

PENJADWALAN PAKET MULTIMEDIA UNTUK JARINGAN OFDM UPLINK BERBASIS PENDEKATAN CROSS-LAYER DI BAWAH REDAMAN HUJAN

Adib Nur Ikhwan¹, Niko Permana R.W.², Gamantyo Hendratoro³, Endroyono⁴
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Keputih, Surabaya 60111

Telp: (62 31) 599 4251-54, Ext. 1205, Fax: (62 31) 593 1237

E-mail: adib09@mhs.ee.its.ac.id, niko@elect-eng.its.ac.id, gamantyo@ee.its.ac.id, endroyono@ee.its.ac.id

ABSTRAK

Pada jaringan yang sudah ada sebelumnya, optimasi sering dilakukan pada lapisan terpisah dan hasilnya kurang optimal. Oleh karena itu, dikembangkan skema baru dengan menggabungkan beberapa lapisan protokol jaringan yang disebut Cross-Layer, misalkan di lapisan fisik dan lapisan link. Penerapan metode Cross-Layer Optimization dengan titik berat pada evaluasi skema penjadwalan transmisi paket data multimedia uplink menggunakan metode Cross-Layer Enhanced Packet Scheduling (CEPS) bertujuan untuk mengumpulkan informasi antrian serta mengendalikan paket dari user menuju base station (BS) dengan sasaran mengurangi banyaknya paket yang hilang saat transmisi dan meningkatkan efisiensi serta fairness. Untuk mengevaluasi metode penjadwalan CEPS, evaluasi kinerja dilakukan dengan memperhatikan kondisi lapisan fisik pada gelombang millimeter yang terganggu oleh redaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan penjadwalan CEPS memberikan pengaruh terhadap trafik video dan suara yang bersifat real-time mendapat prioritas dalam penjadwalan serta packet loss dan delay sekecil mungkin sedangkan trafik data (FTP) dengan delay yang ditoleransi dapat masuk buffer. Pada 64 sub-carrier pertama dijadwalkan trafik dari paket video terlebih dahulu dengan penjadwalan sub-carrier selanjutnya tetap mempertimbangkan fairness dan kondisi lapisan fisik.

Kata kunci: ofdm, ceps, fairness, redaman hujan

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 semakin dibutuhkan seiring dengan pengiriman data yang semakin besar.

Salah satu layanan infrastruktur yang saat ini dibutuhkan adalah layanan broadband dengan kapasitas kanal yang 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 broadband 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 data-link control (DLC) 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) 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).

Tujuan dari metode penjadwalan ini adalah untuk memaksimalkan jumlah paket yang diproses dengan kanal redaman hujan dan meningkatkan kualitas dan keandalan dari sistem layanan multimedia dengan mempertimbangkan aspek *fairness*, *efficiency*, dan *performance* sehingga diperoleh sistem yang memiliki kualitas disertai dengan penggunaan daya yang efisien dan sesuai kebutuhan ketika pengalokasian *sub-carrier*.

2. PEMODELAN SISTEM

Pada penelitian ini membahas mengenai penerapan CEPS pada jaringan OFDM Uplink agar mendapatkan jumlah paket yang diterima *data link control* (DLC) dapat ditingkatkan dengan mengacu pada nilai *packet loss rate* (PLR) yang diperoleh.

