* untuk mempermudah pemahaman mengenai *congestion control*.
2. Parameter yang digunakan untuk menganalisis hasil implementasi adalah : *packet loss, throughput*, dan *delay*.
3. Analisis hanya dikhususkan pada metode *RED* dan bukan menggunakan metode *RED.*
4. Tidak membahas masalah sistem keamanan jaringan.

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.4.1 Maksud Penelitian

Maksud dilakukan penelitian ini yaitu:

1. Sebagai penerapan ilmu yang didapat pada saat proses belajar di kelas selama perkuliahan.
2. Sebagai penerapan ilmu dan acuan dalam pengembangan studi selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

1.4.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian yaitu:

1. Untuk membangun sebuah sistem *congestion control* yang dapat menjadi solusi dari permasalahan yang ada.
2. Untuk mengimplementasikan metode *RED* pada jaringan *TCP/IP* dalam menangani *congestion*.
3. Untuk mengetahui nilai analisis dari *packet loss, throughtput* dan *delay* dari penggunaan metode *RED.*
4. Dan menjadi salah satu syarat kelulusan pendidikan sarjana

program studi Informatika di Universitas AMIKOM Yogyakarta.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Pengumpulan Data

2.1.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan pencarian referensi dari berbagai sumber seperti skripsi, jurnal, buku -buku yang berhubungan dengan topik penelitian baik dokumen fisik maupun digital.

2.1.2 Observasi

Melakukan observasi secara langsung untuk memahami cara kerja metode *RED* yangditerapkan pada router *AQM* dan memahami karakteristik dari jaringan *TCP/IP*.

2.2. Metode Perancangan dan Implementasi

Membuat perancangan jaringan yang menerapkan algoritma *Random Early Detection (RED)* untuk *congestion contol* yang diimplementasikan pada *gateway router*.

2.3 Metode Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menerapkan metode *RED* pada *router* dan mengambil hasil rekam data jaringan untuk kemudian dianalisis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kajian Pustaka

Andi Mohammad Thareq Akbar (2018) Universitas Brawijaya Malang, dengan naskah publikasi "Studi Implementasi Manajemen Antrian *WRED* Untuk Menghindari *Congestion* Pada *LR-WPAN*". Membahas tentang manajemen *bandwidth* menggunakan *WRED* untuk mengoptimalkan kinerja jaringan. Parameter *QoS* yang digunakan dalam menguji penelitian ini berupa coordinator queue throughput , *global MAC delay* dan *coordinator packet drop*. Perbedaannya terdapat dalam metode *AQM* dengan *RED*, parameter pengujian *QoS packet loss*, *throughput* dan *delay* [1].

Fahrul Roji (2018) Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga, dengan naskah publikasi "Analisis Perbandingan Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *RED* dan *PCQ*". Membahas tentang analisis perbandingan metode *RED* dan *PCQ* dalam meningkatkan kinerja jaringan. Menguji hasil kinerja dilakukan dengan cara menonton *video streaming* dan mendengarkan *audio online* yang dilakukan sebanyak 30 kali. Perbedaannya terdapat pada algoritma yang digunakan yaitu RED dan parameter *packet loss* [2].

Ramadhani Ulansari (2017) Jurnal Teknologi Informasi Universitas Respati Indonesia, Vol.3, No.1, e-ISSN: 263-1700, p-ISSN: 1693-2672, dengan judul "Analisis Simulasi Perbandingan Antrean *FIFO* dan *RED* dengan Menggunakan *Network Simulator 2 (NS2)*". Membahas tentang analisis perbandingan kinerja metode *FIFO* dan *RED* dalam menangani antrean. Parameter yang digunakan berupa *packet loss*, *delay*, *throughput*, dan total data yang diterima. Perbedaan dengan penelitian ini terdapat penggunaan metode *RED* di jaringan *TCP/IP* [3].

