

# IMPLEMENTASI CROSS LAYER ENCHENCHED PACKET SCHEDULING PAKET MULTIMEDIA UNTUK JARINGAN OFDM UPLINK DI BAWAH REDAMAN HUJAN

Dylan Adhytia Kalimuddin<sup>1</sup>, Oxy Primasetya Riza<sup>2</sup>, Tri Wahyu Kurniawan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik elektro, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, email : [dylanadhytia@gmail.com](mailto:dylanadhytia@gmail.com)

<sup>2</sup>Teknik elektro, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, email : [rizaoxy@gmail.com](mailto:rizaoxy@gmail.com)

<sup>3</sup>Teknik elektro, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, email:  
[Triwahyu\\_kurniawan73@yahoo.com](mailto:Triwahyu_kurniawan73@yahoo.com)

## Abstract

*In the previous network, optimization is often done on a separate layer and the result is less than optimal. Therefore, developed a new scheme to combine multiple layers of network protocol called Cross-Layer, for example in the physical layer and link layer. In this final project will be evaluated applying Cross-Layer Optimization methods with emphasis on the evaluation of scheduling schemes of OFDM uplink transmission of multimedia data packets using Enhanced Cross-Layer Packet Scheduling (CEPS) under rain attenuation. The results showed that the use of scheduling CEPS give effect to video and voice traffic is real-time priority in scheduling and packet loss and delay as small as possible while the data traffic (FTP) with a delay that can be tolerated can log buffer considering fairness and physical layer conditions.*

**Keywords:** OFDM, CEPS, Fairness, Rain Attenuation, Physical Layer

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan permintaan komunikasi data di kalangan pengguna layanan telekomunikasi harus dapat dipenuhi dengan ketersediaan layanan infrastruktur. Selain itu, layanan komunikasi data yang lebih cepat dan lebih baik pun semakin dibutuhkan seiring dengan pengiriman data yang semakin besar. Salah satu layanan infrastruktur yang dibutuhkan adalah layanan pita lebar dengan kapasitas data yang dapat ditransmisikan lebih besar. Contoh sistem yang mendukung layanan tersebut adalah LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*) berbasis teknik OFDM yang mampu memberikan bit rate hingga puluhan Mbps menggunakan teknologi wireless pada frekuensi 28-31 GHz. OFDM diharapkan menjadi solusi yang baik untuk diterapkan dalam jaringan pita lebar

karena mempunyai performansi yang bagus pada kanal frekuensi selektif. Pada daerah tropis seperti di Indonesia, selain *noise* dan redaman *link*, redaman hujan menjadi salah satu kendala penting bagi kapasitas sistem nirkabel gelombang millimeter OFDM.

Pada optimasi jaringan yang telah ada sebelumnya, mekanisme peningkatan kualitas dan kapasitas layanan pada umumnya dilakukan pada layer terpisah dan kenyataannya memberikan hasil yang kurang memuaskan. Oleh karena itu, dikembangkan mekanisme peningkatan kualitas dan kapasitas layanan dengan cara menggabungkan dan mengoptimalkan dua layer yang berbeda, misalkan antara lapisan fisik dengan lapisan link yang dikenal sebagai pendekatan lintas lapisan (*cross-layer*). Lintas lapisan dianggap sebagai pendekatan yang menjanjikan, Jumlah studi mengenai pendekatan lintas lapisan di

lingkungan redaman hujan masih terbatas. Salah satu metode lintas lapisan adalah dengan *cross-layer enhanced packet scheduling* (CEPS)[4] untuk mengoptimalkan parameter-parameter quality of service (QoS). Teknik ini menggabungkan antara *packet error rate* (PER) dengan *packet drop rate* (PDR) yaitu *packet loss rate* (PLR). Hanya saja CEPS baru diterapkan di sistem *Multi Code-Code Divison Multiple Access* (MC-CDMA).

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara meningkatkan kapasitas dan fairness serta mengurangi PLR (*Packet Loss Rate*) dan delay pada penggunaan trafik yang berbeda (video, suara, dan data).
2. Bagaiman mengoptimalkan frekuensi dalam proses pengiriman video, suara, dan data.
3. Bagaimana pengaruh redaman hujan pada jaringan OFDM setelah dilakukan metode CEPS

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan kapasitas sistem dan fairness serta mengurangi PLR dan delay pada penggunaan trafik yang berbeda (video, suara, dan data) pada sisi uplink dengan cara metode CEPS.
2. Penjadwalan paket video, suara, dan data untuk optimalisasi frekuensi dalam proses pengiriman.
3. Mengetahui pengaruh redaman hujan pada jaringan OFDM setelah dilakukan metode CEPS.