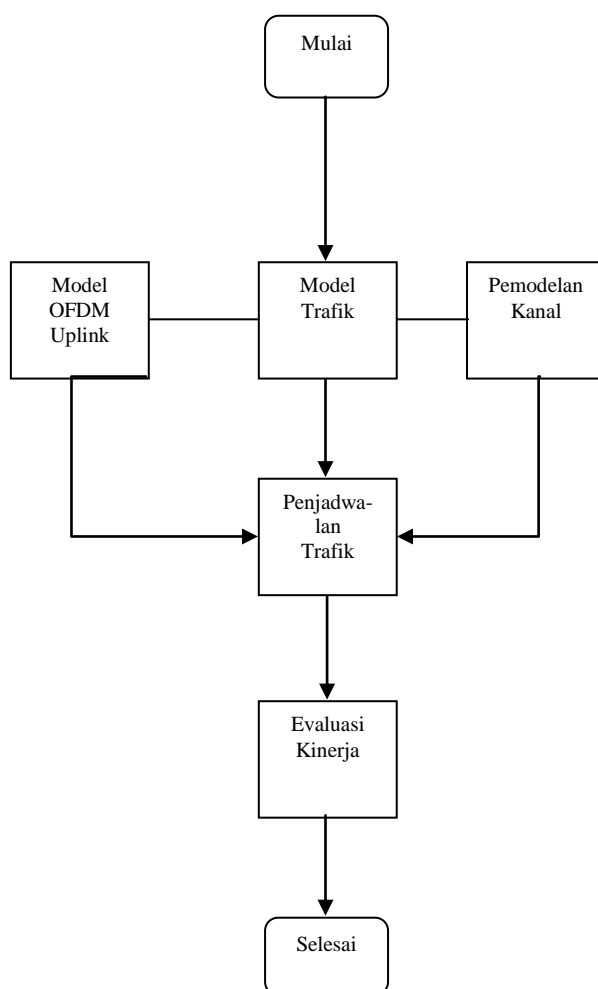
Perangkat yang digunakan untuk pengerjaan penelitian ini adalah perangkat simulasi menggunakan MATLAB. Simulasi yang dilakukan tersebut dikondisikan mendekati kondisi sistem jaringan OFDM sebenarnya dan juga algoritma penjadwalan yang diterapkan pada penelitian ini..

Pada tahap akhir didapatkan hasil evaluasi kinerja berupa nilai PLR berdasarkan paket data yang diterima setelah melalui penjadwalan paket menggunakan metode cross-layer enhanced packet scheduling (CEPS).

Prosedur metode pengerjaan penelitian dari awal hingga akhir digambarkan pada diagram alir gambar 1.

Susunan dari diagram alir sistem pengerjaan penelitian yang ada pada gambar 1 terdiri dari :

1. Penentuan model OFDM uplink
2. Penentuan model trafik
3. Pemodelan kanal
4. Penjadwalan trafik
5. Evaluasi Kinerja



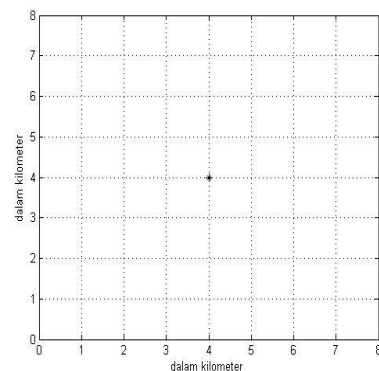
Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan

2.1 Pemodelan OFDM Uplink

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah menentukan model OFDM uplink. Penentuan model OFDM uplink berupa penentuan skenario jaringan yang akan dioptimisasikan. Pada skenario ini terdapat dua perangkat nirkabel yang digunakan yaitu BTS (*Base Transceiver Station*) yang berfungsi untuk memancarkan maupun menerima sinyal telekomunikasi, dan user yang merupakan perangkat

terminal bergerak yang berhubungan langsung dengan pengguna untuk mendapatkan akses layanan dari BTS.

Model jaringan ini terdiri dari satu sel berbentuk segi empat dengan panjang masing-masing sisi adalah 8 Km sehingga ukuran jangkauan jaringan adalah 8 Km x 8 Km. Pada sel tersebut, posisi BTS berada tepat di titik tengah sel dan pada sel tersebut terdapat 3 user. Penentuan posisi 3 user ini dilakukan secara acak. Penentuan posisi 3 user secara acak ini akan dihasilkan jarak yang berbeda-beda masing-masing user terhadap BTS tetapi masih dalam sel yang dirancang berukuran 8 Km x 8 Km. Desain rancangan jaringan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Posisi 1 BTS pada *single cel*

2.2 Penentuan Model Trafik

Penentuan model trafik diterapkan pada ketiga user yang melakukan akses terhadap BTS. Akses yang dilakukan yaitu akses uplink dimana masing-masing user melakukan pengiriman paket menuju BTS. Penransmisiian paket ini dilakukan dibawah kanal redaman hujan. Trafik yang digunakan berupa trafik multimedia yang terdiri dari video, FTP, dan suara dimana tiap user mewakili jenis trafik tersebut. Pembangkitan trafik dilakukan dua macam, yang pertama untuk memperoleh ukuran data atau intensitas sedangkan yang kedua adalah untuk memperoleh nilai *holding time* dan *inter-arrival time*. Penggunaan *holding time* dan *inter-arrival time* ini bertujuan agar didapat model trafik yang pada umumnya sering terjadi pada dunia telekomunikasi yaitu pasti ada jeda dalam penggunaan akses layanan sehingga trafik tidak selamanya penuh atau padat.

