

IMPLEMENTASI WiMAX SEBAGAI BACKHAUL PADA JARINGAN HOTSPOT EXISTING DI JAKARTA

Djamhari Sirat^{*)}, Muhamad Asvial, dan Luther B. Marpaung

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

^{*)}E-mail: djsirat@ee.ui.ac.id

Abstrak

Perkembangan *Broadband Wireless Access* (BWA) sebagai standar global untuk media transmisi data telah digunakan sebagai penyedia jasa akses internet berkecepatan tinggi. *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX) merupakan teknologi BWA yang memiliki kecepatan akses tinggi dengan jangkauan luas. Aplikasi WiMAX yang ditunjang oleh kemampuan interoperabilitas, fleksibilitas, dan aspek komersial telah membawa dampak penggunaan internet lebih efisien serta memberikan layanan murah dan mudah. Fenomena ini harus disikapi oleh para operator *Internet Service Provider* (ISP) dalam mengembangkan bisnis guna memenuhi persaingan di era global saat ini. Dengan melihat aspek teknik serta aspek keuangan dalam menetapkan kelayakan implementasi *wireless network* dengan WiMAX sebagai substitusi, maka dalam penelitian ini dilakukan kajian implementasi teknologi WiMAX sebagai layanan *backhaul* pada jaringan WiFi di Jakarta. Dari data jumlah *hotspot* terdaftar di IIX dan rata-rata *peak traffic* tiap *hotspot* per regional, penelitian ini menjelaskan perhitungan aspek teknis dengan kombinasi pilihan harga sewa dan teknologi. Hasil dari perhitungan akan memberikan beberapa kombinasi gambaran nilai investasi teknologi WiMAX sebagai substitusi *backhaul* jaringan *hotspot* yang ada dan perkembangannya 5 tahun ke depan.

Abstract

WiMAX Implementation as Existing Hotspot Network Backhaul in Jakarta The development of Broadband Wireless Access (BWA), such as WiMAX, as a global standard for data transmission media has been used by high speed internet access provider. WiMAX application which supported by capabilities of interoperability, flexibility and commercial aspect make the internet services become more efficient, cheaper and easier to the customer. This phenomenon should be responded by ISPs. Based on technical and financial aspect in deciding the implementation of Wireless Network with WiMAX technology as a substitute, this research will observe and analyze the projection of WiMAX technology implementation as a backhaul for the existing Wi-Fi's network in Jakarta. This paper will describe the calculation based on the amount of hotspots registered in IIX and average peak traffic per regional from technical aspect with several pricing and technology combination. The result give the basic figures in investing WiMAX as substitute technology for backhaul in hotspot network and also will show its growth in 5 years.

Keywords: BWA, hotspot, WiMAX

1. Pendahuluan

Penyediaan infrastruktur telekomunikasi yang memadai masih menjadi permasalahan utama sektor telekomunikasi di Indonesia. Sementara itu, bisnis informasi dan telekomunikasi dunia telah mengalami perkembangan sangat pesat, terutama dipicu oleh pertumbuhan pengguna internet dan kecenderungan terjadinya konvergensi media komunikasi, informasi, dan hiburan. Indonesia merupakan negara kelima terbanyak yang menggunakan internet [2]. Bisnis

telekomunikasi dengan cepat berkembang pada komunikasi data dan multimedia sehingga tantangan infrastruktur telekomunikasi di Indonesia bukan hanya dihadapkan pada penyediaan kapasitas dan teledensitas, tetapi juga dalam percepatan penetrasinya.

Di Indonesia, pembebasan frekuensi 2,4 GHz menjadi cuplikan penting dari sejarah perkembangan internet dan perkembangan *wireless* internet khususnya. Walaupun pada awalnya tidak ada izin menggunakan frekuensi 2,4 GHz namun perlahan tapi pasti masa

pengguna *wireless* internet semakin berkembang. Akhirnya pada akhir tahun 2000, keluarlah keputusan Dirjen POSTEL 241/2000 tentang penggunaan bersama (*sharing*) pita frekuensi 2400-2483,5 MHz antara *wireless* LAN akses internet bagi pengguna di luar gedung (*outdoor*) dan *microwave link*. Pada tanggal 5 Januari 2005 ditandatangani Keputusan Menteri No. 2/2005 tentang *wireless* internet di 2,4 GHz. Keputusan Menteri No. 2/2005 pada prinsipnya membebaskan izin penggunaan frekuensi 2,4 GHz dengan syarat antara lain: maksimum daya pancar 100 mW, EIRP maksimum 36 dBm, dan semua peralatan yang digunakan disertifikasi [1].

