

## Perbandingan *Priority Queueing* (PQ) dan *Fair Queueing* (FQ) pada 802.11e EDCA untuk Meningkatkan Performansi QoS VoIP over WLAN

Mochamad Susantok<sup>1,2</sup>, Gunawan<sup>2</sup>, Wirawan<sup>1</sup>, Achmad Affandi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember(ITS) Surabaya

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau

santok@pcr.ac.id, gu2n\_funky@yahoo.com, wirawan@ee.its.ac.id, affandi@ee.its.ac.id

### Abstrak

*IEEE 802.11e* didesain untuk kebutuhan *QoS* pada aplikasi realtime seperti *VoIP* dan *Video streaming*. Parameter-parameter layer 2 MAC *802.11e EDCA* memungkinkan *Wireless Router* atau *Access Point (AP)* memprioritaskan pengiriman frame trafik *VoIP* daripada frame trafik tidak realtime salah satunya *FTP*. Akibatnya trafik selain *VoIP* menjadi menderita akibat mekanisme antrian *Priority Queueing (PQ)* yang terdapat pada *802.11e EDCA*. Teknik antrian *Fair Queueing (FQ)* dengan variannya *Core Stateless Fair Queueing (CSFQ)* memberikan kesempatan yang sama pada setiap antrian. Paper ini menyajikan perbandingan antara teknik antrian *PQ* dan *CSFQ* untuk dibandingkan hasil pengukuran *QoS* latency, paket hilang, dan throughput dengan beban trafik yang heterogen yaitu trafik *VoIP* dan *FTP*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Network Simulator-2.34 (NS-2.34)* dengan hasil latency *CSFQ* lebih baik daripada *PQ* dengan nilai 9 ms dan 52 ms untuk 6 pengguna *VoIP* atau 3 peer komunikasi. Sedangkan untuk paket hilang dan throughput *PQ* menunjukkan hasil yang lebih baik daripada *CSFQ* walaupun pengguna *VoIP* aktif dinaikkan sampai 20 pengguna atau 10 peer komunikasi.

**Kata kunci:** *IEEE 802.11e*, *EDCA*, *PQ*, *CSFQ*, *QoS VoIP*

### 1. Pendahuluan

*VoIP* over WLAN menjadi topik pembicaraan yang selalu menarik terlebih lagi munculnya teknologi 4G yang mengintegrasikan secara penuh layanan-layanan telephony dan internet sehingga sering disebut dengan internet telephony. Mobilitas pengguna yang semakin hari semakin meningkat mengharuskan layanan ini mempunyai kemampuan untuk digunakan secara bergerak seperti pada jaringan WLAN hotspot yang sudah banyak tersebar terutama dikota-kota besar dan beberapa dapat diakses secara gratis. Setelah kemudahan mengakses infrastruktur hotspot didapatkan, selanjutnya adalah isu kualitas layanan (*Quality of Services-QoS*) menjadi fokus semua provider dan vendor perangkat

jaringan. WLAN yang memang awalnya didesain untuk trafik dengan karakteristik *best effort*, menjadikan isu *QoS* selalu menarik untuk diteliti sehingga mampu memberikan perbaikan *QoS* pada trafik multimedia seperti *VoIP*. Hal ini terjadi karena meningkatnya permintaan layanan *VoIP* pada jaringan WLAN atau selanjutnya disebut *VoIP over WLAN (VoWLAN)* [1]. Penurunan performansi *QoS* pada *VoWLAN* salah satu sebabnya karena terjadi kemacetan trafik di sisi AP saat proses *TCP Flow Control* pada downlink ke MN (*Mobile Node*). Ini menjadi masalah serius pada jaringan yang heterogen karena sebagian besar layanan di internet menggunakan protokol *TCP*. Hal ini mengakibatkan bertambahnya *delay* dan *jitter* pada paket *VoIP*[2][3]. Hal ini bisa diatasi dengan memberikan mekanisme prioritas pada trafik yang heterogen seperti pada protokol *802.11e*.

