

eLEKTUM
Jurnal Teknik Elektro

Redaksi

Penerbit / Publisher : **Jurusan Teknik Elektro**
Universitas Muhammadiyah Jakarta (UMJ)

Pelindung / Patron : **Dekan Fakultas Teknik**
Universitas Muhammadiyah Jakarta

Pemimpin Redaksi / Editor in Chief : **Fadlioni, B.Eng., M.Eng.**
(Scopus Author ID: 57194441414)
Universitas Muhammadiyah Jakarta

Dewan Redaksi / Editorial Board :

- **Prof. Dr. Ir. Sardy Sar, M.Eng.**
(Scopus Author ID: 9270255400)
Universitas Al-Azhar Indonesia
- **Dr. Ir. Budiyanto, M.T.**
(Scopus Author ID: 55628867400)
Universitas Muhammadiyah Jakarta
- **Saeful Bahri, S.T., M.T.**
Universitas Muhammadiyah Jakarta
- **Ir. Husnibes Muchtar, M.T.**
Universitas Muhammadiyah Jakarta
- **Ir. Erwin Dermawan, M.Sc.**
(Scopus Author ID: 55879854700)
Universitas Muhammadiyah Jakarta
- **Ir. Deni Almanda, M.T.**
Universitas Muhammadiyah Jakarta
- **Haris Isyanto, S.T., M.T.**
Universitas Muhammadiyah Jakarta
- **Prian Gagani Chamdareno, S.T., M.T.**
Universitas Muhammadiyah Jakarta
- **Riza Samsinar, S.T., M.T.**
Universitas Muhammadiyah Jakarta

Desain Kreatif / Creative Design : **Fadlioni, B.Eng., M.Eng.**

Terbit / Publication : **Per semester (dua kali setahun)**

Alamat Redaksi / Editorial Address : **Teknik Elektro Fakultas Teknik**
Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27, Indonesia
10510
Phone / fax 021 – 428 74651

eLEKTUM adalah Jurnal Teknik Elektro yang terbit setiap semester sekali (dua kali setahun). *eLEKTUM* berisi tulisan ilmiah tentang elektro teknik dan permasalahannya, terutama permasalahan yang berhubungan dengan sistem tenaga listrik, elektronika, kontrol sistem dan telekomunikasi. *eLEKTUM* menerima sumbangan tulisan – tulisan yang sesuai dengan syarat penulisan karya ilmiah.

DAFTAR ISI

Analisa Perbandingan Throughput pada Teknologi WiMAX.....1
Husnibes Muchtar¹, Danar Trihambodo² 1
Perancangan dan Prototype Automatis Mesin Single Bore dengan Motor AC 1 Fasa Berbasis Pengontrolan Pneumatik dan PLC.....13
Saeful Bahri ¹, Chairul Anwar ²13
Analisa Kemampuan Daya Pancar pada Gelombang Fm dengan Antena Dipole.....21
Haris Isyanto ¹, Jati Waloya ²21
Perancangan Prototype Proteksi Arus Beban Lebih Pada Beban DC Menggunakan Mikrokontroler25
Deni Almanda ¹, Habil Yusuf ²25
Sistem Monitoring Energi Listrik Sel Surya Secara Realtime dengan Sistem Scada35
Prian Gagani Chamdareno ¹, Faris Azharuddin ², Budiyanto ³35
Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka43
Erwin Dermawan¹, Dimas Nugroho²43
Pemantau Kebocoran Ac Menggunakan Sensor Y183 Dan Lm35dz Berbasis Mikrokontroler Arduino Melalui Websserver.....49
Eka Budhy Prasetya49

Analisa Perbandingan Throughput pada Teknologi WiMAX

Husnibes Muchtar¹, Dinar Trihambodo²

¹⁾²⁾ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat (10510)
Email: husnibes.muchtar@ftumj.ac.id

Abstrak

Sistem Mobile WiMAX berdasarkan pada standard IEEE 802.16e membutuhkan alokasi semua sumber daya downlink yang dipetakan kedalam wilayah persegi empat dalam dua dimensi peta Time- Frequency . Dimana teknologi yang digunakan adalah OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access).Sudah banyak proposal algoritma pemetaan yang pernah diajukan para peneliti. Namun algoritma yang simple untuk diimplementasikan dan memiliki efisiensi throughput yang bagus adalah eOCSA yang diajukan oleh Chakchai So-In dkk. Dalam tugas akhir ini algoritma eOCSA akan dibandingkan dengan salah satu algoritma yang pernah diajukan sebelumnya yaitu algoritma Ohseki. Sehingga diperoleh nilai persentase rata-rata throughput untuk eOCSA lebih tinggi dibandingkan dengan Ohseki dengan nilai throughput eOCSA yaitu 83.1 % sedangkan untuk Ohseki yaitu 74.95 %.

Kata kunci : WiMAX, OFDMA, Alokasi Sumber Daya, Pemetaan Dua Dimensi

1 Latar Belakang

Worldwide Interoperability for Microwave Acces atau Wimax adalah salah satu standar pada Broadband Wireless Access (BWA) yang diperkenalkan oleh Institute of Electrical and Electronic Engineering (IEEE). Dikenal dengan sistem IEEE 802.16x.

Implementasi teknologi ini bisa digunakan pada kondisi *Line Of Sight (LOS)* dan N-LOS. Keunggulan yang dimiliki WiMAX ini disebabkan karena penggunaan teknologi OFDM.

OFDM adalah teknik modulasi multicarrier yang banyak di terapkan pada sistem komunikasi berkecepatan tinggi seperti di DSL (Digital Subciber Line), WLAN (802.11 a/g/n), digital video broadcasting.

Pada teknologi WiMAX, teknologi modulasi yang digunakan untuk standar 802.16e adalah OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access). Di dalam OFDMA data harus dipetakan ke dalam sebuah matrix time-frequency sebelum benar-benar ditransmisikan.Keefesienan, pemakaian daya dan factor-faktor QOS (Quality Of Service) harus dipertimbangkan dalam algoritma pemetaan.

2 ALOKASI RESOURCE (SUMBER DAYA) PADA OFDMA

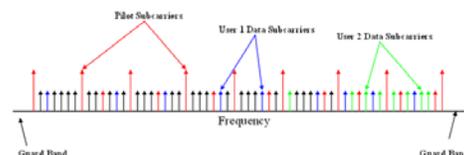
2.1 Pendahuluan

Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) adalah sebuah versi dari skema modulasi digital OFDM . *Multiple Access* ini bekerja

dengan mengalokasikan subbagian dari subkanal pada pengguna individual seperti ditunjukkan pada gambar . Dengan metode ini memungkinkan OFDMA melakukan transmisi data dengan kecepatan rendah untuk beberapa pengguna.

Pada komunikasi nirkabel, masalah yang dihadapi WiMAX adalah banyaknya pengguna pada daerah geografis yang sama yang meminta kecepatan data yang tinggi dengan bandwidth yang terbatas dan latency yang rendah. Teknik multiple access memungkinkan pengguna membagi bandwith yang tersedia dengan mengalokasikan beberapa bagian dari sumber daya yang tersedia pada masing-masing user.