3.2 Dasar Teori

3.2.1 *Internet*

Internet adalah kumpulan jaringan komputer yang secara fisik saling terhubung dan terkoneksi satu sama lain dan dapat membaca dan menulis protokol komunikasi tertentu, umumnya dikenal sebagai istilah *Internet Ptotocol (IP)* dan *Transmission Protocol (TCP)*. Protokol dapat didefinisikan sebagai spesifikasi yang sederhana tentang bagaimana dua atau lebih komputer saling bertukar informasi [4].

Dapat juga didefinisikan sebagai penghubung antara komputer di seluruh dunia dan jaringan komputer yang memfasilitasi berbagi atau pertukaran informasi antar user.

3.2.2 *Congestion* (Kemacetan)

Congestion atau kemacetan merupakan keadaan yang parah yang terjadi pada jaringan, dimana *throughput* menurun dan *delay* meningkat. Pada jaringan yang sedang mengalami kongesti, *router* akan membuang paket-paket dengan harapan akan dapat memperbaiki keadaan jaringan dan mengembalikannya ke keadaan yang tidak kongesti [5].

3.2.3 Congestion control (Pengendali Kemacetan)

Congestion control memiliki tujuan untuk mengatasi kemacetan. Pada dasarnya, jaringan antrian adalah jaringan *packet-switched*. Setiap *node* memiliki antrian *packet* yang dikirim pada saluran tertentu. Jika data dari satu pengirim dikirim lebih cepat daripada yang lainnya, maka pengiriman pada tingkat yang lebih rendah akan mengalami kemacetan. Semakin panjang antrian dan semakin banyak *node* yang menggunakan

saluran, semakin besar kemungkinan terjadinya kemacetan. Masalah serius akibat dampak kemacetan adalah *deadlock*. *Deadlock* merupakan kondisi dimana sekelompok *node* tidak bisa meneruskan pengiriman *packet* karena tidak tersedianya *buffer* [5].

3.2.3 *RED (Random Early Detection)*

RED (Random Early Detection) ditemukan pada awal tahun 1990 oleh Sally Floyd dan Jacobson. *RED* adalah mekanisme antrian yang mencoba menghindari kongesti di jaringan dengan mengatur ukuran antrian rata-rata. Ukuran antrian rata-rata dibandingkan dengan dua *thresholds*: *minimum threshold (minth)* dan *maksimum threshold (maxth)*. Jika ukuran antrian rata-rata (*avg*) kurang dari minimum *threshold*, tidak ada paket yang di*drop*. Ketika ukuran antrian rata-rata lebih besar dari maksimum threshold, semua paket yang masukakan di*drop*. Tetapi jika ukuran antrian rata-rata berada di antara minimum dan maksimum threshold, paket-paket akan di*drop* secara acak dengan probabilitas P di mana probabilitas tepat merupakan fungsi dari ukuran antrian rata-rata: P = *maxdrop(avg – minth)/ (maxth - minth)*. Jika antrian rata-rata bertambah, kemungkinan *dropping* paket yang masuk juga bertambah. *maxdrop* - rasio, yang dapat menyesuaikan kesigapan probabilitas *drop* paket. Dalam metode *RED* ada dua bagian perhitungan : perhitungan *avg* dan perhitungan probabilitas *drop* [6].

3.2.5 *TCP/IP*

TCP/IP yaitu satu set standar aturan komunikasi data yang digunakan dalam proses mentransfer data dari satu komputer ke komputer yang lainnya, terlepas dari jenis perangkat keras yang digunakan [7].

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengimplementasikan dan menganalisis performasi jaringan.