*IEEE 802.11e* merupakan protokol WLAN yang ditujukan untuk perbaikan di sisi *QoS*. *EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)* adalah salah satu produk *802.11e* yang mengklasifikasikan trafik heterogen menjadi 4 kategori dari prioritas tertinggi sampai terendah yaitu *AC\_VO*, *AC\_VI*, *AC\_BE*, dan *AC\_BK*. Klasifikasi trafik ini terjadi di layer 2 MAC pada interface WLAN, yang kemudian pada tahapan *QoS* selanjutnya akan diproses pada penjadwalan antrian yaitu antrian dengan prioritas tertinggi akan diproses terlebih dahulu baru kemudian antrian dengan prioritas dibawahnya. Kondisi ini sangat tidak menguntungkan bagi trafik dengan prioritas rendah, karena selama masih ada paket data dengan prioritas tinggi ada dalam antrian selama itu pula paket data dengan prioritas rendah seperti trafik *best effort* tidak pernah diproses. Pada umumnya *EDCA* diimplementasikan pada AP karena perangkat inilah yang beban trafiknya lebih besar dibandingkan dengan MN. Namun parameter *EDCA* juga bisa ditentukan di sisi MN melalui software bawaan dari perangkat MN[4], hal ini dapat meringankan kerja AP sehingga trafik yang ke AP sudah terklasifikasi terlebih dahulu dan AP hanya bekerja pada manajemen penjadwalan pada antriannya saja. Manajemen antrian yang mendukung pemerataan (*fairness*) untuk trafik realtime dan tidak realtime diusulkan oleh Nitin Vaidya dengan nama DFS

(*Distributed Fair Scheduling*). DFS memberikan alokasi bandwidth untuk akses kanal sesuai bobot yang proporsional pada trafik data tidak realtime[2]. Jika DFS berlaku hanya untuk kondisi MN dengan CBR (*Constant Bit Rate*) sedangkan SFS (*Selectivity Function Scheduler*)[5] mampu bekerja pada kondisi nyata MN yang bergerak yaitu CBR dan VBR (*Variable Bit Rate*). Pada dua contoh diatas proses QoS terjadi pada satu router. Teknik penjadwalan antrian lain seperti CSFQ membagi kerja proses QoS antara edge router dengan core router, sehingga mengurangi kompleksitas dalam proses penyamarataan alokasi bandwidth pada tiap-tiap MN. Hasilnya CSFQ lebih baik jika dibandingkan dengan metode penjadwalan lain seperti RED dan FIFO[6].

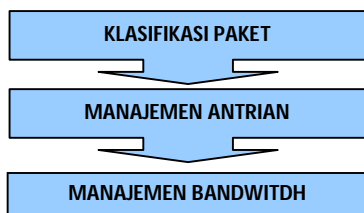
Pada paper ini isu *fairness* pada trafik yang heterogen diangkat untuk pengalokasian bandwidth yang merata di sisi wireless router atau AP pada aliran paket dalam setiap antrian. Performansi QoS VoIP over WLAN diuji pada NS-2.34 untuk setiap mekanisme penjadwalan PQ dan CSFQ pada 802.11e EDCA dengan jumlah pengguna VoIP sampai 20 titik dan beban trafik tidak realtime seperti FTP sebanyak 4 titik konstan.

Paragraf akhir pada pendahuluan ini akan disampaikan susunan bab penulisan paper sebagai berikut. Konsep QoS VoIP pada WLAN 802.11 dan variasi WFQ sebagai teknik manajemen antrian penjadwalan dijelaskan pada bab 2. Metode adaptif WFQ dengan beberapa kondisi dijelaskan pada bab 3. Sedangkan data hasil penelitian dan analisa nilai parameter QoS yang didapat dari simulasi menggunakan *network simulator* dijelaskan pada bab 4. Terakhir kesimpulan dan saran dari penelitian yang sudah dilakukan disampaikan pada bab 5.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 QoS VoIP

Mekanisme QoS pada jaringan IP secara umum diperlihatkan oleh gambar 1 dimulai pada proses awal yaitu klasifikasi paket yang tujuannya untuk membedakan paket realtime seperti VoIP dengan tidak realtime seperti web dan email.