OFDMA dapat juga dideskripsikan sebagai kombinasi dari domain frekuensi dan domain waktu dari akses jamak., dimana sumber daya di partisi dalam domain ruang waktu dan frekuensi, dan slot dialokasikan pada indeks symbol OFDM-TDMA dan juga pada indeks subkanal OFDM-TDMA. Gambar mengilustrasikan bagaimana prinsip kerja OFDMA



Alokasi Sumber Daya pada OFDMA

2.2 Orthogonalitas

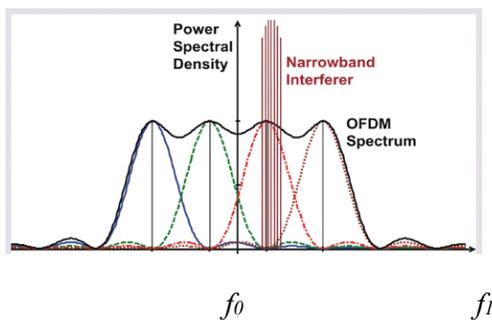
Sinyal-sinyal dikatakan orthogonal jika sinyal yang satu dengan yang lainnya berdiri sendiri (*mutually independent*). Istilah orthogonal didalam *Orthogonal Frequency Multiplexing* (OFDM) mengandung makna hubungan matematis diantara frekuensi-frekuensi yang digunakan. Dengan persamaan matematika, dua buah sinyal dikatakan orthogonal bila:

- Untuk sinyal waktu kontinu

$$\int_0^{T_s} \cos(2\pi n f_0 t) \times \cos(2\pi m f_0 t) dt = 0; n \neq m$$
- Untuk sinyal waktu diskrit

$$\int \sum_{k=0}^{N-1} \cos\left(\frac{2\pi k n}{N}\right) \times \cos\left(\frac{2\pi k m}{N}\right) = 0; n \neq m$$

Dimana T_s adalah periode symbol dan N adalah jumlah subcarrier. Pemakaian frekuensi yang saling orthogonal pada OFDM memungkinkan subcarrier yang satu dengan subcarrier yang lainnya saling overlap tanpa menimbulkan interferensi antar carrier (ICI). Keorthogonalan sinyal OFDM dapat dilihat pada spectrum frekuensi seperti terlihat dibawah pada gambar 3.2



f_{N-1}

Orthogonalitas OFDM

Secara matematis besarnya frekuensi subcarrier yang digunakan dapat dinyatakan sebagai:

$$f_k = f_0 + \frac{k}{T_s}; k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

Dari persamaan dapat diperoleh jarak setiap frekuensi subcarrier agar orthogonal minimal harus dipisahkan sejauh $1/T_s$ dan dapat dinyatakan sebagai:

$$\Delta f = \frac{1}{T_s}$$

Dimana : Δf adalah jarak antara frekuensi subcarrier

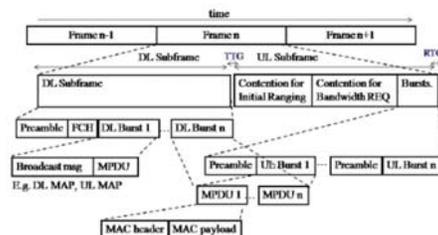
T_s adalah periode simbol

2.3 Kelebihan dari OFDMA

OFDMA pada dasarnya gabungan dari FDMA dan TDMA; pengguna secara dinamis dialokasikan subcarrier (FDMA) pada slot waktu yang berbeda (TDMA). Kelebihan dari OFDMA dimulai dari keuntungan OFDM-TDMA pengguna tunggal dalam hal ketahanan terhadap pengendalian *multipath* dan jamak fleksibel yang bisa mengakomodasikan beragam aplikasi yang luas, data rate dan ketentuan QoS. Karena sistem akses jamak ini diterapkan pada domain digital, sebelum operasi IFFT, alokasi bandwidth yang dinamis dan efisien dapat dimungkinkan. Hal ini dimungkinkan dapat di terapkan algoritma penjadwalan terhadap domain frekuensi dan waktu.

2.4 Struktur Frame dari OFDMA

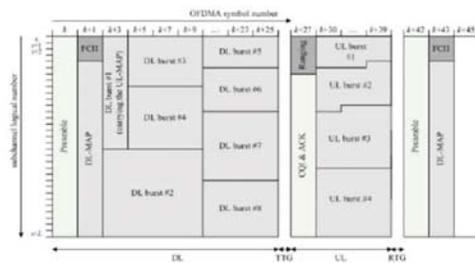
Struktur frame OFDMA berdasarkan standar IEEE.802 dapat dijelaskan secara logika dari gambar 3.3 dan 3.4 berikut ini. Setiap frame terdiri dari subframe downlink (DL) dan uplink (UL). Sebuah *preamble* biasanya digunakan sebagai sinkronisasi waktu. Downlink map (DL-MAP) dan uplink map (UL-MAP) mendefinisikan *burst-start time* dan *burst-end time*, tipe-tipe modulasi dan *forward error control* (FEC) untuk setiap MS. *Frame Control Header* mendefinisikan (FCH) panjang MAP dan subcarrier-subcarrier yang biasa digunakan. Alokasi MS berkenaan dengan burst. WiMAX mendukung beberapa MS didalam satu burst bertujuan mengurangi burst overhead. Setiap burst dapat berisi beberapa MAC protocol data unit (MPDUs). MPDUs adalah unit terkecil dari MAC pada layer fisik. Pada dasarnya setiap MPDU adalah sebuah frame MAC dengan MAC header (6 byte), subheader-subheader yang lain seperti *fragmentation*, *packing* dan *subheader grant management* (GM) jika dibutuhkan dan terakhir payload.



Struktur Frame dalam mode TDD

Karena media wireless, kondisi kanal selalu berubah setiap waktu. Oleh karena itu WiMAX mendukung *adaptif modulation* dan *coding* yaitu modulasi dan pengkodean dapat dirubah secara adaptif tergantung dengan kondisi kanal.

MS dan BS dapat melakukan perkiraan dan kemudian BS memutuskan modulasi dan skema pengkodean yang lebih efisien. *Channel Quality Indicator* (CQI) biasa digunakan untuk melewati informasi kondisi kanal. Gambar 4 juga menunjukkan celah TTG dan RTG. *Transmit-recvie Transition Gap* (TTG) terjadi ketika BS berubah dari transmit ke *receive mode* dan *Receive-transmit Transition Gap* (RTG) terjadi ketika BS dari receive ke transmit mode. MS juga mengg yang menggunakan celah-celah ini pada arah yang berlawanan.



Struktur Frame TDD OFDMA

2.5 Parameter OFDMA

Parameter-parameter pada WiMAX disimpulkan pada table dibawah ini:

Tabel adalah daftar parameter OFDMA untuk lebar kanal yang berbeda.

Parameter OFDMA untuk WiMAX

Parameters	Values						
	1.25	5	10	20	3.5	7	8.75
System bandwidth (MHz)	1.25	5	10	20	3.5	7	8.75
Sampling factor	28/25						
Sampling frequency (Fs) (Hz)	1.4	5.6	11.2	22.4	4	8	10
Sample time (1/Fs) (sec)	714.3	178.6	89.3	44.6	250	125	100
FFT size (NFFT)	128	512	1024	2048	512	1024	1024
Subcarrier spacing (Δf, kHz)	10.93		7.81		9.76		
Useful symbol time (Ts=1/Δf, μs)	91.4		128		102.4		
Guard time (Tg=Ts/3, μs)	11.4		16		12.8		

(μs)			
OFDMA symbol time (Ts=Ts+Tg, μs)	102.8	144	115.2

Tabel 3.1 adalah daftar parameter-parameter OFDMA dari beberapa lebar kanal. Hasil dari spasi subcarrier dan ukuran FFT (*Fast Fourier Transform*) sama dengan hasil dari bandwidth kanal dan faktor sampling. Contohnya untuk kanal 10 MHz, $10.93 \text{ kHz} \times 1024 = 10 \text{ MHz} \times (28/25)$. Pada tabel menunjukkan bahwa pada 10 MHz, waktu simbol

OFDMA 102.8 μs dan maka ada 48.6 simbol didalam 5 ms frame./Dalam hal ini 1.6 simbol digunakan untuk TTG dan 47 simbol untuk RTG. Jika n digunakan untuk downlink kemudian 47-n untuk uplink, slot DL menempati 2 simbol dan slot UL menempati 3 simbol, sehingga pembagian 47 simbol seperti 47-n adalah sebuah kelipatan dar 3 dan n adalah bentuk dari 2k+1.Rasio DL:UL =2:1, pertimbangan ini menghasilkan subframe DL ada 29 simbol dan subframe UL ada 18 simbol. Sehingga akan diperoleh total subframe DL terdiri dari $14 \times 20 = 420$ slot dan total subframe UL terdiri dari $6 \times 35 = 210$ slot