Tinjauan pustaka pada penelitian ini adalah:

### 1. OFDM.

OFDM sudah menjadi teknik modulasi yang sudah dikenal dalam komunikasi *wireless*. Teknik ini digunakan untuk beberapa standar komunikasi *wireless* seperti digital audio broadcasting (DAB), terrestrial digital video broadcasting (DVB-T), European HIPERLAN/2, IEEE 802.1a dan IEEE 802.16a.

Sistem kerja OFDM yaitu data ditransmisikan dengan kecepatan bit tinggi melalui pemodulasian sejumlah subcarrier yang memiliki data dengan kecepatan bit rendah secara parallel. Satu sinyal OFDM adalah pemodulasian sejumlah subcarrier dengan menggunakan PSK atau QAM. Adapapun persamaan sebagai berikut :

$$s(t) = \sum_{i=-\frac{N_s}{2}}^{\frac{N_s}{2}-1} \left( d_{i+\frac{N_s}{2}} e^{j2\pi f_i(t-t_s)} \right), t_s \leq t \leq t_s + T \quad (1)$$

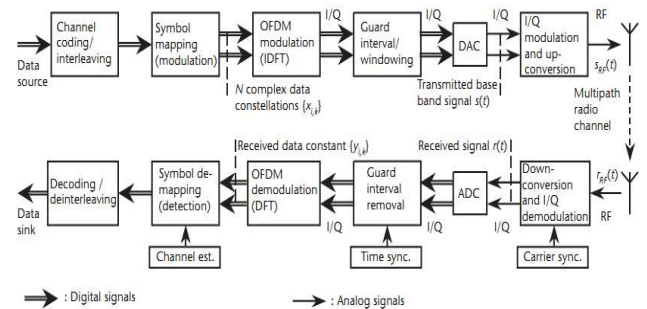
$$s(t) = 0, t < t_s \text{ dan } t > t_s + T \quad (2)$$

$N_s$  = jumlah subcarrier

$T$  = symbol durasi

$F_c$  = frekuensi carrier

Kelebihan yang dimiliki oleh OFDM diantaranya adalah tahan terhadap *selective fading*, tahan terhadap interferensi *narrow-band*, memiliki efisiensi frekuensi yang tinggi dan memungkinkan adanya *frequency domain*.

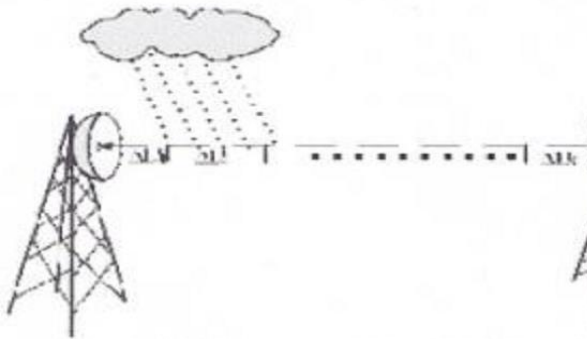


Gambar 1. Blok diagram sistem transmisi OFDM

### 2. Redaman Hujan

Pengaruh redaman hujan terhadap gelombang radio akan diperhitungkan apabila suatu sistem menggunakan frekuensi lebih dari 5 GHz dan frekuensi 20 hingga 30 GHz menjadi faktor yang signifikan tergantung pada jarak link komunikasi dan kondisi geografis lingkungan di sekitar sistem tersebut berada.

Penurunan level sinyal yang diterima karena hujan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut diantaranya berupa curah hujan, ukuran dan bentuk hujan yang turun dan kepadatan volume titik hujan yang dinyatakan dalam satuan  $drops/m^3$  (John S Seybold, 2005: 127). Redaman yang ditimbulkan ditentukan oleh intensitas hujan, parameter frekuensi, polarisasi dan sudut pemisah antara *Base Station* (BS) terhadap *Terminal Station* (TS). Daerah tropis memiliki curah hujan tinggi sehingga redaman hujan memiliki pengaruh besar terhadap performansi sistem komunikasi.