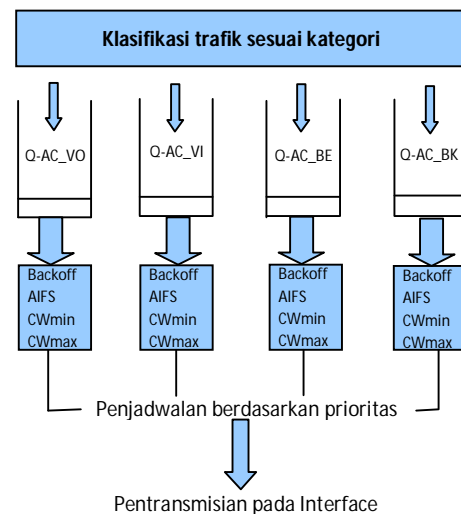


Gambar1. Mekanisme QoS Paket IP

Setelah diklasifikasi akan masuk pada proses kedua yaitu antrian paket yang secara normal menggunakan FIFO (*First In First Out*). Kontrol QoS dibagian antrian paket bisa dilakukan dengan teknik antrian seperti PQ (*Priority Queuing*), CQ (*Custom Queuing*), dan WFQ (*Weighted Fair Queuing*). Pada kasus QoS VoIP ketiga antrian diatas mempunyai misi yang sama yaitu memprioritaskan paket VoIP daripada paket lainnya. Tahapan terakhir adalah alokasi sumber daya jaringan seperti bandwidth berdasarkan jenis paket dan prioritas yang diberikan.

### 2.2 IEEE 802.11e EDCA

Standarisasi WLAN 802.11e menjadikan layer MAC mempunyai fungsi koordinasi dalam layer data link yang digunakan untuk mendukung fungsi QoS. Fungsi koordinasi ini terbagi menjadi dua yaitu EDCA dan HCCA (*HCF Controlled Channel Access*). Meskipun HCCA lebih baik daripada EDCA dalam dukungan QoS, namun implementasi dihardware masih belum dilakukan[7]. EDCA dibagi menjadi empat kategori akses dari prioritas tinggi sampai rendah, yaitu AC\_VO untuk trafik suara dengan prioritas tertinggi, AC\_VI untuk trafik video, AC\_BE untuk trafik best effort, dan AC\_BK untuk trafik background dengan prioritas yang paling rendah. Gambar 2 memperlihatkan mekanisme EDCA pada layer data link. Pada saat trafik data masuk ke interface baik MN maupun AP, data akan dibagi menjadi 4 AC (*Access Categories*) sesuai jenis trafik data. Setelah itu dimasukkan pada antrian transmisi AC dengan tiap-tiap antrian menggunakan prinsip FIFO (*First In First Out*).



Gambar 2. Model EDCA[9]

**Tabel 1.** Paramter EDCA

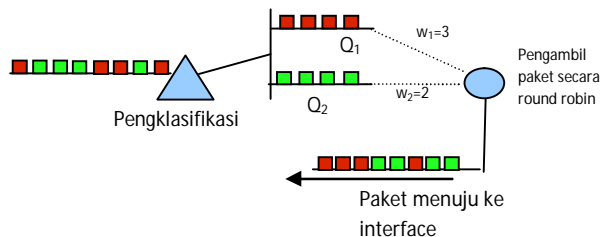
| AC    | AIFS | TXOP(m) | CWmin | CWmax |
|-------|------|---------|-------|-------|
| AC_BK | 7    | 0       | 31    | 1024  |
| AC_BE | 3    | 0       | 31    | 1024  |
| AC_VI | 2    | 6.02    | 15    | 31    |
| AC_VO | 2    | 3.26    | 7     | 15    |

Setiap antrian mempunyai parameter EDCA dengan nilai berbeda-beda untuk setiap antrian AC yang menunjukkan prioritas saat masuk ke penjadwalan seperti pada tabel 1. Prioritas tertinggi akan memiliki nilai CWmin, CWmax, dan AIFS terkecil serta TXOP terbesar yaitu dimiliki oleh trafik data suara, dan jika nilai parameter EDCA sebaliknya maka prioritasnya semakin rendah.