Ukuran data video, FTP, dan suara yang juga merupakan intensitas trafik akan dikonversikan dalam bentuk paket. Paket yang nantinya akan dijadwalkan tersebut diasumsikan memiliki ukuran 1024 bit.

2.3 Pemodelan Kanal

Kanal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kanal redaman hujan.

a) Metode Synthetic Storm Technique (SST)

Metode SST digunakan untuk menghitung pengaruh redaman hujan pada *link* komunikasi dengan menggunakan pengukuran curah hujan langsung serta pertimbangan arah dan kecepatan angin. Perhitungan nilai redaman hujan pada masing-masing *link* dihitung menggunakan persamaan :

$$A_m = \sum_{j=0}^{n-1} aR_{m-j}^b \cdot \Delta L_j \quad (1)$$

dimana, A_m = redaman hujan untuk $I = 1, 2, \dots, n$; ΔL = panjang segmen; R = intensitas hujan (mm/h); a, b = koefisien ITU-R P.838-3. Untuk frekuensi 30 GHz dengan polarisasi horizontal bernilai $a = 0.2403$ dan $b = 0.9129$.

b) Perhitungan Signal to Noise Ratio (SNR) Hujan

Setelah diperoleh nilai redaman hujan menggunakan metode SST, selanjutnya adalah menggunakan nilai tersebut untuk memperoleh nilai SNR hujan pada link masing-masing user.

Sebelum diperoleh nilai SNR hujan, terlebih dulu adalah melakukan perhitungan SNR *clear sky* (SNR_{CS}). SNR_{CS} merupakan perhitungan SNR pada tiap link tanpa adanya pengaruh dari redaman hujan. Besarnya nilai SNR ini diperoleh dengan melakukan perhitungan parameter-parameter *link-budget* pada tiap link antara pemancar dan penerima. Apabila jarak antara pemancar dan penerima semakin jauh maka akan mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima oleh BTS (*uplink*).

Setelah diperoleh nilai SNR_{CS} , selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk nilai SNR hujan (SNR_H). Nilai SNR_H diperoleh dari nilai SNR_{CS} dalam satuan dB pada masing-masing link dikurangi nilai redaman hujan yang terjadi sepanjang link dalam satuan dB pada tiap link. Faktor redaman hujan ini berpengaruh pada sinyal yang dipancarkan oleh *user* berupa penurunan level *signal to noise ratio*.

c) Perhitungan Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR)

Pada model *uplink* ini, tiga user akan mengirimkan sinyal ke satu BTS yang sama sehingga terjadi interferensi sinyal yang terjadi pada user yang sedang mengakses layanan pada BTS terhadap user-user yang lain. Maka pengaruh interferensi tersebut dapat diketahui dengan melakukan perhitungan SINR.

Nilai SINR diperoleh apabila nilai SIR yang merupakan perbandingan antara daya sinyal yang diterima oleh BTS dari *user* prioritas dengan daya sinyal penginterferensi dari *user*.

d) Perhitungan Ketersediaan Kapasitas

Informasi ketersediaan kapasitas dari masing-masing link dari tiap *user* yang melakukan akses layanan ke BTS dapat diperoleh dari nilai $SINR_H$ yang telah diperoleh. Besar *bandwidth* total dalam sistem ini adalah 512 KHz yang digunakan oleh 64 *subcarrier* sehingga ukuran *bandwidth* masing-masing *subcarrier* yaitu 8 KHz. Ketersediaan kapasitas diperoleh dengan menggunakan persamaan dibawah :