WiMAX dengan kemampuan menyalurkan data hingga 75 Mps dengan jarak jangkauan hingga 50 km dan mampu mengatasi kondisi *non line of sight* (NLOS) sangat potensial diimplementasikan di Indonesia yang memiliki kesenjangan infrastruktur telekomunikasi. WiMAX dapat berfungsi untuk mendukung percepatan pembangunan infrastruktur akses sebagai solusi alternatif *backhaul*. Kelebihan lainnya adalah kemampuan *interoperability* yang menyebabkan terjadi kompetisi penyediaan perangkat sehingga bisa menurunkan tingkat harga [3]. Pada penelitian ini akan dianalisis implementasi WiMAX sebagai *backhaul* menggantikan infrastruktur *terrestrial* serta nilai tambahnya.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dibagi menjadi 3, yaitu studi literatur yang melingkupi pembahasan tentang WiMAX, tahap pengumpulan data, dan tahap analisis.

Karakteristik Standar WiMAX. Karakteristik standar 802,16 ditentukan oleh spesifikasi teknis dari *Physical* (PHY) *Layer* dan *Medium Access Control* (MAC) *Layer*. Perbedaan karakteristik kedua *layer* tersebut juga akan membedakan dengan variannya. Sedangkan *Network Management System* (NMS) dan *Management Plane* dapat berbeda-beda bergantung pada strategi rancangan dari masing-masing manufaktur atau *vendor* pembuatnya.

Physical Layer menjalankan fungsi mengalirkan data di *level* fisik, dan dihubungkan dengan kabel *category 5* (*Cat 5*) sebagaimana telah banyak digunakan untuk *ethernet*. Sedangkan *MAC layer* berfungsi sebagai penerjemah protokol-protokol yang ada di atasnya seperti ATM dan IP. *MAC layer* dibagi lagi menjadi tiga *sublayer*: *Service-Specific Convergence Sublayer* (SS-CS), *MAC Common Part Sublayer*, dan *Security Sublayer*.

NLOS pada WiMAX [5]. Pada sistem komunikasi *wireless* telah umum dikenal kondisi *line of sight* (LOS) dan *non line of sight* (NLOS). Hal ini berkaitan dengan

daerah pancar antara BS dan SS yang lebih dikenal dengan *fresnel zone*. Daerah *fresnel zone clearance* tergantung pada frekuensi kerja dan jarak antara BS dan SS. Pada kondisi LOS, antara pengirim dan penerima tembus pandang secara langsung tanpa ada rintangan (*first fresnel zone*). Apabila kriteria ini tidak terpenuhi, maka penerimaan sinyal akan menurun secara drastis. Pada kondisi NLOS, sinyal yang sampai pada penerima telah melalui pemantulan (*reflections*), pemencaran (*scattering*), dan pembiasan (*diffractions*). Sehingga penerimaan sinyal akan merupakan gabungan dari *direct path*, *multiple reflected path*, *scattered energy*, dan *diffracted propagation path*. Kondisi *multipath* ini akan memberikan perbedaan polarisasi, redaman, *delay* pancaran, dan ketidakstabilan dibandingkan dengan sinyal yang diterima secara langsung melalui *direct path*.

Kemampuan NLOS pada WiMAX ditunjang oleh penerapan beberapa inovasi teknologi berikut: 1) OFDM *technology* dan *Sub-channelization*, 2) *Directional antennas*, 3) *Transmit and receive diversity*, 4) *Adaptive modulation* dan *Error correction techniques*, 5) *Power control*.

Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) merupakan teknologi yang sudah terbukti dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan berbagai macam propagasi (*multipath*), termasuk kondisi NLOS antara BS dan SS. OFDM juga sekaligus dapat mengatasi permasalahan *delay spread* dan *inter symbol interference* (ISI). Sinyal OFDM dibentuk oleh beberapa sinyal sempit yang dipancarkan secara paralel untuk setiap informasi yang dikirim.