Gambar 2. Pergerakan hujan pada lintasan *line of sight* suatu sistem transmisi

### 3. Prinsip Cross-Layer Enhanced Packet Scheduling

Sistem CEPS bertujuan untuk melakukan penjadwalan paket dengan mempertimbangkan parameter BER pada lapisan PHY dan parameter PDR serta PER pada lapisan DLC. Jika pada PHY memiliki BER tertentu, hal ini berdampak pada DLC yang akan memiliki PER tertentu. BER harus dijamin tidak melebihi nilai ambang batas ketentuan. Jika tidak bisa dijamin, maka PDR akan meningkat yang mengakibatkan *delay* pada lapisan PHY sehingga diperoleh nilai PER yang tinggi. Dengan menggabungkan parameter PER dan PDR diperoleh parameter PLR (*Packet Loss Rate*).

### 4. Model Trafik FARIMA Fractionally Autoregressive Integrated Moving Average Model (FARIMA)

merupakan model ARIMA (p,d,q) dengan parameter d (*the degree of differencing*) adalah non-integer.

Model ini memiliki bentuk:

$$\Phi(B)X_t = \Theta(B)\Delta^{-d}\epsilon_t \quad (3)$$

Dengan  $\Phi(B)$  dan  $\Theta(B)$  adalah polinomial pangkat p dan q (p dan q adalah integer yang tidak bernilai negatif);  $X_t$  adalah nilai variable pada waktu t;  $\epsilon_t$  adalah residual pada waktu t; dan  $\Delta^{-d}$  adalah operasi *differencing* dengan bentuk

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1} = (I - B) X_t. \quad (4)$$

## 2. METODE

### a. Pemodelan Kanal Redaman Hujan.

Pemodelan Kanal Redaman Hujan menggunakan metode *Synthetic Storm Technique* (SST) dengan data-data yang sudah diperoleh untuk intensitas hujan dan kecepatan beserta arah anginnya. Data intensitas hujan dan kecepatan yang digunakan adalah data dari rentang waktu 2008,2009 dan 2010.

### b. Pemodelan OFDM Uplink.

Pada tahap ini akan dilakukan dibentuk model OFDM *Uplink* pada pentransmisi data multimedia. Awal dari tahap ini adalah studi literature untuk merancang system Uplink pada OFDM sebelum diintegrasikan dengan pemodelan-pemodelan yang lain.

### c. Pemodelan Trafik.

Pada tahap pemodelan trafik, akan dipilih 3 jenis trafik yaitu trafik suara, data dan video dimana akan ditentukan berapa besar kapasitas data yang dikirim dan urutan pengiriman data.

### d. Penjadwalan Transmisi Data.

Dalam tahap penjadwalan transmisi data, digunakan metode *Cross-Layer Enhanced Uplink Packet Scheduling* (CEPS). Simulasi pada tahap ini adalah pentransmisi data-data trafik yaitu trafik suara, video, dan data.

### e. Evaluasi Kinerja.

Evaluasi kinerja dilakukan dengan meninjau hasil pentransmisi data uplink yaitu suara, data dan video terhadap nilai *Packet Loss Rate* (PLR) dengan tetap

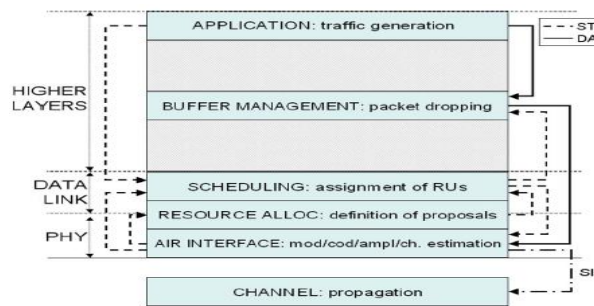
mempertimbangkan *fairness* pada ketiga jenis trafik tersebut. Semua tahap-tahap pada metodologi ini dilakukan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sedangkan simulasi menggunakan MATLAB.