AC adalah antrian virtual yang dimiliki oleh setiap interface dengan empat kategori antrian. Jika suatu AC ingin mengakses ke media, terlebih dahulu memastikan bahwa media tidak digunakan atau kosong dengan waktu memastikan selama AIFS (*Arbitration Inter-Frame Space*), kemudian mengaktifkan waktu *backoff* secara random. Ketika waktu *backoff* sudah habis dan media masih kosong, AC mulai mengirim frame ke media. Perlu diketahui sebuah AC dapat mengirimkan sejumlah data yang besar jika memenuhi syarat TXOP (*Transmission Opportunities*)  $\leq TXOP_{limit}$ . Jika ada dua atau lebih AC dalam satu antrian interface waktu *backoff* nya habis dan akan mengirim frame secara bersamaan, maka terjadi tabrakan internal yang kemudian penjadwalan berdasarkan prioritas memberikan kesempatan pertama untuk mengirim frame ke media kepada AC dengan prioritas tertinggi. Sedangkan AC yang lain akan mengaktifkan waktu *backoff* dan kemudian melihat kondisi media sedang digunakan atau tidak selama AIFS.[8]

2.3 Fair Queue (FQ)

FQ dengan pembobotan pada setiap aliran datanya disebut juga dengan Weighted FQ (WFQ) yaitu merupakan teknik antrian yang berbasis pada aliran data paket antrian.



**Gambar 3.** Operasi WFQ

WFQ mengerjakan dua hal sekaligus, yaitu penjadwalan proses antrian dan pengalokasian bandwidth. Gambar 3 menunjukkan operasi WFQ yang pada tahap awal melakukan klasifikasi aliran paket berdasarkan port TCP atau UDP. Kemudian paket-paket yang sudah ditandai dimasukkan ke dalam antrian yang berbeda-beda sesuai dengan kategorinya. Penjadwalan dilakukan secara *round robin* disetiap antrian dengan pengambilan paket ditiap-tiap antrian berbeda-beda tergantung bobot yang diberikan. Jika ada N ( $Q_1, Q_2, \dots, Q_N$ ) aliran data aktif ditunjukkan dengan jumlah antrian aktif dengan bobot  $w_1, w_2, \dots, w_N$ , aliran data i akan menerima alokasi bandwidth rata-rata seperti pada persamaan 1

$$RQ = \frac{Rw_i}{w_1 + w_2 + \dots + w_N} \tag{1}$$

Dimana R adalah total interfacarce rate atau bandwidth, jadi misalnya menggunakan ilustrasi pada gambar 3 dengan bandwidth interface  $R = 1Mbps$ , maka didapat rate untuk  $Q_1 = \frac{Rw_1}{w_1+w_2} = \frac{3}{5} \cdot 1Mbps = 600 Kbps$  dan  $Q_2 = \frac{Rw_2}{w_1+w_2} = \frac{2}{5} \cdot 1Mbps = 400 Kbps$ . Perbedaan rate inilah yang menjadi perbedaan layanan diantara pembobotan yang berbeda. Dua fungsi kerja WFQ diatas dalam CSFQ dibagi menjadi 2 router yaitu edge router yang melakukan penjadwalan tiap-tiap aliran paket antrian dan core router memberikan label yang berisi informasi alokasi bandiwdth setiap aliran paket antrian[10]. Pada penelitian ini dua fungsi router tersebut dilakukan oleh AP pada simulasi NS-2 dengan alokasi bandiwdth yang rata untuk setiap aliran paket antrian VoIP dan FTP.

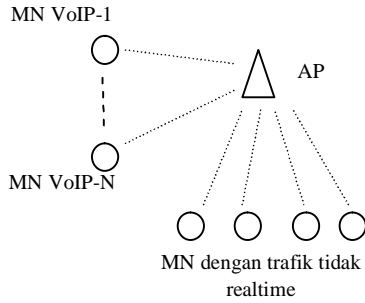
3. Perancangan Sistem

3.1 Simulasi Sistem

Simulasi sistem dilakukan pada NS-2.34 di Linux Ubuntu 10.10. Topologi jaringan wireless yang dibangun dalam NS-2 seperti terlihat pada gambar 4, yaitu terdiri dari satu titik sebagai AP, empat titik yang membangkitkan trafik tidak realtime dan beberapa titik voip untuk membangkitkan trafik realtime.