Adapun kebutuhan perangkat keras sebagai berikut:

TABEL I.
ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

No.	Nama Perangkat	Jumlah	Spesifikasi
1.	Laptop	6	Memiliki NIC
2.	Routerboard	1	RB2011iL-IN
3.	Router Wireless	1	RB951Ui-2ND (hAP)
4.	Kabel UTP RJ45	8	Straight

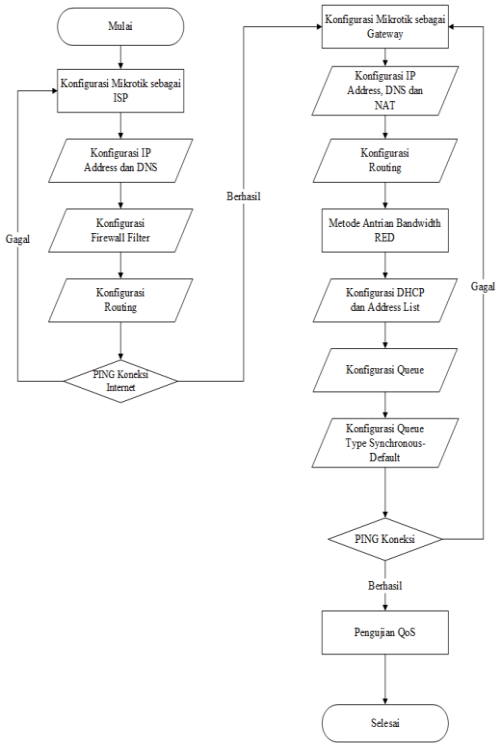
Selanjutnya kebutuhan perangkat lunak adalah sebagai berikut :

TABEL II.
KEBUTUHAN PERANGKAT LUNAK

No.	Perangkat Lunak	Keterangan
1.	*Winbox*	Untuk konfigurasi pada *router board.*
2.	*Visio*	Untuk merancang *topologi*.
3.	*Wireshark*	Untuk menganalisa kinerja Jaringan beserta protokol yang digunakan
4.	*Microsoft Excel*	Untuk mengolah data dan membuat grafik hasil analisis.

3.4 Alur Konfigurasi

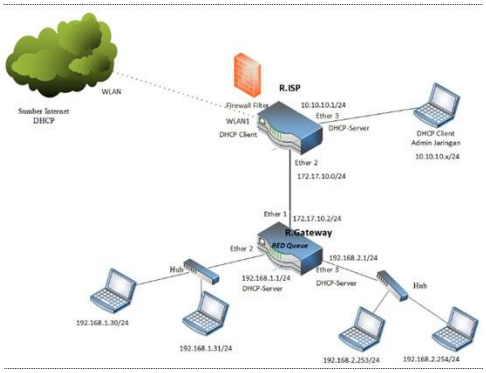
Alur konfigurasi sistem digunakan untuk memudahkan dalam melakukan konfigurasi metode *RED* pda *router gateway*.



Gambar 1. Alur Konfigurasi

3.5 *Topologi* Jaringan

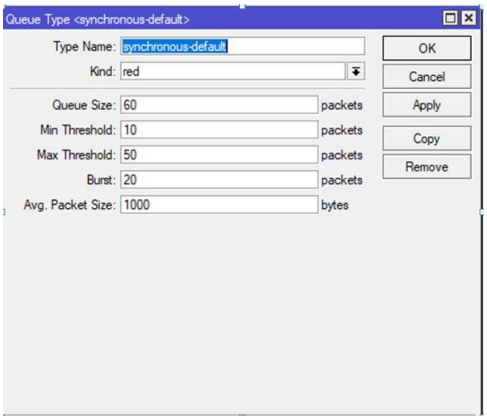
Topologi jaringan yang digunakan untuk merancang jaringan ini adalah *topologi tree* dimana setiap *client* terhubung ke *router gateway*. *Topologi tree* digunakan karena lebih mudah untuk jaringan yang lebih luas dan mudah untuk mengontrol jaringan bila ada perubahan serta mudah mendeteksi bila terjadi kesalahan.



