

Implementasi *Reflector Antena Wajanbolik* Pada Layanan EVDO (*Evolution Data Optimized*)

BIMA¹, LITA LIDYAWATI², ARSYAD RAMADHAN.D³

1. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
2. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
3. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
Email :B1ma_bdg@yahoo.com

ABSTRAK

Antena merupakan perangkat yang memiliki peranan yang sangat penting dalam sistem komunikasi tanpa kabel (wireless). Pada penelitian ini akan diimplementasikan reflektor antena wajanbolik yang beroperasi pada frekuensi CDMA 2000 1x EVDO 1900 MHz. Antena ini menggunakan reflektor dari wajan, dengan waveguide dari pipa paralon yang dilapisi dengan lakban alumunium, dan penerima sinyal menggunakan USB modem adapter. Antena ini ditujukan untuk menjadi media bantu dalam memperkuat penerimaan sinyal EVDO dan memaksimalkan dan kecepatan transfer data. Antena ini memberikan gain sebesar 15,530 dB berdasarkan pengukuran dan 15,156 dB berdasarkan teoritis. Pengujian menggunakan wajanbolik menunjukkan adanya peningkatan level sinyal modem yang terendah sebesar 4 dB pada pengukuran dengan kondisi indoor di siang hari serta tertinggi sebesar 19 dB pada pengukuran dengan kondisi outdoor di malam hari. Hasil dari pengujian pun menunjukkan peningkatan kecepatan transfer data rata – rata sebesar 42 Kbps sampai dengan 269 Kbps dibandingkan pengukuran tanpa wajanbolik.

Kata kunci: Reflektor, Waveguide, Wajanbolik, USB adapter, EVDO.

ABSTRACT

The antenna is a device that has a very important role in wireless communication systems (wireless). In this research will be implemented wajanbolik reflector antenna which operates at frequencies of CDMA 2000 1x EVDO 1900 MHz. This antenna uses a reflector of the pan, with the waveguide of the pipe is coated with aluminum duct tape, and a signal receiver using a USB modem adapter. This antenna is intended to be a media aids in strengthening the EVDO and signal reception to maximize data transfer speeds. This antenna give a gain of 16.015 from measurement dBi and 15.156 dBi based on theory. Tests using wajanbolik showed an increase in the level of modem signals a low of 4 dB in measurement with indoor conditions during the day and 19 dB at the peak of measurements with outdoor conditions at night. Results of testing also showed an increase in average data transfer rate is 42 Kbps up to 269 Kbps compared to measurements without wajanbolik.

Keywords: Reflector, Waveguide, Wajanbolic, USB adapter, EVDO.

1. PENDAHULUAN

Internet telah menjadi kebutuhan penting. Bahkan bagi sebagian orang, *internet* telah menjadi kebutuhan primer. Perkembangan teknologi *mobile* telah memberi kemudahan-kemudahan untuk dapat mengakses media informasi global ini. Jaringan *mobile* sebagian besar telah memenuhi standar koneksi dengan teknologi 3G (3 *Generation*), *Next G* atau HSDPA (*High-Speed Downlink Packet Access*) yang semakin mempermudah pengguna untuk mendapatkan layanan *internet*. Kendala yang umum terjadi adalah kecepatan akses yang sering menjadi lambat. Untuk mengatasi penurunan kecepatan akses ini digunakan standar EV-DO (*Evolution Data Optimized*) yang merupakan sebuah standar pada *wireless broadband* berkecepatan tinggi dengan mengadopsi IP (*Internet Protocol*).

Menurut penjelasan Stallings (**Stallings, 2007**) Sistem nirkabel 3G pertama yang diturunkan secara komersial dikenal sebagai CDMA2000 1x EV-DO, juga disebut CDMA/HDR (*CDMA High Data Rate*). Maksud sistem ini adalah untuk menawarkan laju data paket *broadband* untuk akses nirkabel ke *internet*. EV menunjukkan bahwa system ini adalah teknologi evolusioner yang dibangun diatas standar IS-95 (*Interim Standart 95*). Yang membedakan skema ini dari teknologi 3G lainnya adalah skema ini dirancang untuk layanan khusus data dan ditujukan untuk penggunaan IP (*Internet Protocol*) untuk transmisi paket dan untuk akses *internet*.