Model jaringan VoWLAN menggunakan mekanisme 802.11e EDCA dimana parameter seperti DIFS, PF dan CWmin menjadi acuan untuk memprioritaskan paket VoIP daripada paket tidak realtime.

Mode infrastruktur WLAN 802.11e EDCA pada topologi tersebut menjadikan proses aliran trafik data dari titik sumber ke titik tujuan selalu melalui AP, sehingga titik uji QoS dilakukan di sisi AP.



**Gambar 4.** Topologi Jaringan VoWLAN pada simulasi NS-2

Koneksi yang terjadi adalah  $4 + N$ , dimana  $N$  adalah jumlah titik VoIP yang bervariasi antara 1-20. Parameter koneksi pada NS-2 untuk jenis trafik realtime VoIP adalah sebagai berikut :

- CBR (*Constant Bit Rate*) over UDP dengan pengiriman rentang waktu pengiriman paket setiap 20 ms
- Ukuran paket (payload + header) = 180 bytes untuk jenis VoIP Codec G711, 100 bytes untuk G.726 dan 40 bytes untuk G.729 dengan ukuran header yang sama yaitu 20 bytes.

Sedangkan untuk jenis trafik tidak realtime adalah sebagai berikut :

- FTP over TCP
- Ukuran paket (Payload + header) = 1560 bytes

Parameter EDCA yang digunakan dalam simulasi ini adalah  $CW_{min} = 15$ ,  $PF = 2$  dan  $DIFS = 0.000020$

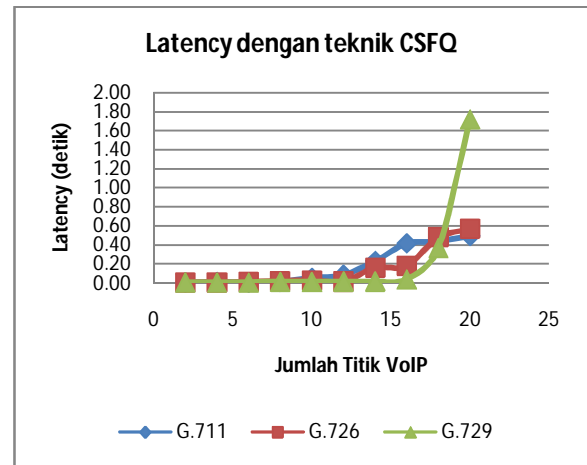
### 3.2 Metode Pengujian Sistem

- Pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan parameter QoS yaitu latency, paket hilang, dan throughput pada sisi AP. Perbandingan dilakukan terhadap teknik antrian PQ dan WFQ pada 802.11e EDCA.
- Performansi VoWLAN 802.11e EDCA diuji dengan mengamati perubahan nilai parameter QoS terhadap peningkatan trafik VoIP yaitu dengan menambah jumlah titik VoIP.
- Pengujian performansi VoWLAN juga dilihat dari besarnya data trafik VoIP di tiap-tiap titik VoIP dengan merubah VoIP Codec yang digunakan yaitu G711, G726, dan G729.
- Beban lain yaitu trafik tidak realtime dibangkitkan dari 4 titik yang sama untuk setiap pengujian dan ukuran paketnya juga sama yaitu aplikasi FTP 1560 bytes.