Jumlah Subcarrier didalam PUSC

Parameters	Values				
(a) DL					
System bandwidth (MHz)	1.25	2.5	5	10	20
FFT size	128	N/A	512	1024	2048
# of guard subcarriers	43	N/A	91	183	367
# of used subcarriers	85	N/A	421	841	1681
# of pilot subcarriers	12	N/A	60	120	240
# of data subcarriers	72	N/A	360	720	1440
(b) UL					
System bandwidth (MHz)	1.25	2.5	5	10	20
FFT size	128	N/A	512	1024	2048
# of guard subcarriers	31	N/A	103	183	367
# of used subcarriers	97	N/A	409	841	1681

Kapasitas Slot dari MCS

MCS	Bits per symbol	Coding Rate	DL Bytes per slot	UL bytes per slot
QPSK 1/2	2	0.125	1.5	1.5
QPSK 3/4	2	0.25	3	3
QPSK 5/6	2	0.5	6	6
QPSK 7/8	2	0.75	9	9
QAM-16 1/2	4	0.5	12	12
QAM-16 3/4	4	0.67	16	16
QAM-16 5/6	4	0.75	18	16
QAM-64 1/2	6	0.6	18	16
QAM-64 3/4	6	0.67	24	16
QAM-64 5/6	6	0.75	27	N/A

Konfigurasi Sistem WiMAX

Configurations	Downlink	Uplink
DL,UL Symbols excluding preamble	28	18
Ranging, CQI and ACK (column symbols)	N/A	3
# of symbol columns per Cluster ¹ , Tile ²	2	3
# of subcarriers per Cluster ¹ , Tile ²	14	4
Symbols × Subcarriers per Cluster ¹ , Tile ²	28	12
Symbols × Data Subcarriers per Cluster ¹ , Tile ²	24	8
# of pilots per Cluster ¹ , Tile ²	4	4
# of clusters ¹ , #Tiles ² per Slot	2	6
Subcarriers × Symbols per Slot	56	72
Data Subcarriers × Symbols per Slot	48	48
Data Subcarriers × Symbols per DL,UL Subframe	23,520	12,600
Number of Slots	420	175

¹Cluster for DL and ²Tile for UL

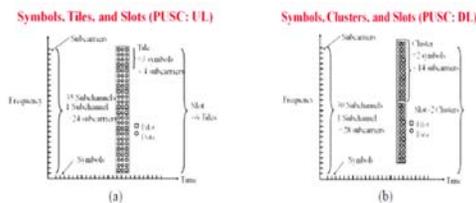
2.6 Skema Pengodean dan Modulasi OFDMA

Tidak seperti WiFi dan banyak teknologi selular lainnya yang menggunakan kanal-kanal dengan kelebaran yang tetap, WiMAX menggunakan hampir spektrum yang ada digunakan. Bandwidth kanal yang digunakan dari 1.25 MHz sampai 28 MHz. Kanal dibagi menjadi subcarrier yang sama besar. Contohnya 10 MHz dibagi menjadi 1024 subcarriers beberapa digunakan untuk transmisi data sedangkan yang lainnya di siapkan untuk memonitoring kualitas kanal (pilot subcarrier), untuk menyediakan zona aman (guard subcarrier)

diantara kanal-kanal, atau untuk digunakan sebagai frekuensi referensi (DC subcarrier).

Subcarrier data dan pilot dimodulasikan menggunakan satu dari beberapa MCS (Modulation and Coding Schemes) yang ada. *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) dan *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) adalah contoh dari metode-metode modulasi. Pengkodean kepada bit-bit *Forward Error Correction* (FEC). Oleh karena itu QAM-64 1/3 menunjukkan sebuah MCS dengan 8 bit (64 kombinasi) QAM memodulasikan symbol 1/3 dari data.

Didalam jaringan selular, arah downlink *Base Station* (BS) menuju *Mobile Station* (MS) dan arah uplink (MS ke BS) menggunakan frekuensi yang berbeda. Hal ini dinamakan *frequency division duplexing* (FDD). WiMAX menggunakan FDD tapi juga menggunakan TDD yang mana downlink (DL) dan uplink (UP) membagi frekuensi sama tetapi bergantian pada waktunya. Transmisi WiMAX terdiri dari frame-frame seperti gambar dibawah ini:



Symbol, Tile, Cluster dan Slot

Subframe DL dan subframe UL dipisahkan oleh sebuah TTG (*transmit to transmit gap*) dan RTG (*receive to transmit gap*). Sebuah frame diperlihatkan dalam dua dimensi dimana arah vertical untuk frekuensi dan horizontal untuk waktu.

Didalam OFDMA setiap MS dialokasikan pada bagian kecil dari subcarrier. Subcarrier-subcarrier yang ada dikelompokkan menjadi beberapa subkanal dan MS dialokasikan satu atau lebih subkanal untuk sejumlah simbol tertentu. Ada beberapa cara untuk mengelompokkan subcarrier didalam subchannel, yang banyak digunakan adalah *Partially Used Subchannelization* (PUSC). Didalam PUSC, subcarrier membentuk sebuah subchannel diseleksi secara acak dari semua subcarrier yang ada. Sehingga untuk membentuk sebuah subkanal tidak boleh menggunakan frekuensi yang berdekatan.

Pelanggan menggunakan variable "slot" didalam downlink dan uplink. Definisi tepatnya dari slot tergantung metode subkanalisasi dan arah transmisi (DL atau UL). Gambar 3.5 menunjukkan formasi slot untuk PUSC. Pada arah uplink, sebuah

slot terdiri dari 6 tile dimana setiap tile terdiri dari 4 subcarrier yang berisi masing-masing 3 symbol time. Kombinasi symbol dari 12 subcarrier tsb yaitu 4 biasanya digunakan untuk pilot dan 8 untuk data. Oleh karena itu sebuah slot terdiri dari 24 subcarrier dikalikan 3 symbol time. Untuk Bandwidth 10 MHz ada 1024 subcarrier dari 35 subkanal UL. Formasi slot untuk berbeda seperti yang diperlihatkan pada gambar. Pada arah downlink, slot terdiri dari 2 cluster dimana setiap cluster terdiri dari 14 subcarrier yang masing-masing berisi 2 simbol waktu. Jadi sebuah slot terdiri dari 28 subcarrier dengan tiapnya 2 simbol panggil sebuah subkanal menghasilkan 30 subkanal downlink dari 1024 subcarrier pada 10 MHz.

2.7 Teknik Alokasi Resource pada OFDMA

Didalam mode OFDMA standar IEEE 802.16, bandwidth spektrum yang ada di dalam suatu frame dibagi menjadi beberapa subcarrier orthogonal. Subcarrier-subcarrier ini di kelompokkan kedalam subkanal logic, untuk mempermudah dalam hubungan dengan pelanggan yang berbeda. Penggabungan antara subcarrier fisik dan subkanal logic dinamakan mode permutasi.

Mode permutasi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Mode distributed permutation (PUSC, FUSC)
- Subkanal-subkanal logic dibangun dari subcarrier-subcarrier yang didistribusikan sepanjang spectrum frekuensi yang ada. Perbedaan kanal ini mengurangi efek dari fast fading dari lingkungan mobile. Juga rata-rata Signal-to-Noise-Ratio (SNR) secara praktis sama untuk semua subkanal, sehingga subkanal tsb cukup memadai untuk semua transmitter.
- Mode Adjacent Permutation (seperti AMC-band)

Subkanal dibangun dari subcarrier yang berdekatan secara fisik. Sehingga SNR antar pelanggan sangat berbeda.