$$C = W \log(1 + S/N) \quad (2)$$

2.4 Penjadwalan Trafik

Model *router* jaringan nirkabel pada BTS terdiri dari 3 (tiga) elemen-elemen dasar, yaitu *classifier*, *buffer* dan *admission control*. *Classifier* akan mengklasifikasikan paket-paket yang datang berdasarkan jenis trafik dan IP nya, *buffer* berfungsi sebagai tempat antrian paket-paket yang belum dikirimkan dan *admission control* mengawasi paket-paket yang akan masuk ke penjadwal (*scheduler*), serta melakukan penjadwalan berdasarkan pada 2(dua) tingkatan hierarki, yaitu menjadwalkan paket-paket dari jenis trafik yang berbeda dan menjadwalkan paket-paket dari jenis trafik yang sama. Pada *router* jaringan nirkabel terdapat 1 sampai N elemen *buffer* yang berisi sekumpulan aliran paket-paket, dimana paket-paket dari jenis trafik yang sama akan mengantri dalam *buffer* yang sama, sedangkan paket-paket dari jenis trafik yang berbeda akan mengantri pada *buffer* yang terpisah. Selama pengaturan hubungan, jaringan nirkabel akan bernegosiasi dengan terminal pemakai untuk menentukan paket mana yang akan dilayani duluan sesuai dengan level QoS nya. BTS akan terus memonitor trafik untuk mengawasi setiap aliran paket, kemudian berdasarkan hasil monitoringnya baru paket-paket tersebut dialirkan. Pengaliran paket-paket dalam *buffer* bisa direalisasikan dengan cara yang berbeda-beda menggunakan algoritma manajemen *buffer*. Cara yang pertama, dengan mengalirkan secara deterministik semua paket yang melebihi ambang batas *buffer* secara berurutan, cara kedua, dengan mengalirkan paket secara acak saat *buffer* yang berlawanan memberikan ambang batas beban, tujuannya untuk menghindari hilangnya paket pada saat pengaliran, namun akan ada aliran paket dari jenis trafik yang sama tidak bisa dikirimkan bersamaan.

Dalam penelitian ini, penjadwalan trafik menggunakan metode penjadwalan *cross-layer enhanced uplink packet scheduling* (CEPS). Penjadwalan dilakukan dengan melihat kondisi user sedang dalam kondisi holding time atau inter arrival time. Berikut 3 kemungkinan kondisi pada tiap user :

- a.) Kondisi pertama apabila satu user mengalami holding time terlebih dahulu daripada user yang lain, maka paket dari satu user tersebut dijadwalkan terlebih dahulu.

- b.) Kondisi kedua apabila satu user mengalami *holding time* dan user yang lain mengalami *inter arrival time* maka paket dari satu user tersebut dijadwalkan terlebih dahulu.
- c.) Kondisi ketiga apabila beberapa user mengalami *holding time* yang sama, maka diprioritaskan untuk trafik *real time* akan dilayani terlebih dahulu sedangkan untuk trafik *non real-time* dimasukkan ke dalam *buffer* dengan durasi tertentu. Jenis trafik *real-time* seperti suara dan video mementingkan sisi *time delay* dan *variabel delay*. Namun, dapat memberikan toleransi ketika sebagian kecil paket data yang hilang. Jenis trafik *non real time* seperti data, dapat memberikan toleransi pada *time delay* tetapi tidak dapat ditolerir apabila sebagian kecil paket data yang hilang. Biasanya trafik *real time* memiliki intensitas trafik lebih tinggi sedangkan trafik *non-real time* memiliki intensitas trafik yang lebih rendah akan mengalami delay.

Dalam algoritma ini, user yang terlebih dulu mengakses ke BTS merupakan user dengan kondisi kanal yang paling baik dimana pengalokasian kanal terjadi pada lapisan PHY. Oleh Karena itu dapat dikatakan bahwa penjadwalan paket pada *layer 2* memperhatikan kondisi kanal dimana dipilih kanal yang terbaik pada *layer 1*.

2.5 Evaluasi Kinerja

Evaluasi kinerja dilakukan dengan meninjau hasil metode penjadwalan paket CEPS terhadap besarnya nilai packet *loss rate* (PLR) yang dialami oleh ketiga *user* tersebut.

3. HASIL DAN ANALISA SIMULASI

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dan analisa simulasi dari penelitian.

3.1 Penentuan Model OFDM Uplink

Model jaringan OFDM yang digunakan seperti pada gambar 3. Posisi BTS yang digunakan dalam model jaringan seperti pada gambar 4.1 dengan posisi koordinat yaitu (4,4) sehingga BTS terletak pada pusat sel tersebut.