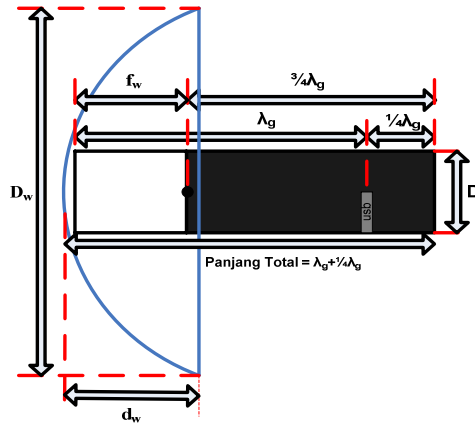
Namun pengembangan EV-DO masih terbatas untuk wilayah-wilayah tertentu bahkan pada beberapa kota, *provider* EV-DO hanya memilih basis pemasangan perangkat pada wilayah kampus. Hal ini mengakibatkan jangkauan untuk dapat menerima sinyal EV-DO menjadi sempit. Bagi mereka yang hanya dapat melakukan koneksi dari lokasi yang jauh dari pemancar sinyal EV-DO akan sangat kesulitan untuk mengaksesnya. Upaya yang dapat dilakukan adalah memperkuat penerimaan sinyal dengan memasang antena yang memiliki penguatan tinggi. Berdasarkan perancangan antena yang dilakukan Onno W Purbo (**Purbo, 2007**) antena wajanbolik adalah pilihan yang tepat dengan penguatan yang cukup besar. Antena wajanbolik sangat mungkin dibuat oleh masyarakat umum dengan memperhatikan urutan pengerjaan yang tepat.

Pada tahun 2011 telah dilakukan penelitian tentang "*Perancangan dan Realisasi Penguat Pada Wifi*" oleh Widita P Rahman (**Rahman, 2011**) yang hanya terbatas pada pembuatan perangkat lunak simulasi wajanbolik, dan pada tahun 2012 Nugraha (**Yurandi, 2012**) telah melakukan penelitian tentang "*Perancangan dan Implementasi Reflector Antena Wifi dengan Frekuensi 2,4 GHz*" yang lebih menekankan pada perbandingan antara reflektor wajan dan reflektor *grid* dalam hal perolehan sejumlah *access point*. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan diambil judul "*Implementasi Reflector Antena Wajanbolik pada layanan EV-DO (Evolution-Data Optimized)*" yang akan dihasilkan sebuah antena yang dapat memperkuat penerimaan sinyal EV-DO pada frekuensi 1900 MHz dan memberikan kecepatan *transfer* yang optimal.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Model Rancangan *Reflector* Antena Wajanbolik

Gambar 1 menunjukkan adalah model perancangan dari *reflector* antena wajanbolik yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu wajan dan pipa PVC sebagai pencatu (*feeder*).



Gambar 1. Pemodelan Reflector Antena Wajanbolik.

Parameter yang dibutuhkan pada perancangan *reflector* antena wajanbolik diatas yaitu:

1. Panjang gelombang di udara (λ)

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Dimana:

c = Kecepatan cahaya di udara (3×10^8 m/s)

f = Frekuensi yang digunakan (1900 MHz)

2. Fokus wajan (f_w)

$$f_w = \frac{D_w^2}{16 \times d_w} \quad (2)$$

Dimana:

D_w = Diameter reflektor (45,5 cm)

d_w = Kedalaman reflektor (14 cm)

3. Diameter pipa PVC (D)

$$0,60 \lambda < D < 0,75 \lambda \quad (3)$$

4. Panjang gelombang di dalam pipa PVC (λ_G)

$$\lambda_G = \left[\frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{1,706 \times D}\right)^2}} \right] \quad (4)$$

Dimana:

λ = Panjang gelombang di udara

D = Diameter pipa PVC yang digunakan

5. Panjang pipa PVC yang di lapiasi alumunium ($\frac{3}{4} \times \lambda_G$) (5)

6. Letak posisi USB modem ($\frac{1}{4} \times \lambda_G$) (6)

7. Panjang total pipa PVC

$$P_{total} = \lambda_G + \frac{1}{4} \times \lambda_G \quad (7)$$

Perhitungan *gain* dilakukan dengan membandingkan hasil dari pengukuran dan secara teoritis :

- Secara pengukuran

$$G = e \times D \quad (8)$$

$$D = \frac{41000}{\theta_H \times \theta_E} \quad (9)$$

dimana:

e = Efisiensi wajan (0,4)

D = Directivity

- θ_H = Sudut pada titik setengah daya bidang H ($^\circ$)
 θ_E = Sudut pada titik setengah daya bidang E ($^\circ$)
 - Secara teoritis (Trisapto, 2004)
 $G = 10 \log e + 20 \log f + 20 \log D_w + 20,4$ (10)

dimana:

- e = Efisiensi wajan (0,4)
 f = Frekuensi yang digunakan
 D_w = Diameter reflektor

Nilai-nilai variabel perancangan antenna wajanbolik diatas dapat di masukkan ke dalam Tabel 1, sebagai berikut:

Tabel 1. Variabel perancangan *reflector* antenna wajanbolik

No	Variabel	Inputan	Hasil
1	Titik Fokus	$D_w = 45,5$ cm $d_w = 14$ cm	$f_w = 9,242$ cm
2	<i>Feeder</i>	Frekuensi = 1,9 GHz Diameter = 11 cm	$\lambda_G = 29,221$ cm $\frac{3}{4} \times \lambda_G = 21,915$ cm $\frac{1}{4} \times \lambda_G = 7,305$ cm
3	Panjang total Pipa		$\lambda_G + \frac{1}{4} \times \lambda_G = 36,525$ cm

2.2 Implementasi Reflektor Antena Wajanbolik

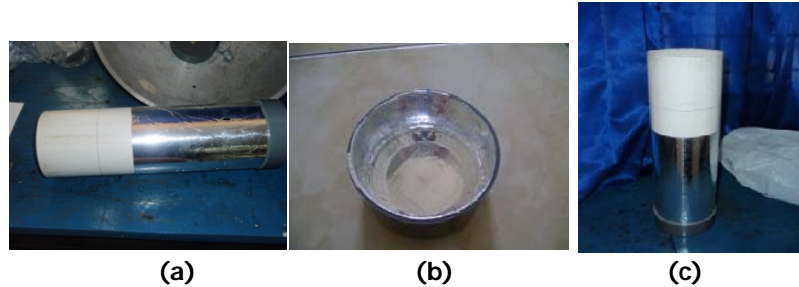
Tahap-tahap pembuatan reflektor antenna wajanbolik dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Persiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan seperti wajan, baut, pipa PVC beserta tutup pipa dan alumunium *foil*.
2. Melakukan perhitungan parameter-parameter antenna wajanbolik.
3. Bor wajan dan tutup pipa PVC di tengah lalu baut tutup pipa PVC dan wajan di tengah wajan seperti pada Gambar 2.



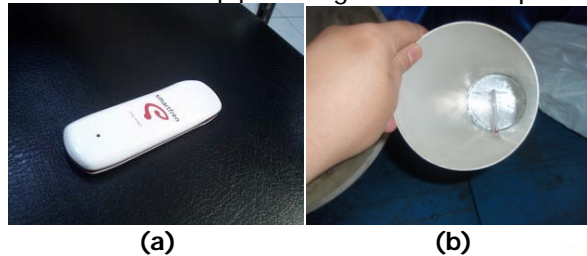
Gambar 2. Pemasangan tutup paralon pada wajan (a) wajan alumunium (b) Tutup pipaPVC (c) wajan yang telah terpasang tutup pipa PVC

4. Lubangi pipa paralon sebagai tempat dudukan USB modem EVDO lalu lapiasi pipa paralon dengan lakban alumunium di bagian luar seperti Gambar 3(a). Siapkan tutup pipa PVC yang lain, kemudian lapiasi tutup pipa tersebut dengan lakban alumunium di bagian dalamnya seperti Gambar 3(b), lalu pasang pada pipa yang telah dilapiasi oleh alumunium sebelumnya seperti pada Gambar 3(c).