### 3. HASIL

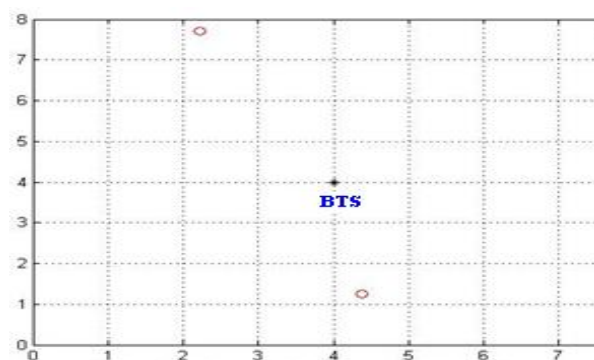
#### a. Penentuan model OFDM uplink

IKJP: Mendapatkan model OFDM uplink

Didapatkan pemodelan OFDM uplink yang dioptimalkan melalui pendekatan *cross-layer* (gambar 2.a). Sel yang dicakup oleh BTS OFDM berbentuk segiempat dengan panjang sisi 8 km x 8 km. Gambar 2.b menunjukkan posisi BTS berada di tengah sel dan 3 user yang secara acak berada di sel tersebut.



.Gambar 2.a. Hubungan antar *layer* dan implementasinya



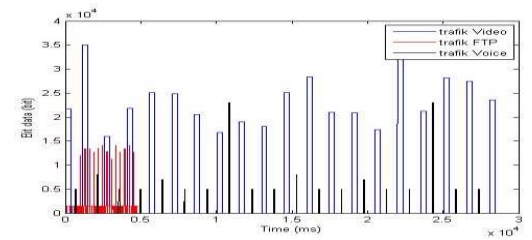
Gambar 2.b. Posisi BTS dan 3 user di dalam sel 8 km x 8 km

#### a. Pemodelan Trafik

IKJP: Mendapatkan pemodelan trafik pada 3 user

Hasil yang diperoleh Data trafik didapatkan melalui pengukuran dan dikembangkan menggunakan model. Terdapat 3 model trafik yang digunakan, yaitu trafik *video*, FTP, dan *voice*. Ketiga trafik tersebut dibangkitkan pada link komunikasi untuk 3 *user*. Nilai yang diperoleh yaitu nilai intensitas trafik berupa ukuran data dalam bit, *holding time* dan *inter arrival time*. Nilai tersebut akan dijadikan acuan dalam melakukan penjadwalan.

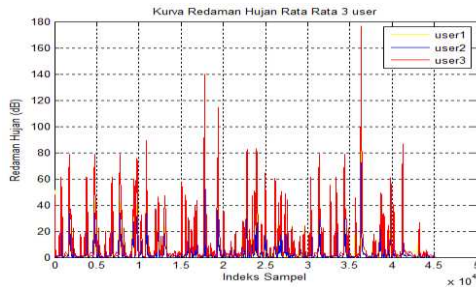
Gambar 3 merupakan contoh plot grafik dari trafik yang diperoleh. Untuk trafik data yang disimbolkan dengan warna merah memiliki nilai intensitas yang sangat kecil dan durasi waktu baik *holding-time* maupun *inter-arrival time* lebih singkat dibandingkan dari 2 *user* yang lain. Pada grafik tersebut juga terlihat trafik video mendominasi trafik tersebut. Video memiliki ukuran data yang lebih besar dan waktu *holding-time* yang lebih lama. Setelah diperoleh data trafik tersebut, maka dilakukan konversi dari bit menjadi paket dengan paket sebesar 1024 bit. Tugas Scheduler adalah memilih aplikasi atau trafik mana yang harus dilayani pada suatu saat



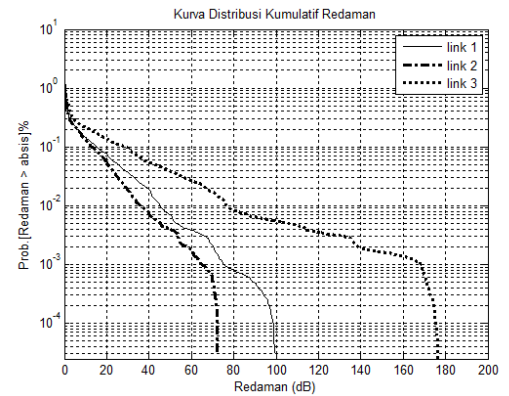
Gambar 3. Trafik dari 3 *user* yang akan dilayani