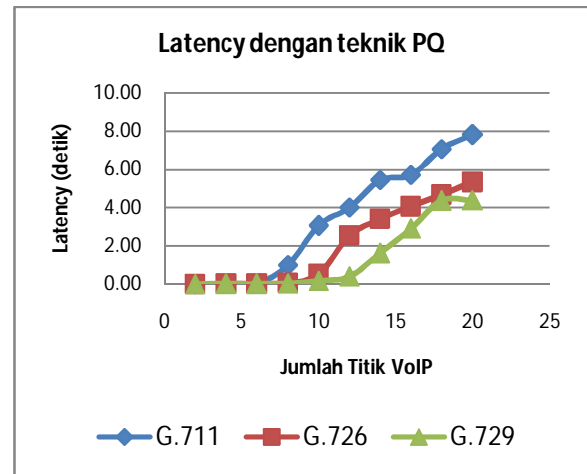
## 4. Pengujian Sistem

### 4.1 Perbandingan nilai latency

Latency atau *end-to-end delay* menjadi parameter QoS VoIP yang penting sebagai ukuran kenyamanan pengguna VoIP selama berkomunikasi. Pengujian pada jaringan WLAN 802.11 ini dibandingkan berdasarkan teknik antrian dan VoIP codec yang digunakan. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6. Performansi latency untuk CSFQ lebih baik dibandingkan dengan PQ pada WLAN 802.11e



**Gambar 5.** Latency untuk teknik CSFQ (Core Stateless Fair Queue)

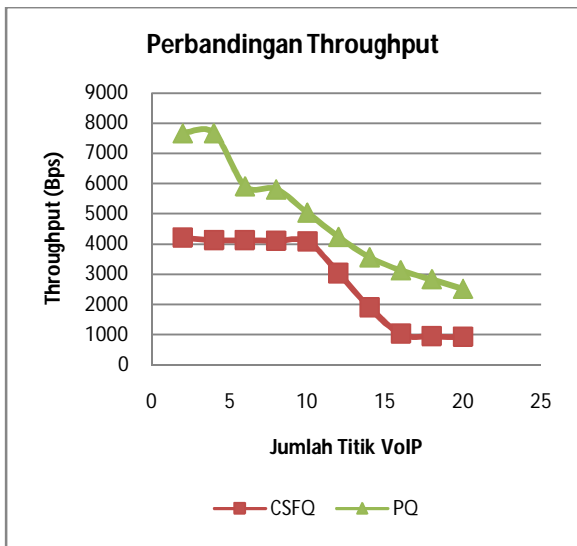


**Gambar 6.** Latency untuk teknik PQ (Priority Queue)

ITU-T menentukan latency yang masih bisa diterima adalah 150 ms – 400 ms [9], maka jumlah titik VoIP yang bisa digunakan untuk PQ hanya 6 titik VoIP atau 3 peer komunikasi, sedangkan untuk CSFQ bisa sampai 16 titik VoIP atau 8 peer komunikasi pada trafik heterogen yaitu VoIP dan FTP.

#### 4.2 Pengukuran Throughput

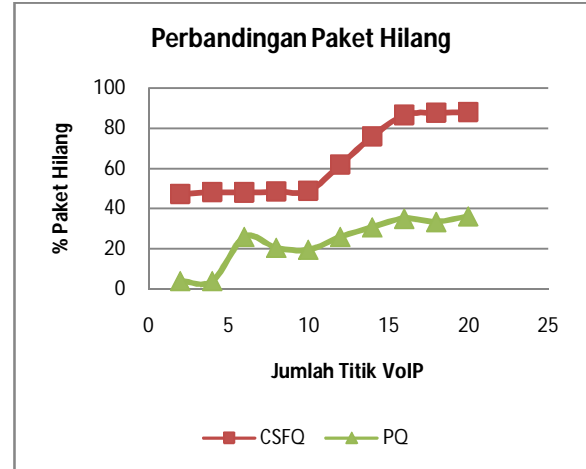
Parameter throughput menunjukkan konsistensi transfer data dengan beban trafik yang tinggi. PQ memiliki ketahanan throughput yang lebih baik dibandingkan dengan CSFQ, hal ini dapat dilihat gambar 7 untuk jumlah titik VoIP 20 throughput PQ lebih baik dari CSFQ. Parameter EDCA seperti pada bab 3 diatas menjadikan trafik data VoIP lebih diutamakan dibandingkan trafik data FTP sehingga antrian pada AC\_VO dikerjakan lebih dulu dibanding dengan AC\_BE. Mekanisme PQ ini sesuai untuk meningkatkan jumlah titik VoIP atau kapasitas pengguna VoIP dalam WLAN.