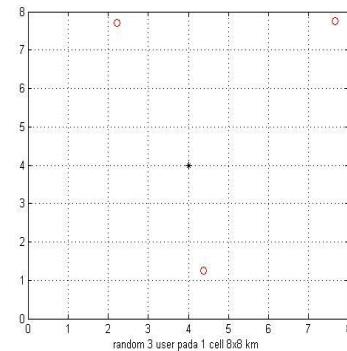
Posisi user dalam sel berukuran 8 kilometer x 8 kilometer ini diatur secara random seperti tampak pada gambar dibawah ini. *User* tersebut ditandai dengan *node* lingkaran merah yang tersebar sekitar BTS sehingga dapat diketahui posisi dari masing-masing *user* itu sendiri. Gambar 4.2 dibawah ini menampilkan posisi 3 *user* dalam BTS.

Posisi 3 *user* secara acak tersebut dapat diketahui informasi koordinat X maupun Y. Serta informasi jarak 3 user tersebut terhadap BTS pada sel tersebut dapat diketahui dengan menggunakan persamaan untuk menghitung jarak ketiga user. Untuk *user 1* memiliki posisi koordinat (2.2280, 7.7191) dengan jarak 4.1197 Km terhadap BTS. Untuk *user 2* memiliki posisi koordinat (4.3751, 1.2609) dengan

jarak 2.7647 Km terhadap BTS. Terakhir yaitu *user 3* memiliki koordinat (7.6601, 7.7647) dengan jarak 5.2506 Km terhadap BTS.

3.2 Penentuan Model Trafik

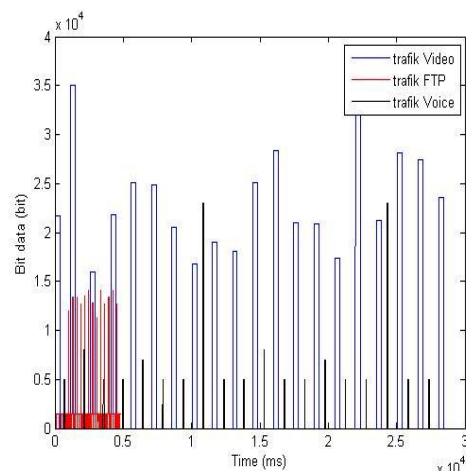
Trafik menjadi komponen utama dalam jaringan telekomunikasi. Informasi trafik berupa intensitas trafik, *holding time*, dan *inter-arrival time*



Gambar 3. Posisi 1 BTS dengan 3 *user* pada *single cell*

merupakan variabel dalam trafik yang dapat digunakan untuk melakukan optimasi jaringan.

Gambar 3 merupakan 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. Pada trafik suara, *holding time* yang dimiliki lebih panjang tetapi intensitas trafik yang dimiliki rata-rata tidak sebesar nilai intensitas pada trafik video. Setelah diperoleh data trafik tersebut, maka dilakukan konversi dari bit menjadi paket dengan ukuran paket sebesar 1024 bit.



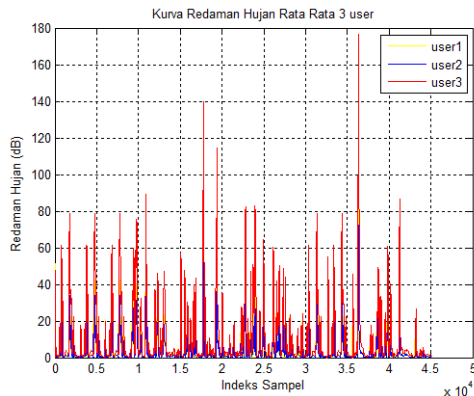
Gambar 4. Trafik dari 3 *User* yang akan dilayani

3.3 Pemodelan Kanal

Pada bagian ini, beberapa data yang diperoleh yang selanjutnya akan dianalisa meliputi data dari redaman hujan yang diperoleh menggunakan SST, nilai SINR, dan perhitungan ketersediaan kapasitas.

a) Data Redaman Hujan Menggunakan SST

Dari grafik redaman hujan rata-rata gambar 5 pada bulan Januari hingga Mei 2010 dapat kita lihat bahwa even hujan memiliki kisaran nilai 0 dB hingga mendekati nilai 180 dB. Variasi nilai redaman hujan pada gambar diatas disebabkan oleh pergerakan awan hujan dan intensitas curah hujan di atas link komunikasi tersebut. Link komunikasi yang memiliki nilai redaman terbesar dialami oleh user 3. Dengan nilai redaman terbesar yang dialami oleh user 3, maka mempengaruhi kualitas sinyal transmisi dari user 3.