- b. Pemodelan kanal redaman hujan  
 IKJP: Mendapatkan model kanal redaman hujan

Hasil yang diperoleh, redaman hujan diperoleh dengan mengubah data hasil pengukuran curah hujan di lab B306 JTE-ITS. Nilai redaman hujan didapatkan menggunakan metode SST. Nilai redaman hujan yang dibangkitkan menggunakan data intensitas curah hujan periode bulan Januari sampai Mei 2010 dapat dilihat pada gambar 4.a Redaman hujan ini digunakan untuk mendapatkan nilai SNR hujan pada masing-masing link. Terlihat bahwa redaman hujan dapat mencapai nilai 180 dB. Dalam bahasa awam nilai redaman ini setara dengan  $(\frac{1}{10})^{18}$ , artinya sinyal yang teredam akan menjadi sangat lemah. Gambar berikutnya menunjukkan CCDF dari redaman hujan yang dialami oleh *user* dalam 1 tahun.



Gambar 4.a. Grafik redaman hujan rata-rata bulan Januari-Mei 2010

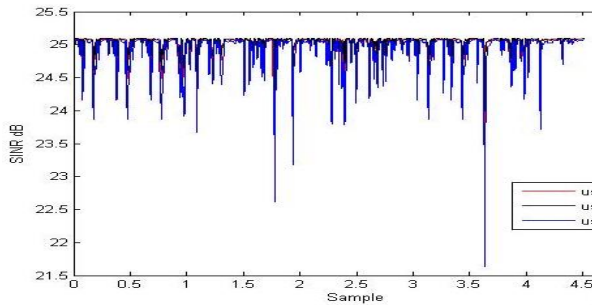


Gambar 4.b. CCDF redaman hujan dalam 1 tahun

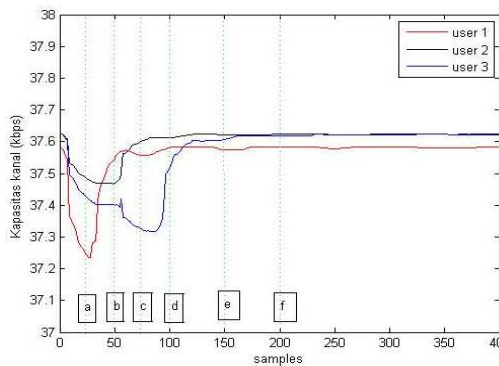
- c. Mempelajari Proses Penjadwalan Trafik  
 IKJP: Mendapatkan Algoritma Penjadwalan

Hasil yang diperoleh, penjadwalan dilakukan dengan mengacu pada kondisi kanal dan kondisi trafik. Gambar dan penjelasan di paragrah berikut memberikan ilustrasi bahwa kapasitas kanal bervariasi sesuai dengan kondisi kanal yang terkenal redaman hujan. Pada sistem ini terdapat interferensi dari ketiga *user* terhadap BTS sehingga dapat diperoleh nilai SINR dengan menggunakan nilai SNR yang telah diperoleh (dapat dilihat pada gambar 5.a. Nilai SINR yang diperoleh untuk ketiga link tersebut sekitar 25 dB dan nilai minimum SINR diperoleh oleh *link* komunikasi pada *user* 3 yaitu mendekati 21,5 dB. Kemudian nilai ketersediaan kapasitas masing-masing link dapat diketahui dengan menggunakan nilai SINR yang diperoleh yaitu berada pada kisaran 37 Kbps (dapat dilihat pada gambar 5.b). Nilai kapasitas tersebut menjadi informasi untuk dilakukan penjadwalan trafik. Sebelum dilakukan penjadwalan paket, maka ketersediaan kapasitas tersebut dikonversikan satuannya menjadi

packet per secon (pps) dengan pembulatan kebawah sehingga diperoleh nilai ketersediaan kapasitas untuk ketiga user tersebut sama yaitu 36 pps.