Gambar 2. *Topologi* Jaringan

3.6 Implementasi

Implementasi dilakukan dengan konfigurasi awal pada *router ISP*, lalu selanjutnya adalah konfigurasi metode *RED* pada *router gateway*. Dalam mengkonfigurasi *router gateway* yang dilakukan adalah konfigurasi *IP Address*, *DNS*, *NAT* dan *routing*. Kemudian dalam konfigurasi metode *RED* dilakukan konfigurasi DHCP, *Address List*. Lalu melakukan konfigurasi *queue type***.**



Gambar 3. Konfigurasi *RED*

3.7 Parameter Simulasi

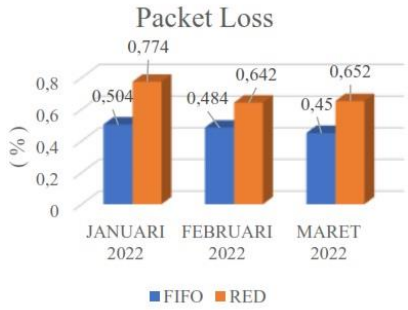
TABEL III.
PARAMETER SIMULASI

Parameter	Value
Router	Mikrotik
Network Interface Type	Wired
Durasi pengujian	30 detik
Routing Protokol	TCP
Minimum Threshold	10
Maximal Threshold	50

3.8 Hasil Analisis

Dilakukan dua kali pengujian untuk mendapatkan data hasil analisis. Pengujian pertama dilakukan dengan memantau kondisi jaringan selama lima hari dalam waktu tiga bulan dengan hasil sebagai berikut:

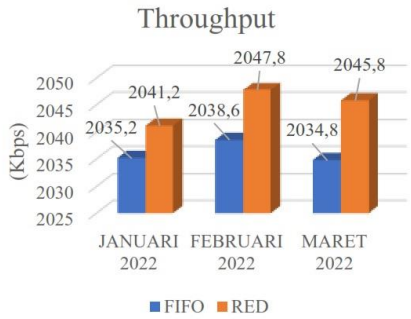
a. Nilai *Packet Loss*



Gambar 4. Nilai *Packet Loss*

Berdasarkan Gambar 4, nilai *packet loss* untuk metode *RED* lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan *FIFO*. Dengan selisih rata-rata keseluruhan pengujian adalah sebesar 0,209%. Pada metode *FIFO*, adanya *packet loss* disebabkan oleh *buffer* yang sudah penuh dan tidak bisa lagi menampung data yang ada. Sementara pada bagian yang menggunakan *RED* disebabkan oleh mekanisme *RED* itu sendiri yang secara aktif mendrop paket untuk menghindari adanya penumpukan antrian dengan menghitung rata-rata. Paket akan didrop bila *average* telah melebihi dari *maximum threshold* yang sudah ditentukan.

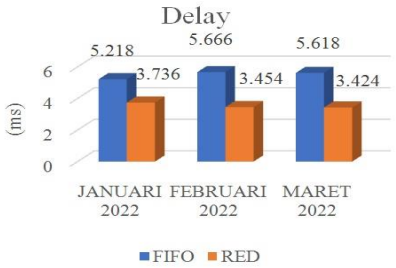
b. Nilai *Throughput*



Gambar 5. Nilai *Throughput*

Berdasarkan Gambar 5, nilai *throughput* dengan menggunakan *RED* lebih besar dibandingkan dengan *FIFO*.

c. Nilai *Delay*

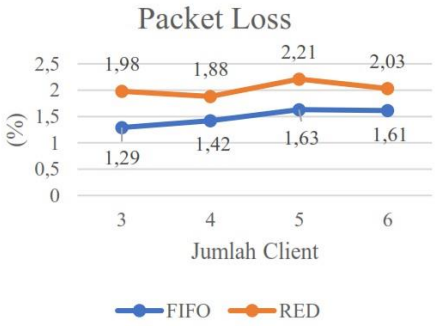


Gambar 6. Nilai *Delay*

Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat bahwa nilai *delay* dari *RED* lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan *FIFO*. *Delay* meningkat dikarenakan adanya penumpukan data pada antrian sementara dengan menggunakan metode *RED* akan men*drop* paket sebelum terjadinya penumpukan data sehingga bisa memperkecil nilai *delay* yang ada.