Sub-channelization diterapkan pada sinyal *uplink* dari SS atau CPE dan bersifat *optional* pada sistem WiMAX. Fasilitas ini secara konsep mengurangi pengiriman jumlah *carrier* dari CPE, tetapi dikompensasi dengan *power level* dari pengiriman. Tanpa menggunakan *subchannelization*, sistem yang direncanakan akan menjadi tidak simetris atau *uplink limited*. Tetapi pada umumnya justru membuat CPE menjadi *cost effective*. *Directional antenna* bertujuan untuk meningkatkan *fade margin* dengan penambahan penguatan (*gain*) dibandingkan dengan antenna *omni-directional*. Bahkan dapat menurunkan *delay* pancar, baik di BS maupun di SS, karena pola antenna ini dapat menekan sinyal-sinyal *multipath* yang diterima di sisi samping (*sidelobe*) dan dari belakang (*backlobe*). Penggunaan *directional antenna* untuk kondisi NLOS sudah terbukti sangat efektif dan sudah banyak digunakan oleh para operator. Inovasi lain untuk mengatasi kondisi NLOS yang digunakan sebagai *optional* pada standar WiMAX adalah *adaptive antenna systems* (AAS). Antena ini memberikan pengarahan yang lebih fokus, seperti *spotlight*, baik pada saat memancarkan sinyal maupun sebagai penerima. AAS dipertimbangkan juga untuk

meningkatkan *spectrum re-uses* dan kapasitas jaringan WiMAX, karena mempunyai karakteristik yang dapat menekan interferensi *co-channel* [3].

Transmit and receive diversity digunakan untuk memanfaatkan sinyal-sinyal multipath dan sinyal pantul yang terjadi pada kondisi NLOS. *Diversity* juga menjadi fasilitas pilihan pada standar WiMAX. Tujuannya adalah untuk meningkatkan *availability* penerimaan dan pengiriman dari sistem yang dibangun. *Transmit diversity* menggunakan *space time coding* untuk pemancaran sinyal secara terpisah. Teknik ini dapat menekan kebutuhan *fade margin* dan juga mengatasi interferensi. Pada *receive diversity*, beberapa teknik kombinasi diterapkan seperti misalnya *maximum ratio combining* (MRC), memanfaatkan dua penerimaan untuk mengatasi fading dan menekan *path loss adaptive modulation*, secara efektif dapat mengatur keseimbangan kebutuhan *bandwidth* dan kualitas sambungan (*link quality*) atau biasanya diukur dengan *signal to noise ratio* (SNR). Apabila kualitas sinyal cukup baik, maka digunakan modulasi yang lebih tinggi untuk memberikan kapasitas *bandwidth* yang lebih besar. Apabila kualitas sambungan menurun, sistem modulasinya digeser menjadi lebih rendah untuk menjaga kestabilan dan kualitas sambungan. Perpindahan modulasi dapat diatur secara dinamis dari 64-QAM, 16-QAM, QPSK, dan BPSK.

Error correction techniques diterapkan pada sistem WiMAX untuk menurunkan kebutuhan minimum SNR dan meningkatkan *throughput*. Beberapa teknik *coding* yang digunakan adalah *Reed Solomon FEC*, *convolutional encoding*, dan *interleaving algorithms*. Kemampuan *automatic repeat request* (ARQ) digunakan untuk mengkoreksi *error* yang tidak bisa dikoreksi oleh FEC. Teknik ini cukup berarti membawa peningkatan performansi *bit error rate* (BER) pada batas *level* penerimaan yang sama [3].

Power control algorithms digunakan untuk meningkatkan performansi sistem secara keseluruhan. BS mengirimkan informasi *power control* kepada semua CPE untuk pengaturan *level power transmit* sedemikian sehingga level sinyal yang diterima BS sama dengan level referensi yang telah ditentukan sebelumnya. Pengaturan ini dimaksudkan agar CPE dapat secara dinamis mengeluarkan daya pancar sesuai kebutuhan kondisi *fading*, sehingga konsumsi daya bisa lebih efisien [3].

Berdasarkan beberapa kemampuan pilihan tersebut, terdapat dua jenis BS yang diproduksi, yaitu *standard base station* dan *full featured base station*. *Base station* standar mempunyai kemampuan yang bersifat *mandatory* dengan batasan keluaran *RF Power* pada kisaran nilai yang telah ditentukan. Sedangkan *full featured base station* sudah dilengkapi dengan kemampuan pilihan berupa Tx/Rx *diversity*, *sub-channeling*, dan ARQ.