Gambar 5.a. Grafik SINR tiap user

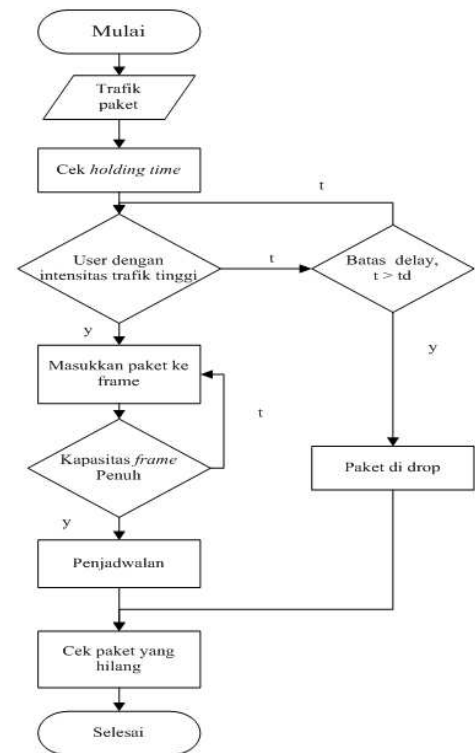


Gambar 5.b. Grafik ketersediaan kapasitas

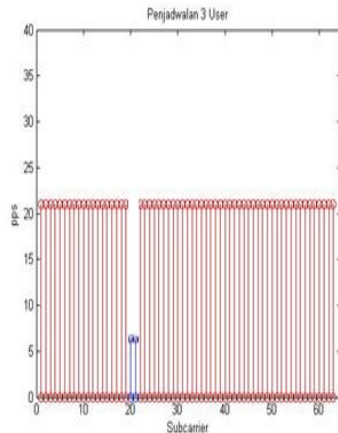
Dari memahami kapasitas yang bervariasi dan tersedia untuk dioptimalkan, maka dilakukan penjadwalan dengan memperhatikan jenis trafik yang dibawa oleh setiap user. Pada dasarnya yang dilihat sebagai prioritas adalah trafik yang membutuhkan akses *real-time*, contoh *video* atau *voice*, FTP bukan prioritas. Dengan pola fikir, Trafik yang telah dibangkitkan kemudian dijadwalkan sesuai algoritma CEPS. Hasil penjadwalan dapat dilihat pada gambar 6.b. User dengan trafik yang bersifat *real-time* seperti *video* dan

*voice* mendapatkan prioritas sedangkan user dengan trafik FTP bersifat non *real-time* yang toleran terhadap delay sehingga memiliki waktu lebih lama di *buffer*.

Selain itu, pada penjadwalan ini melihat kondisi dari ketiga trafik tersebut. Kondisi tersebut berupa *holding time* dan *inter-arrival time*. Semakin lama *holding-time* yang dialami trafik tertentu dengan intensitas yang tinggi, maka penjadwalan *sub-carrier* yang terjadi untuk trafik tersebut lebih banyak tetapi tetap mempertimbangkan *fairness* agar semua user dengan masing-masing trafik dapat terlayani. Trafik *video* memiliki *holding time* lebih lama sehingga mendapatkan jumlah *sub-carrier* lebih banyak.



Gambar 6.a. Algoritma penjadwalan CEPS



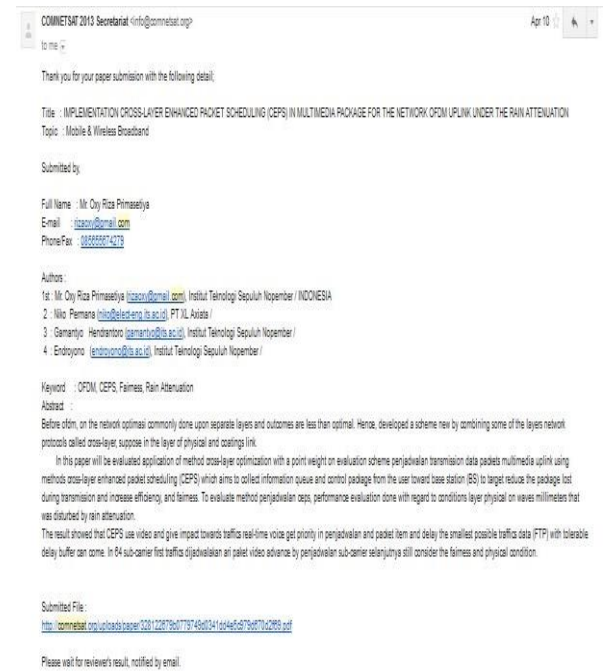
Gambar 6.b. Grafik penjadwalan Trafik

- d. Evaluasi kinerja IKJP: Meninjau hasil metode penjadwalan paket CEPS terhadap besarnya PLR yang dialami oleh 3 user tersebut.