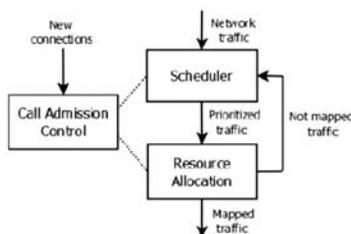
IEE 802.16 mendefinisikan algoritma pemetaan untuk traffic uplink (SS ke BS). Sedangkan aturan pemetaan downlink (BS ke SS) tidak dispesifikasikan, hal ini menurut perbedaan masing-masing manufaktur.

Transmisi didalam OFDMA dilakukan didalam sebuah dasar frame waktu. Frame dibagi menjadi dua subframe: DL subframe dan UL subframe. DL subframe berawal dari sebuah *preamble*, yang dibutuhkan untuk mensinkronisasi SS. Setelah itu BS mentransmisikan DL- message yang berisi sejumlah variable *Information Element* (IE). Setiap IE menspesifikasikan posisi dan ukuran

wilayah data tertentu, disebut sebagai sebuah burst. Posisi dan ukuran dari sebuah burst berhubungan pada koordinat-koordinat dari matrix OFDMA, yang memiliki dimensi symbol waktu (x-axis) dan subkanal-subkanal frekuensi (y-axis). Ruang yang tersisa ditempati oleh wilayah data baru.

2.8 Gambaran Arsitektur QOS IEE 802.16

Jaringan WiMAX dibangun oleh dua tipe node yang berbeda. Base Station (BS) dan Subscriber Station (SS). Base Station bertanggung jawab penuh dalam memberikan keputusan pada sistem. Keputusan-keputusan tsb termasuk *call admission control*, *scheduling* dan *resource allocation*. Seperti yang terlihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 3.6 Arsitektur QOS pada WiMAX

Call admission Control (CAC) menentukan apakah hubungan baru diterima atau ditolak berdasarkan kapasitas sistem yang ada, supaya tidak mengganggu kebutuhan QOS dari hubungan yang sebelumnya.

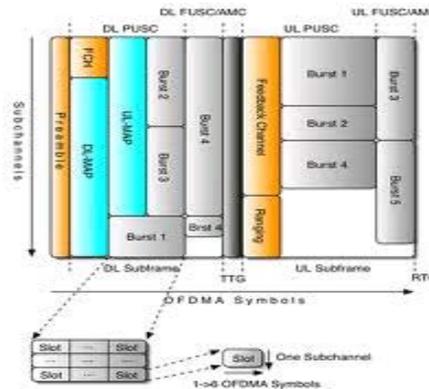
Setelah hubungan diterima, traffic jaringan harus secara tepat memprioritaskan menurut aturan penjadwalan tertentu. Aturan penjadwalan ini seharusnya dapat menjamin kebutuhan QOS.

Sekali lagi trafik diutamakan, proses tambahannya adalah alokasi sumber daya, jika menggunakan OFDMA. Didalam mode fisik, traffic jaringan harus secara logis dipetakan kedalam matrix waktu-frekuensi sebelum ditransmisikan melalui medium wireless. Setelah langkah ini dilakukan, beberapa trafik ada yang tidak bisa dipetakan (tidak muat didalam matrix), maka harus dikembalikan ke penjadwal untuk mentransmisikannya di frame selanjutnya.

2.9 Masalah Pemetaan Burst Downlink

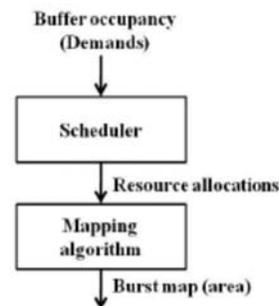
Tidak seperti alokasi sumber daya uplink, menggunakan pemetaan garis horizontal, pemetaan burst downlink membutuhkan sebuah bentuk persegi. Teknik yang digunakan adalah OFDMA supaya mendapatkan data rate yang tinggi, jarak yang jauh dan mobilitas yang tinggi. Pada dasarnya prinsip

kerja teknik OFDMA yaitu kanal yang masuk dibagi menjadi beberapa subcarrier. Sejumlah subcarrier dikelompokkan menjadi sebuah subkanal. Kemudian setiap MS diberikan sekelompok subkanal untuk beberapa symbol waktu OFDMA seperti gambar berikut



Struktur Frame OFDMA

Penjadwalan sumber daya downlink dapat dilakukan dalam dua langkah. Pada langkah pertama, penjadwal memutuskan alokasi (jumlah slot untuk dialokasikan) kepada tiap SS (subscriber station). Hal ini dilakukan tanpa adanya kendala bentuk dan berdasarkan semata-mata pada permintaan (jumlah paket yang dikirim kepada suatu BS), kapasitas (jumlah slot yang ada) dan *quality of service* (QOS) kemudian dipetakan pada area burst.



Dua Langkah Alokasi Downlink

Pada langkah kedua adalah menggunakan batas area untuk menunjukkan ukuran sebenarnya dan lokasi dari burst yang berbentuk persegi. Masalah pemetaan dua dimensi adalah suatu variasi dari *bin packing problem*, yang mana sebuah bin yang harus diisi dengan benda-benda. Suatu bin bisa dua atau lebih dimensi, namun masalahnya pada bentuk benda yang akan dimuat didalam bin yang diberikan,

misalkan benda-benda yang berbentuk lingkaran di muatkan didalam lingkaran, benda-benda yang berbentuk segitiga didalam dilngkaran , benda-benda kotak didalam persegi empat dan seterusnya.

Bin Packing problem dikenal sebagai *NP-Complete* , yaitu masalah kerumitan dalam komputerisasi dengan jumlah dari object.

Didalam IEE 802.16e WiMAX, pemetaan burst downlink dua dimensi dapat ditetapkan sebagai berikut:

1. Bentuk segiempat yang tetap *Bin (B)* dimana lebar *W* dan tinggi *H*. Sehingga *Bin (B)* sama dengan $W \times H$.
2. Diberikan sejumlah $n \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ dimana b_i memiliki sebuah area A_i
3. Kita harus menentukan bentuk segiempat untuk lebar W_i dan tinggi H_i dimana $A_i \leq W_i \times H_i$
4. Lebar $W_i \leq W$ untuk semua i , sama tinggi $H_i \leq H$ untuk semua i
5. W_i, H_i, W dan H adalah integer
6. Jika $A_i < W_i \times H_i$, ruang extra $W_i \times H_i - A_i$, adalah pemborosan, juga ruang yang berlebih $A - A_i$ bisa digunakan jika tidak ada lagi alokasi yang bisa dimuat.
7. Tujuannya adalah memperkecil area yang tidak digunakan dan berlebih yaitu $W \times H - \sum A_i$.

2.10 Pertimbangan Pemilihan Algoritma Pemetaan Burst Downlink

Berdasarkan IEEE802.16 WiMAX, banyak proposal yang sudah memperkenalkan pendekatan-pendekatan algoritma *heuristic* berdasarkan banyak factor. Secara umum ada empat pertimbangan dalam mendesain algoritma pemetaan ini:

1. Pemetaan sumber daya seharusnya memaksimalkan *throughput* dan meminimalkan *space* alokasi yang berlebih dan yang tidak dipakai.
2. Algoritma pemetaan seharusnya simple dan cepat supaya jumlah pengguna dan burst yang besar bisa ditangani secara efisien.
3. Algoritma seharusnya peduli dengan komponen-komponen variable dari DL-MAP dan UL-MAP. Variabel ini terdiri dari profil setiap burst dan karenanya tergantung dari jumlah burst.
4. Pemetaan sumber daya dapat memperkecil pemakaian energi pada MS, karena selama penerimaan burst MS harus aktif.