3. Hasil dan Pembahasan

Sampai akhir tahun 2007, jumlah *hotspot* yang ada di Jakarta (terdaftar di IIX) adalah 313 buah dengan jaringan akses berupa *fiber* optik, satelit ataupun *microwave*. Jaringan *hotspot* tersebut telah melayani ribuan pengguna. Data yang diperoleh dari tahun 2002 sampai 2007 akan digunakan sebagai acuan untuk membuat asumsi pertumbuhan jumlah *hotspot* 5 tahun ke depan dengan menggunakan metode regresi linear.

Tabel 1 memperlihatkan ringkasan data yang diperoleh dari data MARS Marketing of Research, nilai rata-rata laporan dari CBN, Indonet, Trikonsel, Speednet, Biznet, kemudian juga data dari IDC. Sebagai acuan penentuan nilai sewa WiMAX sebagai *backhaul* yang akan diterapkan pada penelitian ini, penulis mengacu pada harga sewa eksisting (Tabel 1). Dari data tersebut terlihat bahwa sekitar 84% layanan ditangani oleh *fiber* optik. Maka, nilai sewa yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai sewa *backhaul* per bulan per E1 untuk jaringan *fiber* optik.

Aspek Teknis. Pita frekuensi yang ditinjau pada penelitian ini adalah 2,3 GHz dengan lebar spektrum diasumsikan 90 MHz pada frekuensi 2300 MHz–2390 MHz dan *bandwidth* kanal yang digunakan adalah 7,5 MHz.

Perhitungan redaman karena propagasi (*path loss*) dengan kondisi LOS pada sistem nirkabel adalah sebagai berikut:

$$L_{bf}(dB) = 20 \log(4\pi d / \lambda) \quad (1)$$

Atau

$$L_{bf} = 92,44 + 20 \log f + 20 \log d \quad (2)$$

dengan λ adalah panjang gelombang (meter; m), d adalah jarak antara pemancar dan penerima (kilometer; km) dan f adalah frekuensi kerja (GHz).

Untuk penggunaan praktis, beberapa model pendekatan telah dibuat berdasarkan pengukuran empiris pada kondisi alam dan lingkungan. Dalam penelitian ini pendekatan perhitungan mengacu pada standar IEEE, yaitu *IEEE 802.16a-03/01* yang dikenal sebagai "*Channel model for fixed wireless applications*". Dengan d_0 adalah jarak referensi pengukuran, rumus *path loss* adalah sebagai berikut [6]:

$$PL = A + 10\gamma \log_{10}(d / d_0) + s + \Delta PL_f + \Delta PL_h \quad (3)$$

Untuk $d > d_0$, dimana $A = 20 \log_{10}(4 \pi d_0 / \lambda)$, λ = panjang gelombang (m), γ adalah *path loss exponent* yang memiliki rumusan $\gamma = (a - b \cdot hb + c / hb)$, hb menyatakan tinggi antena *base station* (antara 10 dan 80 m), $d_0 = 100$ m merupakan jarak referensi pengukuran, serta a , b , dan c menyatakan konstanta yang tergantung pada kategori permukaan dengan kategori (Tabel 2) [6].

Tabel 1. Ringkasan Data Acuan

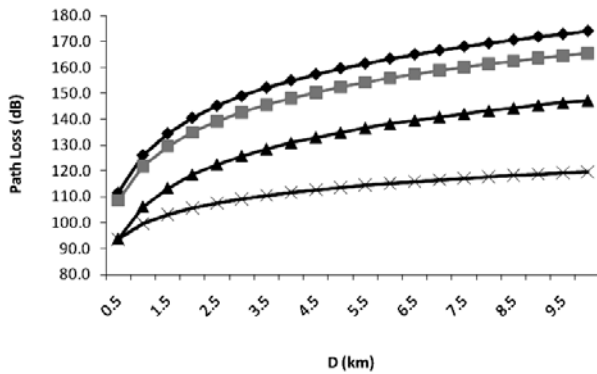
Akhir	Jumlah operator <i>hotspot</i>		Jumlah <i>hotspot</i>	Traffic peak (Mbps)	Jumlah backhaul (per 2Mbps or E1) Dari IIX report (data 57 operator yang terdaftar di IIX)			Harga sewa <i>backhaul</i> per bulan (X 000000) Dari MARS of marketing research			
	Terdaftar di Postel	Berdasarkan IIX			FO	Micro-wave	VSAT	FO	Micro-wave	VSAT	Total
Jakarta Pusat	26	21	112	461,44	246	36	1	18,446	14,756	64,337	5.133,170
Jakarta Utara	8	6	31	105,71	58	8	2	18,446	14,756	64,337	1.316,567
Jakarta Selatan	23	19	108	347,76	171	39	3	18,446	14,756	64,337	3.922,700
Jakarta Barat	18	9	51	145,86	82	14	2	18,446	14,756	64,337	1.847,799
Jakarta Timur	6	2	11	33,44	18	2	1	18,446	14,756	64,337	425,870
	81	57	313	1094,21							12.646,106