Hasil yang diperoleh, setelah dilakukan penjadwalan dengan memperhatikan ketersediaan kapasitas yang diperoleh sebelumnya, didapatkan nilai *packet loss rate* (PLR) yang dialami oleh tiap-tiap user. PLR ini merupakan akibat dari paket yang menunggu lama di *buffer* hingga waktu tunggu mencapai maksimal atau kapasitas di *buffer* telah penuh. Parameter yang baik dalam sistem adalah  $10^{-2}$ . Selama 64 *sub-carrier* nilai PLR dari user dengan trafik *video* adalah 0, sedangkan pada user dengan trafik FTP masih berada di *buffer*. User dengan trafik suara sedang mengalami *inter-arrival time* sehingga tidak memiliki nilai PLR pada saat tersebut.

- e. Melakukan Publikasi ilmiah IKJP: Melakukan pembuatan paper hasil penelitian dan mengirimkannya ke seminar nasional/internasional

Hasil yang diperoleh, paper lengkap hasil penelitian telah berhasil dibuat dan telah dikirimkan pada COMNETSAT 2013 IEEE International Conference on Communications, Network and Satellite yang akan dilaksanakan pada 03-05 Desember 2013 di Yogyakarta. Hasil review *paper* yang diterima akan diumumkan pada 25 September 2013. Bukti telah diterimanya *paper* yang kami kirimkan untuk di-review terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Bukti Paper yang Dikirim Telah Diterima Panitia Untuk Di-review

#### 4. KESIMPULAN

- Pengaruh redaman hujan terhadap frekuensi 30 GHz pada link telekomunikasi dengan nilai SINR pada link komunikasi sekitar 25 dB. Ketersediaan kapasitas kanal redaman hujan pada tiap user sekitar 37 Kbps.
- Dengan metode CEPS, dilakukan penjadwalan sub-carrier pada jaringan

OFDM. Paket data real-time (video, voice) dilayani terlebih dahulu dalam alokasi 64 sub-carrier pertama sedangkan paket data non real-time menunggu di buffer agar selanjutnya dapat dilayani.

- c. Dengan teknik ini maka dapat diperoleh suatu metode pengefisienan kapasitas kanal redaman hujan dari beberapa user, dengan tetap memperhatikan delay, kapasitas dan fairness.

## 5. REFERENSI

- Endroyono and Hendranto G. 2008. "Cross-Layer Optimization Performance Evaluation of OFDM Broadband Network on Millimeter Wave Channels", IEEE WOCN 2008, 5th IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks, Surabaya, pp :1 – 5, May 2008.
- G. Song and Y.G Li. 2005. "Cross-layer optimization for OFDM wireless network-Part I: Theoretical framework", IEEE Trans. Wireless Communication, vol. 4 no.2 pp. 614-624, Mar 2005.
- G. Song and Y.G Li. 2005. " Cross-layer optimization for OFDM wireless network -Part II: Algorithm Development", IEEE Trans. Wireless Communication., vol. 4 no.2 pp. 625-634, Mar 2005.
- Habib,I.W and Saadawi, T N. 2006. Multimedia traffic characteristic in broadband networks, Communications Magazine,IEEE Vol.30, Issue : 7, pp. 48-54.
- Harmantzis F. C., Hatzinakos D. 2005. "Heavy Network Traffic Modelling and Simulation using Stable FARIMA Processes," International Teletraffic Congress (ITC).
- Hui Chen, Henry. C.B. Chan. Victor C. M. Leung. Fellow. and Zhang, Jie. 2010. "Cross-Layer Enhanced Uplink Packet Scheduling for Multimedia Traffic Over MC-CDMA Networks", IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol.59 No 2, pp. 986-992, 2010.
- Mahmudah, Haniah, 2008. "Prediksi Redaman Hujan Menggunakan Synthetic Storm Technique", Thesis Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
- Prasad, Ramjee. 2004. "OFDM for Wireless Communication System", London: Artech House Inc.
- Seybold. John S. 2005. "Introduction To RF Propagation", New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.