Tabel berikut menerangkan beberapa algoritma pemetaan burst downlink yang pernah diajukkan :

Tabel 3.5 Proposal Pemetaan *Rectangular* Dua Dimensi untuk Downlink pada Jaringan WiMAX

	Algorithm Descriptions	Pros	Cons	Complexity
Yehuda Ben-Shimol <i>et al</i> [36] (Raster Algorithm)	Assign the resource allocation row by row with largest resource allocation first	Simple	Lack of detailed explanation of how to map the resource to unused space in a frame when its size span over multiple rows Do not consider a variable part of DL-MAP	N/A
Takeo Ohsaki <i>et al</i> [37]	Allocate in time domain first and then frequency domain (left to right and top to bottom)	Allow burst compaction if there are more than one bursts that belong to the same physical node	Do not consider the unused space Do not consider a variable part of DL-MAP	$O(N)$; $O(Search)$; $O(Compact)$
Claude Desset <i>et al</i> [38]	Apply the binary-tree full search algorithm	Optimize frame utilization	Support only 8 users at maximum Do not consider a variable part of DL-MAP	N/A
Andrea Baccioccola <i>et al</i> [39]	Allocate from right to left and bottom to top	Optimize frame utilization Consider a variable part of DL-MAP	Map a single allocation into multiple rectangular areas that may increase the DL-MAP element overhead	N/A

Pemetaan dua dimensi OFDMA pertama kali diperkenalkan oleh Yehuda Ben-Shimol dan rekan-rekannya. Algoritmanya simple dengan memberikan alokasi sumber daya baris per baris dengan mengalokasikannya pada lebar yang paling besar. Tidak ada penjelasan yang detail bagaimana memetakan sumber daya pada ruang yang tidak terpakai didalam sebuah frame.

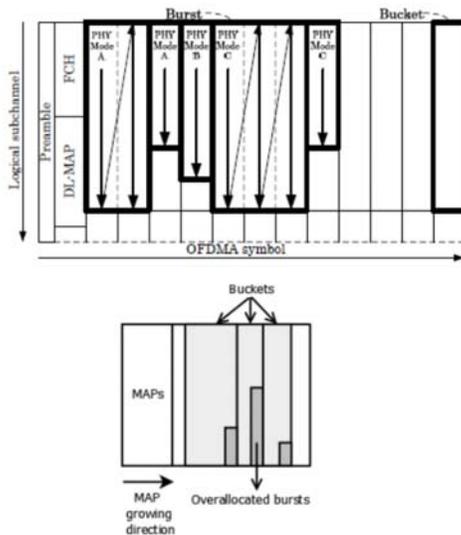
Algoritma pemetaan yang lain diperkenalkan oleh Takeo Ohsaki dan rekan-rekan. Pemetaan ini pada dasarnya mengalokasikan didalam domain waktu pertama dan kemudian domain frekuensi (kiri kekanan dan atas kebawah). Algoritma ini tidak mempertimbangkan ruang yang tidak terpakai, dengan tidak mempertimbangkannya berarti akan mengurangi *throughput*.

Claude Desset dan rekan-rekan memperkenalkan algoritma hanya bisa mendukung maksimum 8 pelanggan untuk pemetaan burst didalam bentuk persegi. Pemetaan ini tidak mempertimbangkan variasi yang mungkin bisa dipetakan dari pasangan burst tertentu.

Baccioccola memperkenalkan sebuah algoritma yang mengalokasikan dari kanan ke kiri dan bawah ke atas. Namun algoritma ini memetakan satu alokasi untuk banyak frame sehingga akan meningkatkan overhead DL MAP.

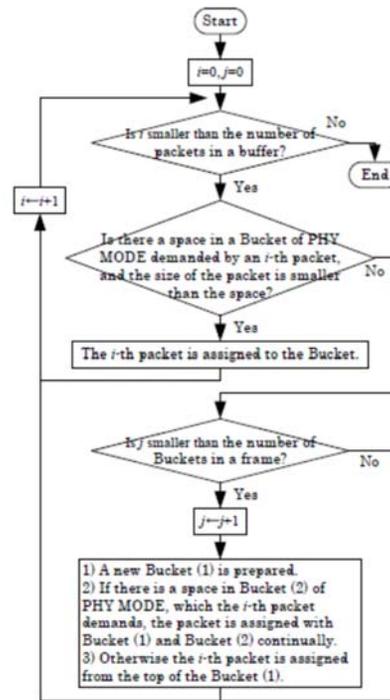
2.11 Algoritma Pemetaan Burst Downlink Algoritma Takeo Ohseki

Tujuan dari algoritma ini adalah mengurangi jumlah burst dengan mengelompokkan data dari pelanggan yang berbeda, tetapi memiliki *Modulation and Coding Scheme* (MCS) yang sama. Hal ini dilakukan dengan mengalokasikan wilayah-wilayah data yang disebut *bucket*. Sebuah bucket berawal dari satu baris burst (nilai lebar yang minimal) lalu ke baris selanjutnya, jika ada alokasi yang baru dengan *Modulation and Coding Scheme* (MCS) yang sama dibutuhkan ruang extra untuk memuatkannya. Karena pada awalnya setiap MCS mengalokasikan semua baris, sehingga hal ini menyebabkan kelebihan burst yang dialokasikan. Namun DL Burst bisa dikurangi dengan menggabungkan bucket-bucket yang memiliki MCS yang sama dan akhirnya menjadi satu downlink burst.



Contoh Pemetaan Burst Downlink Algoritma Ohseki

Gambar di atas menunjukkan sebuah contoh pembentukan busrt downlink menggunakan *bucket*. Prosedur kerjanya bisa dilihat pada flowchart dibawah ini.



Flowchart Pembentukan Burst dan Packet Algoritma Pemetaan

2.12 Algoritma eOCSA

Efficient One Column Striping with non-increasing Area first (eOCSA) yang bertujuan untuk memaksimalkan *throughput* dengan memperkecil ruang yang tersisa (*unused space*) dan megoptimalkan pemakaian energi pada SS (*Subscriber Station*) dengan memperkecil lamanya waktu terima SS. eOCSA adalah sebuah algoritma pemetaan baru dimana prinsip disainnya terdiri dari 4 langkah sbb:

1. Alokasi sumber daya (A_i), disusun dari yang bernilai besar ke kecil dan dipilih terlebih dahulu yang bernilai besar.
2. Pemetaan vertical, terdiri dari pemetaan alokasi sumber daya ini ke subframe DL. Diberikan sebuah area A_i , algoritma memetakan pasangan lebar-tinggi (W_i, H_i) untuk sebuah burst sbb:

$$W_i = \lceil A_i/H \rceil$$

$$H_i = \lceil A_i/W_i \rceil$$

H adalah tinggi maksimum ada pada subframe downlink, dengan bandwidth 10 MHz pada WiMAX mobile mendapatkan jumlah H adalah 30 subkanal, hal ini membuat wilayah yang dipetakan lebih besar dari alokasi yang dibutuhkan ($W_i \times H_i \geq A_i$) dan bentuk persegi memiliki kemungkinan lebar yang minimum sehingga bisa mengecilkan masa aktif MS dan energy.

3. Pemetaan Horizontal , setelah alokasi sumber daya dipetakan pada subframe DL, kemungkinan masih ada ruang yang tersisa atau belum dialokasikan(yang dikenal dengan sebuah *strip*). Algoritma eOCSA mencoba memberikan element yang terbesar selanjutnya untuk dialokasikan,yang bisa muat di ruang tsb.Pada langkah ini lebar wilayah tetap dan biasanya untuk menentukan tinggi yang dibutuhkan untuk element yang terbesar selanjutnya dapat dimuat pada wilayah berikut:

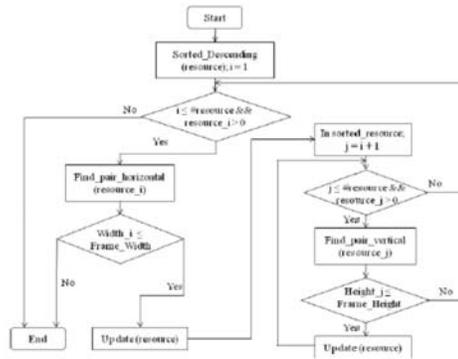
$$A_j < W_i \times H_o ; H_o = H - H_i$$

$$H_i = \lfloor A_j / W_i \rfloor$$

$$W_j = \lfloor A_j / H_j \rfloor$$

H_o adalah tinggi maksimum yang ada didalam *strip*.Langkah ini di ulang sampai tidak ada alokasi yang akan di muat di ruang yang ada.