Note:

1. *Hotspot* yang berintegrasi ke IIX = 35% dari total *hotspot* di Jakarta
2. Rata-rata *traffic peak* per *hotspot* (Dirata-ratakan dari report: CEN, Indonet, Asianet, IndosatNet, Patrakom, Biznet, Asianet, Telkomsel):
 - a. Jakarta Pusat 4,12
 - b. Jakarta Utara 3,41
 - c. Jakarta Selatan 3,22
 - d. Jakarta Barat= 2,86
 - e. Jakarta Timur 3,04

Tabel 2. Nilai Konstanta berdasar Permukaan

Model Parameter	Permukaan tipe A	Permukaan tipe B	Permukaan tipe C
A	4,6	4	3,6
B	0,0075	0,0065	0,0050
C	12,6	17,1	20



Gambar 1. Path Loss Model pada Frekuensi 2,3 GHz pada Terrain A (♦), Terrain B (□), Terrain C (Δ), dan FS (X)

Sedangkan *s* adalah faktor efek *shadowing* berkisar antara 8,6 sampai dengan 10,2 dB tergantung pada tipe permukaan [6]. Dengan frekuensi operasi 2,3 GHz, tinggi antenna 30 m dan antenna penerima 10 m, maka dengan pendekatan seperti pada Persamaan (3) diperoleh hasil perhitungan *path loss* seperti pada Gambar 1.

Aspek Pasar. Sebagai faktor utama dalam untuk menganalisis peluang implementasi WiMAX sebagai *backhaul hotspot*, pangsa pasar yang didapat dari pasar yang sudah ada saat ini dapat dijadikan referensi. Dari jumlah *hotspot* di masing-masing daerah (pusat, timur, barat, utara dan selatan) dan *peak traffic*-nya akan dapat dihitung jumlah sektor dan *base station* yang dibutuhkan di tiap daerah pelayanan.

Untuk keperluan perhitungan pada penelitian ini, dilakukan pendekatan harga rata-rata per jaringan berdasarkan hasil survei dari MARS Marketing Research. Acuan target ARPU pada analisis penelitian ini diambil dari harga sewa media akses yang paling banyak digunakan oleh operator (FO) dengan 4 kombinasi harga yaitu: 75% harga sewa FO, 60% harga sewa FO, 50% harga sewa FO dan 40% harga sewa FO.

Aspek Ekonomi. Perhitungan aspek ekonomi yang dilakukan adalah perhitungan kelayakan investasi yang meliputi perhitungan NVP, PBP, dan BEP.

Penghitung jumlah *base station* didasarkan pada kapasitas yang dapat disediakan oleh BS dan kebutuhan *bandwidth*. Semakin kecil radius sektor maka kapasitas BS akan semakin besar.

Perkembangan *hotspot* dan kebutuhan *bandwidth* adalah faktor penting dalam menentukan tingkat kelayakan bisnis dan tingkat harga yang ditargetkan. Asumsi perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) 1 USD = 9250 IDR
- 2) Penurunan harga perangkat per tahun = 5%

- 3) Depresiasi = 3 tahun
- 4) Amortisasi = 5 tahun
- 5) Biaya perawatan = 5% (BS equipment/tahun) dan 7% (CPE equipment/tahun)

Nilai asumsi didapat dari literatur dan data referensi dari PT. Telkomsel.

Tabel 3 merupakan asumsi CAPEX yang digunakan dalam perhitungan. Sedangkan Tabel 4 merupakan pendekatan yang digunakan dalam perhitungan Opex.

Perhitungan BHP mengikuti Peraturan Pemerintah no. 28 tahun 2005 mengenai tarif atas PNBPN. Harga sewa backbone merupakan paket kepada provider jaringan dan perancangan backbone menggunakan shared link masing-masing dengan kecepatan 2 Mbps, dengan persentase sistem cadangan diperhitungkan 10% dari total backbone yang disewa.