Gambar 5. Grafik redaman hujan rata-rata bulan Januari- Mei 2010

b) Hasil Perhitungan Signal to Noise Ratio (SNR) Hujan

Hasil yang diperoleh untuk nilai SNR hujan yaitu level SNRcs lebih besar daripada nilai SNR hujan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh redaman hujan. Nilai SNR hujan ini selanjutnya digunakan untuk memperoleh nilai SINR.

Tabel 1. Nilai SNRcs hujan untuk 3 user

User	Iterasi (dB)					
	1	2	3	4	5	6
1	84.3 16	84.3 16	84.3 16	84.3 16	84.3 16	84.3 16
2	85.0 93	85.0 93	85.0 93	85.0 93	85.0 93	85.0 93
3	83.9 13	83.9 13	83.9 13	83.9 13	83.9 13	83.9 13

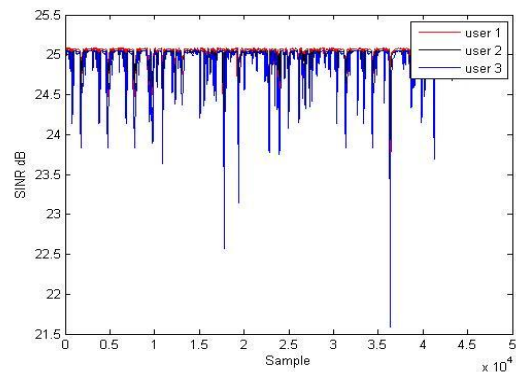
Tabel 2. Nilai SNR hujan untuk 3 user

User	Iterasi (dB)					
	1	2	3	4	5	6
1	83.5 23	83.3 30	82.5 36	81.1 43	80.0 77	78.6 63
2	84.7 39	84.6 53	84.2 97	83.6 74	83.1 98	82.5 65

3	83.4 11	83.2 89	82.7 87	81.9 06	81.2 32	80.3 38
---	------------	------------	------------	------------	------------	------------

c) Hasil Perhitungan Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR)

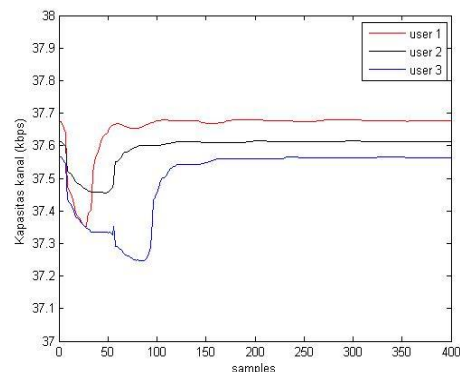
Nilai SINR yang diperoleh seperti pada gambar 6. Level daya SINR lebih kecil daripada level daya SNR hujan dengan nilai berkisar 25 dB. Hal ini diakibatkan pengaruh interferensi dari user lain pada perhitungan nilai SINR pada user tertentu. Nilai SINR yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung ketersediaan kapasitas.



Gambar 6. Grafik SINR tiap user

d) Hasil Perhitungan Ketersediaan Kapasitas

Ketersediaan kapasitas kanal diperoleh dengan menggunakan nilai SINR sebelumnya. Hasil yang diperoleh seperti pada gambar 7. Nilai tersebut pada awalnya sempat mengalami penurunan kemudian meningkat kembali dan selanjutnya stabil pada nilai tertentu. Hal tersebut diakibatkan karena pengaruh redaman hujan yang tinggi sehingga berdampak pada penurunan kapasitas. Nilai kapasitas dalam satuan Kbps dikonversikan menjadi packet per sekon (pps) dimana 1 paket diasumsikan sebesar 1024 bit.