4. Jika tidak ada alokasi lagi, kita kembali ke langkah 2 dan memilih alokasi yang terbesar untuk dipetakan ke subframe downlink. Prosesnya bergerak secara vertical dan horizontal dari kiri kekanan dan dari atas ke bawah seperti gambar 3.11 berikut:



Flow Chart Algoritma Pemetaan Burst eOCSA

```

sorted_allocations = Sort(resource_allocations) //1st step
FOR each unmapped element in sorted_allocations //2nd step
  Map_to_Subframe(&start_strip_i,&end_strip_i,&height_i)
  FOR each unmapped element in sorted_allocations //3rd step
    Map_to_Strip_Horizontally(&start_sub_strip_j,&end_sub_strip_j,
    &sub_height_j,start_strip_i,end_strip_i,height_i)
    FOR each unmapped element in sorted_allocations //4th step
      Map_to_Strip_Vertically(start_sub_strip_j,end_sub_strip_j,
      sub_height_j,&sub_height_k)
    END FOR
  END FOR
END FOR
FOR each unmapped element in sorted_allocations //5th step
  Map_to_first_found_space(sorted_element_i)
END FOR
    
```

Langkah-Langkah Algoritma eOCSA

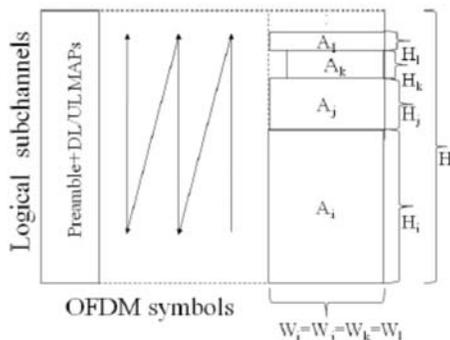
3 ANALISA PERBANDINGAN ALGORITMA eOCSA DAN TAKEO OHSEKI

3.1 Pendahuluan

Algoritma eOCSA dan Takeo Ohsaki adalah dua algoritma *heuristic* yang pernah di ajukan sebagai acuan dalam mengatur pemetaan alokasi sumber daya dalam Subframe Downlink (DL) pada WiMAX mobile, namun algoritma eOCSA yang di kenalkan oleh Chakchai So-In dan algoritma Takeo Ohsaki yang dikenalkan oleh Takeo Ohsaki memiliki perbedaan dalam hal prinsip kerja.

Algoritma eOCSA melakukan pemetaan berawal dari bawah ke atas dan dari kiri ke kanan dengan tidak memperhatikan (*Modulation and Coding Scheme*) MCS yang sama namun sangat memperhatikan area-area yang tidak digunakan (unused space) . Alokasi sumber daya disusun dari alokasi sumber daya yang terbesar sampai terkecil, dimana yang memiliki kombinasi pasangan lebar yang bernilai terkecil yang dipilih dengan tujuan untuk memperkecil masa aktif MS dan pemakaian daya.

Sedangkan Algoritma Takeo Ohsaki melakukan pemetaan berawal dari kiri ke kanan dahulu yang memiliki pasangan pemetaan yang



Contoh Pemetaan Burst

Downlink menggunakan eOCSA

Gambar 3.12 menunjukkan flowchart algoritma eOCSA dan *code pseudo* yang menunjukkan jaringan dari beberapa langkah dari algoritma eOCSA yang digambarkan pada gambar 3.13.

memiliki lebar terkecil, setelah itu dari atas ke bawah dengan tidak memperhatikan area-area yang tidak terpakai. Alokasi-alokasi sumber daya yang memiliki MCS yang sama akan digabungkan dalam hal ini yang dinamakan *bucket*.

Dalam proyek akhir ini akan dibahas mengenai area-area yang tidak terpakai (*Unused space*), alokasi yang berlebih (*over allocation slot*) dan additional column dimana dengan berkurangnya nilai ketiga hal tersebut dapat memaksimalkan *throughput*.

3.2 Contoh Kasus

Pada proyek akhir ini akan di berikan sebuah kasus dengan jumlah MS (Mobile Sation) ada 5 MS (A1, A2, A3, A4, A5) dengan alokasi sumber daya yang diberikan berbeda dari 1 sampai 360 slot, untuk menerangkan algoritma eOCSA dan Takeo Ohsaki.

Subframe Downlink diasumsikan ada 360 slot dihasilkan dari 12 time domain x 30 frekuensi domain, dimana dua slot kolom dalam DL subframe digunakan untuk FCH, DL-MAP dan UL-MAP, sisa 12 kolom untuk data burts.

Perbedaan yang akan di lihat pada dua algoritma ini adalah pada ruang yang tidak terpakai (*unused space*), kelebihan alokasi slot (*over allocation slots*) dan *additional column* (penambahan kolom)

3.3 Algoritma eOCSA

Berikut tabel alokasi sumber daya dan pasangan W_i dan H_i yang mungkin bisa untuk mengalokasikan sumber daya,

Contoh Alokasi Sumber Daya Algoritma eOCSA

MS	A1	A2	A3	A4	A5
Alokasi (Slot)	250	6	12	38	47
pemetaan (Lebar, Tinggi)	9x28	1x6 2x3	1x12 2x6 3x4	2x19	2x24
Kelebihan Alokasi	2	0	0	0	1

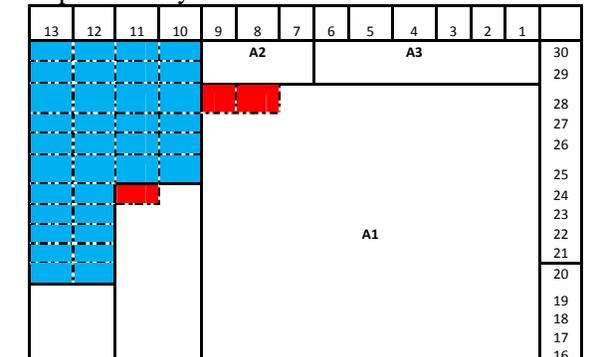
Penjelasannya sbb:

1. Algoritma menyusun semua alokasi sumber daya dengan urutan yang memiliki nilai alokasi yang terbesar sampai terkecil. Sehingga dihasilkan urutan A1, A5, A4, A3 dan A2 secara

berurutan. Pemetaan area subframe

2. downlink dilakukan dari bawah keatas dan dari kanan kekiri.
3. Alokasi sumber daya yang terbesar adalah A1 yang bernilai 250, pasangan pemetaan yang dipilih adalah 9x28 yang diperoleh dari hasil rumus :
 $W_i = [A_i/H]$ $H_i = [A_i/W_i]$
 $W_i = [250/30] = 9$ (dibulatkan ke atas)
 $H_i = [250/9] = 28$ (dibulatkan keatas)
4. Dari pemetaan ini menghasilkan alokasi slot yang berlebih 2 slot karena $9 \times 28 = 252$ sedangkan slot yang dialokasi sebesar 250. Juga menyisakan 9x2 slot. Algoritma lalu mencari pasangan alokasi yang bisa di petakan pada wilayah sebesar 9x2. Pasangan yang mungkin adalah pada MS A3 dan A2 sehingga tidak lagi menyisakan slot. Algoritma melanjutkan pemetaan ke kiri dengan mencari alokasi tertinggi lainnya.
5. Alokasi tertinggi selanjutnya adalah A5 yang bernilai 47. Pasangan pemetaan yang dipilih adalah 2x24 yang diperoleh dari rumus:
 $W_i = [A_i/H]$ $H_i = [A_i/W_i]$
 $W_i = [47/30] = 2$ (dibulatkan keatas)
 $H_i = [47/2] = 24$ (dibulatkan keatas)

Pemetaan ini menghasilkan area yang tidak terpakai sebesar $2 \times 6 = 12$ slot. Algoritma lalu mencari pasangan pemetaan yang mungkin bisa dimuatkan, karena tidak ada maka algoritma akan melanjutkan ke proses berikutnya.