Perhitungan NPV dan IRR. Dari asumsi yang telah dijelaskan sebelumnya, pendapatan diperoleh dari kumulatif jaringan per tahun dengan nilai ARPU yang ditentukan di awal. Komponen biaya yang diperhitungkan adalah: 1) Depresiasi seluruh perangkat (BS dan SS), 2) Biaya bulanan perawatan, 3) Biaya pemegang lisensi (BHP), 4) Biaya pengurusan awal, 5) Biaya sewa backbone.

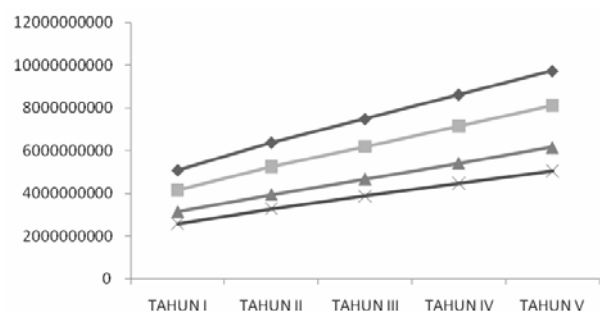
Komponen biaya yang paling dominan adalah biaya sewa backbone yang terus bertambah mengikuti penambahan jaringan, sektor dan BS. Gambar 2 memperlihatkan rekap biaya bulanan untuk menyewa backbone masing-masing modulasi.

Tabel 3. Asumsi Perhitungan Capex

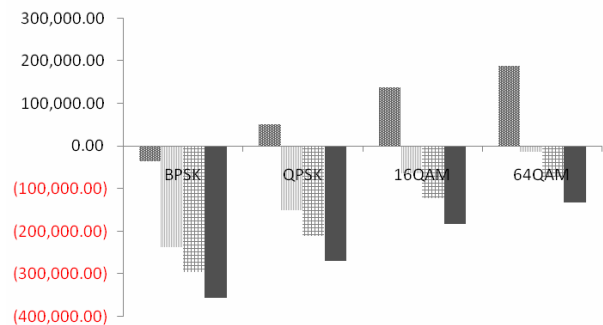
CAPEX	Harga/unit	Total (Rp)
BASE STATION (BS)		
<i>Fixed per BS</i>		
Preimplementasi (SITAC, Survey & Design, Coverage Accuisation, Mobilisation)	5.945,95	55.000.000,00
Perangkat WiMAX (paket)	39.388,27	364.341.497,50
Instalasi + material	9.500,00	87.875.000,00
NMS (per 100 BS)	750,00	6.937.500,00
Sarana penunjang (tower, battery, shelter, power supply, rectifier, survey)	12.000	111.000.000,00
Total Investasi Tetap per BS		625.153.997,50
<i>Variable cost per sector</i>		
Packet per sector	6.100,00	56.425.000,00
Investasi variable cost per sector		56.425.000,00
<i>Subscriber Station (SS)</i>		
Harga rata-rata paket		
	Outdoor	550,00
		5.087.500,00
<i>Upfront fee</i>		
	# kanal	
	1,00	1.000.000.000,00
	4,00	4.000.000.000,00

Tabel 4. Asumsi Perhitungan Opex

Jenis Biaya	Unit	Total (Rp)
Per Base Station		
Sewa lahan	Per tahun	40.000.000
Sewa backbone 4Mbps	Per bulan	36.892.000
Per Sektor (BHP per kanal)	Zone-1	
HDLP (Harga Dasar Lebar Pita)	KHz	11.772
HDDP (Harga Dasar Daya Pancar)	dBm	109.481
ib (indeks pita spektrum)	0,41	
ip (indeks daya pancar)	0,91	
BHP per kanal per tahun; 2.3 GHz; 30 dBm		19.593.866



Gambar 2. Rekap Biaya Bulanan Komponen Sewa Backbone pada BPSK (◆), QPSK (◻), 16QAM (▲), dan 64QAM (×)



Gambar 3. Gambaran NPV (x1.000.000) Skenario I pada (■) 75% sewa, (▒) 60% sewa, (░) 50% sewa, (■) 40% sewa

Gambar 3 menunjukkan hasil perhitungan model simulasi dengan target sewa dan teknik modulasi yang telah disebutkan sebelumnya. Terlihat bahwa nilai NPV positif diperoleh pada modulasi QPSK, 16QAM dan 64QAM dengan skenario I dan pembebanan biaya sewa 75% lebih murah dari sewa FO eksisting.