Pengujian kedua dilakukan dengan menambahkan jumlah *client* dengan hasil sebagai berikut:

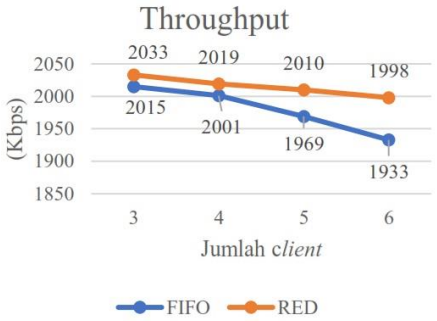
a. Nilai *Packet Loss*



Gambar 7. Nilai *Packet Loss*

Berdasarkan Gambar 7 di atas, dapat dijelaskan bahwa *packet loss* dengan menggunakan metode *RED* akan selalu lebih tinggi dibandingkan dengan yang penggunaan *FIFO*. Jumlah dari nilai *packet loss* tanpa menggunakan metode cenderung terus meningkat dengan bertambahnya jumlah *client*, sementara dengan menggunakan *RED* tidak selalu meningkat bila jumlah *client* bertambah.

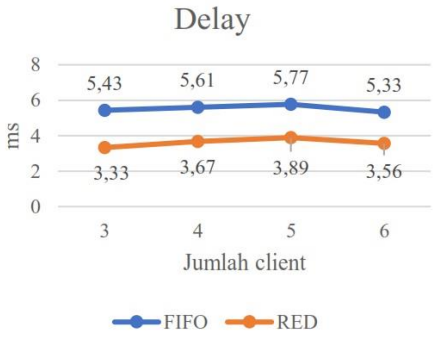
b. Nilai *Throughput*



Gambar 8. Nilai *Throughput*

Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya jumlah *client* maka nilai *throughput* akan semakin kecil. Nilai *throughput* turun sekitar 0,42% apabila jumlah client bertambah pada penggunaanmetode *RED* dan turun sekitar 1,08% dengan menggunakan *FIFO*. Hal ini disebabkan karena pada saat yang bersamaan beberapa *client* sedang melakukan akses internet.

c. Nilai *Delay*



Gambar 9. Nilai *Delay*

Berdasarkan Gambar 9, hasil yang didapatkan adalah bila jumlah *client* bertambah maka nilai *delay* cenderung akan naik, keduanya cenderung mengalami pergerakan yang stabil. Namun dengan menggunakan metode *RED* tetap lebih baik dalam mengurangi *delay* dibandingkan metode *FIFO*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, metode *RED* mampu menangani kemacetan dengan men*drop* paket-paket yang melebihi dari batas *maximum threshold* sebelum memenuhi *buffer* dan sebelum adanya penumpukan data di antrian. Metode *RED* mampu mempertahankan nilai *throughput* dan mengurangi *delay* dibandingkan dengan penggunaan FIFO. Namun, RED memiliki kekurangan yaitu lebih banyak paket yang akan didrop dibandingkan dengan *FIFO* karena mekanisme *RED* yang akan membuang paket bila melebihi batas *maximum threshold*.