			15
			14
			13
			12
			11
			10
			9
			8
			7
			6
			5
			4
			3
			2
			1

Hasil Pemetaan Algoritma eOCSA

6. Jadi total jumlah slot yang tidak digunakan adalah $(2 \times 2) + (2 \times 6) + (1 \times 1) = 16$ slot. Persentase perbandingan dengan total slot adalah $(16/390) \times 100\%$ (penambahan 1 kolom sebesar 30 slot) = 4% . Sedangkan jumlah alokasi slot yang berlebih adalah $2 \times 1 = 2$ slot. Persentase perbandingan dengan total slot adalah $(2/390) \times 100\% = 0,5\%$ dan ada penambahan satu kolom sebesar 30 slot. Karena slot-slot yang tersisa dan berlebih dianggap suatu pemborosan sehingga diperoleh efisiensi algoritma eOCSA adalah $[390 - (16 + 2)/390] \times 100\% = 95,3\%$

Untuk hasil dari alokasi sumber daya selanjutnya bisa dilihat di lampiran. Jumlah alokasi sumber daya pada percobaan ini 1 sampai 20. Asumsi bahwa setiap MS membutuhkan hanya satu burst. Alokasi sumber daya untuk setiap MS diberikan secara acak dari range 1 sampai 360.

Berikut tabel hasil percobaan yang memberikan informasi mengenai slot-slot yang tersisa dan alokasi slot yang berlebih.

Hasil Percobaan Menggunakan Algoritma eOCSA

ΣMS	Unused Slot	Over Allocation Slot	% Unused Slot	% Over Allocation Slot	Additional Column	% Throughput
1	270	1	75	0.27	0	24.7
2	117	6	32.5	1.6	0	64
3	146	2	40.5	0.5	0	58.8
4	73	10	10	1.4	11	87.9
5	34	3	8.7	0.7	1	90
6	34	6	7	1.25	4	91.7
7	31	7	8	2	2	91
8	58	5	10	1	8	90
9	43	12	8	2	8	91
10	111	6	17	1	10	83
11	96	8	14	2	11	85
12	118	3	15	1	15	86
13	107	5	14.3	0.6	13	85
14	69	14	6.8	1.37	22	92
16	138	7	11.8	0.6	27	87.6
17	83	18	7	1.5	27	91.4
18	83	19	6.2	1.4	32	92.3
19	82	22	4.5	1.3	32	93.8
20	155	30	8.8	1.7	47	89.5
Total	1972	200	316.6	25.44	294	1661.7

Dari tabel diatas diperoleh data-data berikut :
 % rata-rata unused slot = $316.6/20 = 15.83\%$

% rata-rata over allocation slot = $25.44/20 = 1.27\%$

Rata-rata jumlah penambahan kolom = $294/20 = 14.7$ kolom

% Rata-rata efisiensi algoritma eOCSA = $1661.7/20 = 83.1\%$

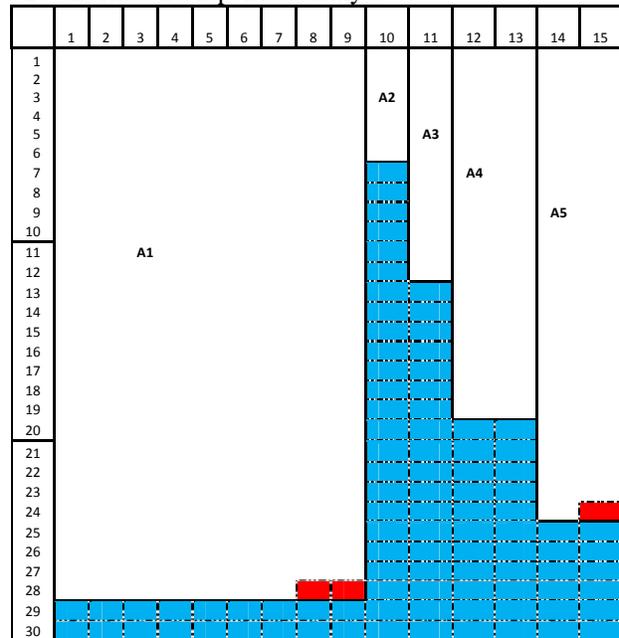
3.4 Algoritma Takeo Ohsaki

Berikut diberikan 5 alokasi sumber daya yang akan dipetakan didalam subframe DL dengan menggunakan algoritma Takeo Ohsaki.

Alokasi Sumber Daya Algoritma Ohsaki

MS	A1	A2	A3	A4	A5
Alokasi (Slot)	54	72	230	5	8
Pasangan pemetaan (Lebar, Tinggi)	2x27 3x18 4x14	3x24 4x18	8x29 9x26	1x5 5x1	1x8 2x8 8x1
Kelebihan Alokasi	0	0	2	0	0

1. Algoritma memetakan alokasi sumber daya yang ada dengan mengambil pasangan pemetaan yang memiliki lebar terkecil
2. Berikut hasil pemetaannya:



Hasil Pemetaan Algoritma Ohsaki

3. Maka dari hasil pemetaan algoritma ohseki di atas diperoleh :

- Penambahan kolom sebanyak 90 slot
- Kelebihan slot alokasi 3 slot (yang berwarna merah) dari A1 terdapat 2 slot dan A5 terdapat 1 slot, maka % over alokasi sebagai berikut : $(3/450) \times 100 \% = 0.7 \%$
- Slot yang tidak terpakai 84 slot (yang berwarna biru) dari A1 terdapat 18 slot, A2 terdapat 23 slot, A3 terdapat 18 slot, A4 terdapat 22 slot dan A5 terdapat 12 slot, maka % slot yang tidak terpakai sebagai berikut : $(84/450) \times 100 \% = 18.7 \%$
- % efisiensi algoritma dapat diperoleh sebagai berikut :
- $[450 - (3 + 84)] / 450 \times 100 \% = 80.7 \%$

Untuk hasil dari alokasi sumber daya selanjutnya bisa dilihat di lampiran. Jumlah alokasi sumber daya pada percobaan ini 1 sampai 20 MS. Asumsi bahwa setiap MS membutuhkan hanya satu burst. Alokasi sumber daya untuk setiap MS diberikan secara acak dari range 1 sampai 360.

Berikut tabel hasil percobaan yang memberikan informasi mengenai slot-slot yang tersisa , alokasi slot yang berlebih dan penambahan kolom.