Analisis Perhitungan

Aspek Pasar dan Skenario. Penetrasi pasar adalah kunci dalam mendapatkan total jaringan perancangan model

WiMAX. WiMAX sebagai *backhaul* menjadi salah satu solusi akses internet cepat yang akan mempercepat pertumbuhan *hotspot*. WiMAX dapat juga digunakan sebagai jaringan pengganti ataupun pelengkap. Dengan segmen pasar yang sudah ada, maka akan sangat membantu implementasi awal dalam mempercepat perolehan *revenue*.

Dari hasil perhitungan skenario I pada Gambar 4 terlihat bahwa dengan menawarkan nilai sewa 75% lebih murah dari nilai sewa eksisting dengan menggunakan modulasi QPSK, 16QAM dan 64QAM mampu memberikan keuntungan pada skenario ini. Dengan nilai NPV dan nilai IRR berada di atas suku bunga yang digunakan 18% yang berarti masih cukup layak untuk dilaksanakan.

Sementara untuk nilai sewa 60%, 50% dan 40% lebih murah dari sewa eksisting tidak memberikan keuntungan (*cash flow* masih negatif). Kemudian pada skenario II (Gambar 4) terlihat bahwa simulasi proyek ini tidak dapat memberikan keuntungan untuk setiap kondisi nilai sewa dan modulasi.

Perlu diperhatikan strategi jangka panjang untuk peruntukan seperti aplikasi *voice* dan *streaming* yang cukup menjanjikan saat ini. Hal lain yang perlu diperhatikan lagi adalah semua perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan asumsi utilisasi BS sebanyak 80%.

Aspek Ekonomi. Dalam perhitungan, harga pembangunan BS diasumsikan satu paket dengan sarana penunjang untuk menutupi apabila ada kekurangan atau kelebihan biaya pada BS lainnya yang dipasang. Tetapi apabila terjadi perbedaan biaya yang signifikan perlu diperhatikan secara khusus. Variasi tarif yang dibebankan dan dikombinasikan dengan aplikasi modulasi yang berbeda akan memberikan nilai tambah sehingga diharapkan dapat memberikan pertimbangan yang lebih baik dan mampu mengoptimalkan strategi investasi untuk mendapatkan nilai yang optimal.

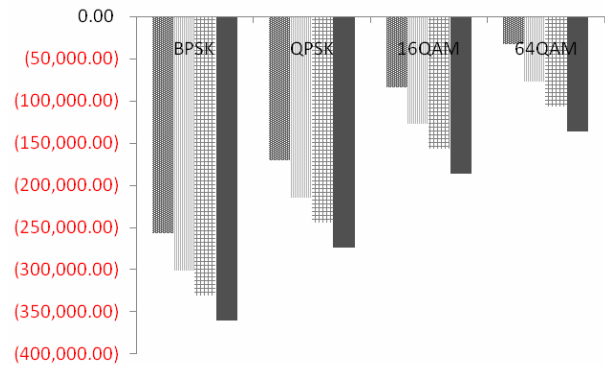
Aspek Perancangan dan Implementasi Jaringan. Asumsi-asumsi perhitungan yang diambil serta radius jangkauan yang diperoleh memerlukan pembuktian di lapangan pada kondisi real, terutama pada asumsi sebaran merata yang digunakan pada sebaran jaringan pada setiap tipe modulasi yang digunakan. Sementara spektrum frekuensi menjadi bagian penting dalam melakukan perancangan awal. Kemungkinan penggunaan perangkat *indoor* juga menjadi salah satu bahan kajian lebih lanjut terhadap performansi jaringan dan aspek kelayakan.

Aspek Regulasi dan Pengaturan Frekuensi. Dengan keluarnya peraturan Dirjen POSTEL nomor 95 tahun 2008 mengenai persyaratan teknis alat dan perangkat

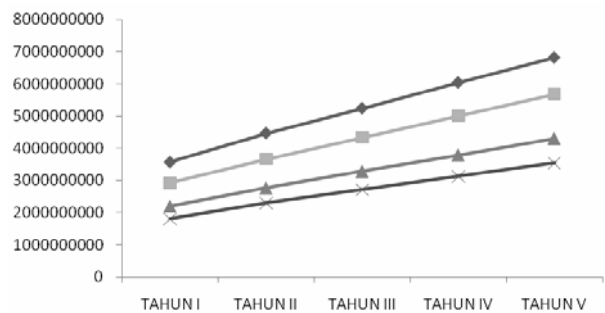
telekomunikasi BWA pada frekuensi 2.3 GHz, maka perancangan sistem yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dijadikan acuan dasar bagi pihak-pihak yang ingin berinvestasi pada bisnis ini.