Gambar 7. Contoh ketersediaan kapasitas 3 user

Tabel 3. Contoh ketersediaan Kapasitas dalam satuan pps

User	Iterasi (pps)					
	1	2	3	4	5	6
1	83.5 23	83.3 30	82.5 36	81.1 43	80.0 77	78.6 63
2	84.7 39	84.6 53	84.2 97	83.6 74	83.1 98	82.5 65

1	36.8 06	36.8 05	36.8 01	36.7 93	36.7 87	36.7 79
2	36.6 74	36.6 74	36.6 72	36.6 68	36.6 65	36.6 61
3	36.6 67	36.6 67	36.6 64	36.6 58	36.6 54	36.6 48

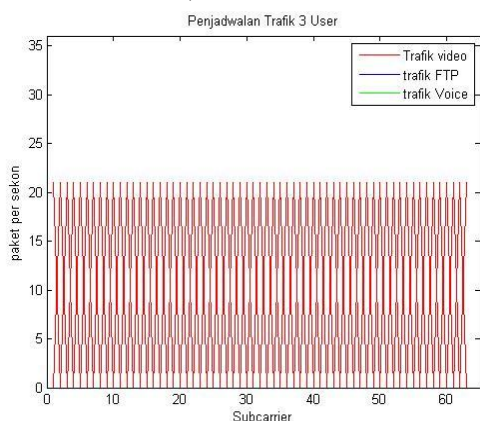
3.4 Penjadwalan Trafik

Trafik yang telah dibangkitkan kemudian dijadwalkan sesuai algoritma CEPS. Hasil penjadwalan dapat dilihat pada gambar 9. *User* dengan trafik yang bersifat *real-time* seperti video dan suara 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*. Trafik video memiliki holding time lebih lama sehingga mendapatkan jumlah *sub-carrier* lebih banyak.

Pada gambar 9 dilakukan penjadwalan 64 *sub-carrier* pertama, dapat dilihat bahwa *user* video dijadwalkan *sub-carrier* sedangkan *user* FTP mengalami *delay* dan trafik suara berada pada saat *inter-arrival time*.

3.5 Evaluasi Kinerja

Setelah dilakukan penjadwalan akan 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,



Gambar 9. Grafik Penjadwalan Trafik menggunakan CEPS

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. Trafik yang dikirim tidak melebihi ketersediaan kapasitas yang ada yaitu 36 pps.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi pada penelitian ini, dapat diketahui bahwa redaman hujan memberikan dampak terhadap teknik OFDM yang berfrekuensi 30 GHz. Dampak tersebut memberikan pengaruh terhadap penurunan kualitas sinyal yang diterima pada sisi BTS (*Uplink*) selain dampak karena interferensi dari *user* lain.

Penggunaan penjadwalan CEPS memberikan pengaruh terhadap trafik video dan suara yang bersifat *real-time* mendapat prioritas dalam penjadwalan serta *packet loss* dan *delay* sekecil mungkin sedangkan trafik data (FTP) dengan *delay* yang ditoleransi dapat masuk *buffer*.

Penjadwalan menggunakan algoritma CEPS terhadap trafik multimedia yang telah ditentukan intensitas beserta holding time dan *inter-arrival time* pada 64 *sub-carrier* pertama menjadwalkan trafik video terlebih dahulu dan tidak terdapat paket yang *loss* atau PLR bernilai 0. Untuk trafik FTP pada 64 *sub-carrier* pertama menunggu di *buffer*. Untuk trafik suara mengalami *inter-arrival time* sehingga tidak dijadwalkan. Sehingga banyaknya paket yang hilang saat transmisi berkurang dan meningkatkan efisiensi serta fairness.

PUSTAKA

- Bhargavan, V., Lu, S., dan Nandagopal, T. (1999) *Fair Queueing in Wireless Network : Issues and Approaches*, IEEE Personal Commun., Vol. 6, hal. 44-53.
- 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.
- Hui C., Henry. C.B.C., Member IEEE, Victor C.M.L., Fellow, IEEE, and Jie Z. (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.
- Ledesmana, R.I. (2010). *OFDM Transmission Simulation using GNU Octave*, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientist, vol 2, pp. 1222-1226
- Mahmudah, H., Mauludiyanto, A. , Hendranto, G. (2006). *Prediksi Redaman Hujan Menggnakan Synthetic Storm Technique (SST)*. Tesis, Jurusan Teknik Elektro, ITS, Surabaya.
- Stallings, W.,(2001), *Komunikasi Data dan Komputer: Dasar-dasar Komunikasi Data*, Salemba Teknika, Jakarta.
- Tito, I. (2006). *OFDM pada Komunikasi Digital Pita Lebar*, Penelitian Teknik Elektro, Universitas Indonesia