Hasil Percobaan Menggunakan Algoritma Ohseki

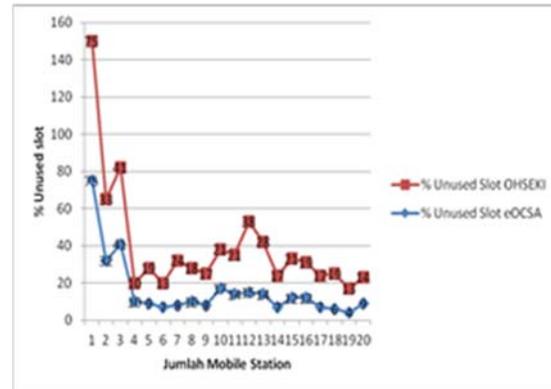
ΣMS	Unused Slot	Over slot	% Unused Slot	% Over Allocation Slot	Addl Column	% throughput
1	270	1	75	0.27	0	24.7
2	117	6	32.5	1.6	0	64
3	146	2	40.5	0.5	0	58.88
4	73	10	10	1.4	11	87.9
5	84	3	18.7	0.7	3	80.7
6	72	6	12.6	1	7	86
7	113	7	23.5	1.5	4	75
8	117	5	17.7	0.7	10	81.5
9	110	12	16.66	1.81	10	81.51
10	153	6	21.25	0.83	12	77.91
11	156	9	20.8	1.2	13	78
12	147	3	37.70	0.77	1	61.53
13	217	5	27.82	0.64	14	71.54
14	192	14	16.84	1.23	26	81.93
15	257	19	21.42	1.58	28	77
16	247	8	19.15	0.62	31	80.23
17	237	18	17.55	1.33	33	81.11
18	295	14	19.3	1	39	79.8
19	247	22	13	1.16	51	85.8
20	276	30	14.4	1.56	62	84
Totall	3526	200	476.39	21.4	355	1499

Dari tabel diatas diperoleh data-data berikut :

- % rata-rata unused slot = $476.39/20 = 23.82 \%$

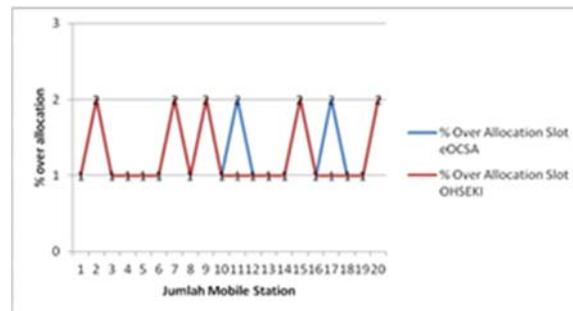
- % rata-rata over allocation slot = $21.4/20 = 1.07 \%$
- Rata-rata jumlah penambahan kolom = $355/20 = 17.75$ kolom
- % rata-rata efisiensi algoritma Ohsaki = $1499/20 = 74.95 \%$

Dari tabel algoritma eOCSA dan Ohseki diatas akan diperoleh grafik sebagai berikut :



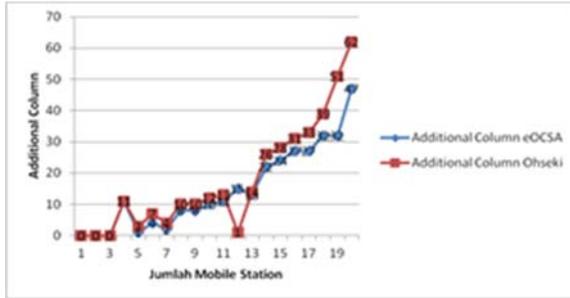
Perbandingan % unused slot pada eOCSA dan Ohseki

Untuk perbandingan jumlah MS dengan unused slot pada eOCSA cenderung menurun dengan nilai rata-rata 15.83 %, jika dibandingkan dengan algoritma Ohseki yang cenderung naik dengan nilai rata-rata 23.82 %. Hal ini dikarenakan prinsip kerja Ohsaki yang tidak mempertimbangkan adanya unused slot, karena hanya menyusun alokasi pada arah horizontal saja, sedangkan algoritma eOCSA menyusun alokasi pada arah vertical dan horizontal.



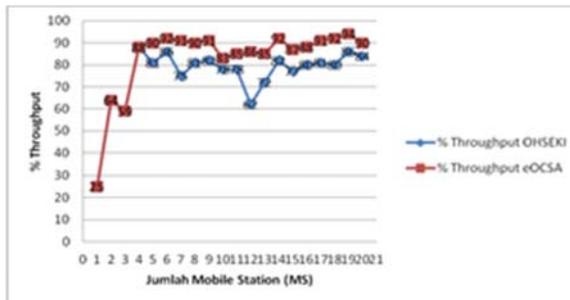
Perbandingan % over alokasi eOCSA dan Ohseki

Untuk perbandingan jumlah MS dengan alokasi slot yang berlebih untuk kedua algoritma cenderung sama yaitu algoritma eOCSA 1,27 % dan algoritma Ohseki 1.07 % jadi rata-rata alokasi yang berlebih pada kedua algoritma adalah satu slot saja.



Perbandingan penambahan kolom pada eOCSA dan Ohseki

Untuk penambahan kolom pada kedua algoritma, dimana algoritma Ohseki cenderung naik sehingga didapat nilai rata-rata penambahan 17.75 kolom, masih besar jika dibandingkan dengan algoritma eOCSA rata-rata penambahan 14.7 kolom tiap MS. Jumlah penambahan kolom yang terlalu besar akan menambah delay dalam pemetaan selanjutnya.



Perbandingan % throughput pada eOCSA dan Ohseki

Sehingga diperoleh nilai persentase rata-rata *throughput* untuk eOCSA lebih tinggi dibandingkan dengan Ohseki dengan nilai *throughput* eOCSA yaitu 83.1 % sedangkan untuk Ohseki yaitu 74.95 %.

4 KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan efisiensi algoritma pemetaan eOCSA dan Ohseki pada teknologi WiMAX Mobile dengan menggunakan teknologi OFDMA dapat diambil kesimpulan :

1. Algoritma pemetaan eOCSA lebih efisien dalam penggunaan slot didalam OFDMA, slot-slot yang tersisa (unused slot) rata-rata 15.83 % di bandingkan algoritma Ohseki yang cenderung tinggi dengan rata-rata 23.82 %
2. Dengan jumlah Mobile station yang sama dan alokasi yang sama untuk kedua algoritma pemetaan, penambahan kolom untuk algoritma

Ohseki cenderung lebih besar yaitu 17.75 kolom rata-rata penambahan, dibandingkan algoritma eOCSA yaitu 14.7 kolom.

3. Dibandingkan algoritma pemetaan Ohseki, algoritma pemetaan eOCSA lebih efisien yaitu 83.1 %.

Teori eOCSA memiliki kelebihan dibandingkan dengan Ohseki dari sisi unused slot eOCSA lebih sedikit dibandingkan dengan Ohseki, penambahan kolom pada eOCSA lebih kecil sehingga eOCSA lebih scapat pengiriman data, sehingga kualitas algoritma eOCSA lebih bagus dari pada Ohseki.

DAFTAR PUSTAKA

- So-In, Chakcai., and Al-Tamimi, Abdoel Karim. 2010. *Resource Allocation in IEEE 802.16 Mobile WiMAX*. USA: Washington University
- So-In, Chakcai., and Al-Tamimi, Abdoel Karim. 2010. *eOCSA: An Algorithm for Burst Mapping with Strict QoS Requirements in IEEE 802.16e Mobile Wimax Networks*. USA: Washington University.
- So-In, Chakcai., and Al-Tamimi, Abdoel Karim. 2008. *eOCSA: An Algorithm for Burst Mapping in IEEE 802.16e Mobile Wimax Networks*. USA: Washington University.
- Del-Castillo, Juan I. et al. 2010. *OFDMA Resource Allocation in: A performance Allocation in IEEE 802.16 Networks: A Performance Comparative*. Spain:Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).
- Ohseki T, Morita M., and Inoue T. 2007. *Burst Construction and Packet Mapping Scheme for OFDMA Downlinks in IEEE 802.16 Systems*. Japan: KDDI R&D Laboratories, Inc.
- Johan. 2008. *Tugas Akhir Perbandingan Bit Rate Antara OFDM-TDMA dengan OFDMA pada Teknologi WiMAX*. Medan: Universitas Sumatra Utara
- Wardhana,L dan Makodian, N. 2010. *Teknologi Wireless Communication and Wireless Broadband*. Yogyakarta: CV Andi