Analisis Tambahan

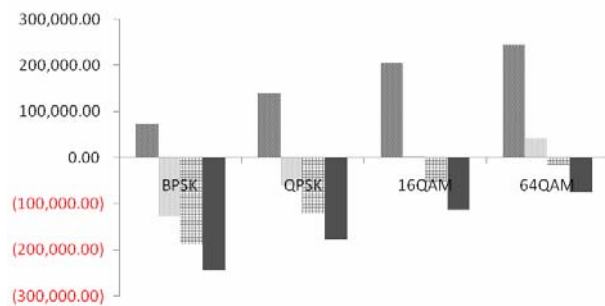
Pada percobaan perhitungan yang dilakukan dengan asumsi mendapat *discount* kesepakatan sewa *backbone* sebesar 30%, maka didapat hasil seperti Gambar 5 dan Gambar 6. Dari Gambar 5 tersebut dapat dilihat



Gambar 4. Gambaran NPV (x1.000.000) Skenario II pada (■) 75% sewa, (▨) 60% sewa, (▩) 50% sewa, (■) 40% sewa



Gambar 5. Gambaran Sewa Backbone dengan *Discount* Sewa 30% pada BPSK (◆), QPSK (⊖), 16QAM (▲), dan 64QAM (×)



Gambar 6. Gambaran NPV (x1.000.000) Skenario I dengan *Discount* Sewa Backbone 30% pada (■) 75% sewa, (▨) 60% sewa, (▩) 50% sewa, (■) 40% sewa

perubahan nilai sewa *backbone* memiliki pengaruh cukup signifikan pada tingkat kelayakan investasi bisnis ini.

4. Simpulan

Implementasi WiMAX sebagai *backhaul* pada jaringan *wifi existing* dapat menjadi solusi tepat mengatasi permasalahan infrastruktur dalam pengembangan jaringan dan area layanan. Penentuan strategi kombinasi penetapan tarif dan modulasi yang digunakan akan menentukan jangka waktu dan tingkat kelayakan investasi. Penurunan harga sewa sebesar 75% masih cukup menjanjikan untuk penyelenggaraan bisnis ini dengan asumsi jumlah pasar yang sama dengan pasar *hotspot* saat ini. Dengan komponen biaya sewa *backbone* yang besar, strategi pengaturan lokasi implementasi BS harus memperhatikan pemakaian *backbone* dan tingkat pertumbuhan jaringan. Dalam perencanaan *real* di lapangan diperlukan data-data akurat lainnya sesuai karakteristik lokasi penempatan *base station* disertai dengan parameter lainnya, seperti *co-channel interference* dan *adjacent channel*. WiMAX sebagai *backhaul* dapat digunakan sebagai pemicu pertumbuhan pengguna *internet*, sehingga dapat menjadi pemicu untuk mempercepat perluasan pertumbuhan infrastruktur.

Daftar Acuan

- [1] Peraturan Menteri Perhubungan No: KM. 2 Tahun 2005, Penggunaan Pita Frekuensi 2400-2483.5 MHz, Menteri Perhubungan RI, Jakarta, 2005.
- [2] Internet World Stats, Asia Top 10 Internet Countries [Internet]. 2007 [Diakses : December 2007]. Tersedia di: www.internetworldstats.com.
- [3] G. Wibisono, G.D. Hantoro, Wimax: Teknologi Broadband Wireless Access (BWA) Kini dan Masa Depan, Penerbit Informatika, Bandung, 2006, p.168.
- [4] A. Fellah, R. Syputa, Wimax and Broadband Wireless (Sub-11GHz) Worldwide Market Analysis and Trends 2006-2012, Maravedis Inc., Canada, 2004, p. 446.
- [5] Telecom Inc., Wimax Technology: LOS and NLOS Environments, Canada, 2004, p. 19.
- [6] Erceg, et al., Channel models for fixed wireless applications, IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, Juni 2003, p. 36.
- [7] R. Tibshirani, J. R. Stat. Soc. Series B (Methodological) 58/1 (1996) 267V.
- [8] G. Wibisono, G.D. Hantoro, M. Meganjaya, Y. Pram, Peluang dan Tantangan Bisnis WiMAX di Indonesia, Penerbit Informatika, Bandung, 2007, p. 268.
- [9] Ming-Chieh Wu, A Comparison of WiFi and WiMAX with Case Studies, Florida State University, 2007, p. 60.