Nilai analisis parameter *Quality of Servic*e dengan *RED* dan *FIFO* pada bulan Januari 2022 adalah sebesar 0,774% dan 0,504% untuk *packet loss*, 2041,2 kbps dan 2035,2 kbps untuk nilai throughput, 3,736 ms dan 5,218 ms untuk nilai *delay*. Pada pengujian bulan Februari 2022, *packet loss* dengan RED sebesar 0,642% dan FIFO sebesar 0,484%, nilai throughput dengan RED

sebesar 2047,8 kbps dan FIFO sebesar 2038,6 kbps, serta nilai *delay* dengan metode *RED* sebesar 3,454 ms dan FIFO sebesar 5,666 ms. Pada bulan Maret 2022 didapatkan nilai *packet loss* sebesar 0,652% dengan *RED* dan sebesar 0,45% dengan FIFO, nilai throughput sebesar 2045,8 kbps dengan RED dan sebesar 2034,8 kbps dengan *FIFO*, serta nilai *delay* sebesar 3,424 ms dengan *RED* dan 5,618 ms dengan *FIFO*. Kemudian pengujian yang dilakukan dengan penambahan *client*, didapatkan hasil nilai *packet loss*, *throughput*, *delay* untuk tiga client adalah sebesar 1,98%, 2033 *kbps*, dan 3,33 *ms* dengan *RED* dan sebesar 1,29%, 2015 *kbps*, dan 5,43 *ms* dengan *FIFO*. Pada pengujian dengan empat *client*, hasil *packet loss*, *throughput*, *delay* adalah sebesar 1,88%, 2019 *kbps*, dan 3,67 *ms* dengan menggunakan *RED* dan 1,42%, 2001 *kbps*, 5,61 ms dengan *FIFO*. Pengujian dengan lima *client* adalah sebesar 2,21%, 2010 *kbps*, dan 3,89 *ms* dengan *RED* dan 1,63%, 1969 kbps, 5,77 *ms* dengan *FIFO*. Terakhir dengan enam *client* adalah sebesar 2,03%, 1998 *kbps*, dan 3,56 ms dengan menggunakan *RED* dan 1,61%, 1933 *kbps*, 5,33 *ms* dengan *FIFO*. Dari hasil pengujian, penggunaan *RED* dalam nilai *throughput* dan *delay* selalu lebih baik daripada penggunaan *FIFO*. Walaupun untuk nilai *packet loss* pada penggunaan *RED* lebih besar dibandingkan dengan *FIFO*

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Untuk menemukan hasil performa *RED* yang lebih maksimal, dapat dilakukan pengujian dengan *topologi* yang lebih kompleks lagi seperti *bandwidth* yang besar dan *client* yang lebih banyak.
2. Membandingkan metode *RED* dengan metode antrian lainnya seperti *SFQ* dan *PCQ* untuk menemukan metode yang paling efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas AMIKOM Yogyakarta.
2. Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas AMIKOM Yogyakarta.
3. Kepala Program Studi Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta.
4. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

REFERENSI

[1] Akbar, Andi Mohammad T. 2018. *Studi Implementasi Manajemen Antrian WRED Untuk Menghindari Congestion pada LR-WPAN*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.

[2] Roji, Fahrul. 2018. *Analisis Perbandingan Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode RED dan PCQ*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Kristen Satya Wacana.

[3] Ulansari, Ramadhani. 2017. *Analisis Simulasi Perbandingan Antrean FIFO dan RED Dengan Menggunakan Network Simulator 2 (NS2)*. Jurnal Teknologi Informasi: Vol.3 No.1.

[4] Allan. 2005. *Pengertian Internet dan Asal Usul dari Kata Internet*. Surabaya: Penerbit Indah.

[5] Indrarini Dyah Irawati, Leanna Vidya Yovita, Tody Ariefianto Wibowo. 2018. *Jaringan Komputer dan Data Lanjut*. Yogyakarta: Deepublish, edisi 1.

[6] Pamungkas, Guntur W. 2018. *Analisis Perbandingan Kinerja TCP Vegas dan New Reno Menggunakan Antrian RED dan Droptail*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.

[7] *https://onlinelearning.binus.ac.id/computer-science/post/tcp-ip-transmission-control-protocol-internet-protocol*, diakses 18 maret 2022 jam 01:40