Gambar 7. Perbandingan Throughput antara CSFQ dan PQ

#### 4.3 Perbandingan Paket Hilang

Paket hilang terjadi pada umumnya lebih disebabkan terjadi kongesti saat proses penjadwalan paket ke interface. Gambar 8 memperlihatkan teknik antrian PQ lebih baik daripada CSFQ dalam memberikan garansi QoS VoIP untuk sejumlah titik VoIP yang diukur. Berbeda dengan PQ, CSFQ masih memberikan kesempatan kepada antrian trafik FTP untuk diproses walaupun masih ada paket dalam antrian trafik VoIP.



Gambar 8. Perbandingan Paket Hilang antara CSFQ dan PQ

#### 5. Kesimpulan dan Saran

1. NS-2.34 sebagai opensource software simulasi jaringan mampu mensimulasikan dengan baik jaringan VoWLAN dengan protokol 802.11e EDCA.
2. Pengaturan parameter EDCA yang tepat yaitu dengan memperkecil CWmin dapat menghasilkan QoS VoIP yang baik pada jaringan WLAN 802.11.
3. VoWLAN 802.11e dengan teknik antrian PQ mampu memberikan garansi QoS yang lebih baik daripada CSFQ untuk parameter throughput dan paket hilang, namun tidak lebih baik untuk parameter latency.

#### 6. Future Work

Hasil penelitian ini akan digunakan sebagai studi awal untuk melihat lagi kinerja dari FQ dengan pembobotan yang berubah-ubah sesuai dengan kondisi performansi VoIP over WLAN. Performansi QoS VoWLAN untuk teknik WFQ (FQ dengan pembobotan yang berubah-ubah) dibandingkan dengan teknik PQ yang sudah menjadi bawaan dari standard IEEE 802.11e.

#### 7. Acknowledgment

Penelitian ini bagian dari Pra Tesis yang penulis lakukan selama menjadi mahasiswa pasca sarjana di Teknik Elektro ITS Surabaya. Penelitian ini juga didukung oleh Politeknik Caltex Riau, institusi tempat penulis mengajar.

**Daftar Pustaka**

- [1]. Haniyeh Kazemitabar, Sameha Ahmed, Kashif Nisar, Abas B Said, Halabi B Hasbullah, "A comprehensive review on VoIP over Wireless LAN Networks" Computer Science Letter Vol. 2(2) September 2010
- [2]. Nitin Vaidya, Anurag Dugar, Seema Gupta, Paramir Bahl, "Distributed Fair Scheduling in a Wireless LAN", IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 4 No. 6 November 2005.
- [3]. Jeonggyun Yu, Sunghyun Choi, Jaehwan Lee, "Enhancement of VoIP over IEEE 802.11 WLAN via Dual Queue Strategy", IEEE International Conference 2004.
- [4]. JengFarn Lee, Wanjiun Liao, Jie-Ming Chen, Hsiu-Hui Lee, "A Practical QoS Solution to Voice over IP in IEEE 802.11 WLANs", IEEE Communication Magazine 2009.
- [5]. Bourawy A. A., Abu Ali N. A., Hassanein H. S., "A Selectivity Function Scheduler for IEEE 802.11e", IEEE ISCC 2009.
- [6]. Gang Cheng, Khai Xu, Ye Tian, Nirwan Ansari, "Core-Stateless Proportional Fair Queuing for AF Traffic", IEEE CommSoc Globecom 2004.
- [7]. Putra E.H, Supriyanto E., Din J.,Satria H., "Cross Layer Design of 802.11e EDCA Wireless Network for Telemedicine Application", CITISIA 2009
- [8]. <http://hdl.handle.net/1974/1379>
- [9]. Pramode K. Verma, Ling Wang, "Voice over IP Network, Quality of Service, Pricing, and Security", Springer-Verlag Berlin, 2011, ISBN 978-3-642-14329-8.
- [10]. Ion Stoica, Scott Shenker, Hui Zhang, "Core-Stateless Fair Queueing: A Scalable Architecture to Approximate Fair bandwidth Allocation in High Speed Networks", In Proc. Of ACM SIGCOMM, Agustus 1998.