Gambar 3. Pemasangan tutup paralon pada pipa (a) Pipa yang telah di lubangi (b) Tutup pipa yang telah di bungkus alumunium (c) Pipa PVC yang telah dipasang tutup pipa

5. Masukkan USB modem EVDO ke dalam pipa sebagai dudukan seperti Gambar 4.



Gambar 4. Pemasangan USB modem EVDO pada pipa (a) USB modem (b) Modem yang telah dipasang pada pipa PVC

6. Kemudian sambungkan pipa paralon yang telah ditutupi lakban alumunium pada reflektor wajan seperti Gambar 5.



Gambar 5. Antena reflektor wajanbolik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Metode Pengujian

Setelah selesai proses pembuatan reflektor antenna, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran dan pengujian antenna yang telah dibuat. Pengukuran dilakukan agar bisa mendapatkan data dari sistem tersebut sehingga dengan data ini dapat mengetahui kinerja dari antenna yang telah di rancang. Hasil pengukuran dapat dijadikan sebagai suatu acuan dalam analisa perangkat. Berikut beberapa tahap pengujian dalam penelitian ini :

1. Pengukuran pola radiasi.
2. Pengukuran *beamwidth*.
3. Pengukuran *gain*.
4. Pengukuran *transfer rate* data pada siang dan malam hari juga pada tempat *indoor* dan *outdoor*.

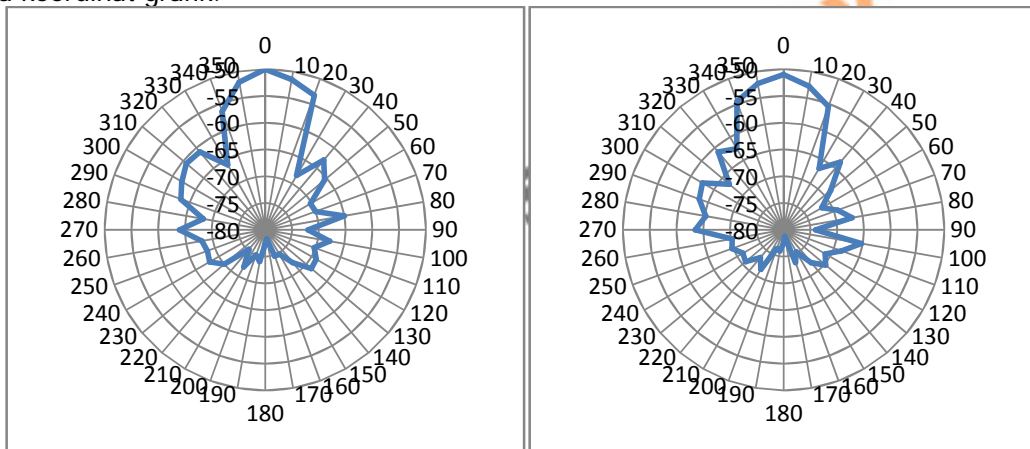
3.2 Pengukuran Pola Radiasi Antena.

Pengukuran pola radiasi antenna dengan reflektor wajanbolik dilakukan secara *manual* dengan memutar antenna tiap 10° searah jarum jam dengan keterarahan terhadap BTS (*Base Transceiver Station*) yang dituju. Tabel 2 merupakan data hasil pengukuran pola radiasi vertikal dan horizontal antenna wajanbolik.

Tabel 2. Data pengukuran pola radiasi vertikal dan horizontal antenna dengan reflektor wajanbolik

Sudut (°)	Level Daya (dBm)		Sudut (°)	Level Daya (dBm)		Sudut (°)	Level Daya (dBm)	
	Vertikal	Horizontal		Vertikal	Horizontal		Vertikal	Horizontal
0	-50	-51	120	-69	-71	240	-68	-71.25
10	-51,5	-52.75	130	-68,75	-69.75	250	-68,5	-69.75
20	-53,25	-55.5	140	-72	-72	260	-68	-70.25
30	-68,25	-66.75	150	-74,75	-75.25	270	-64	-63.5
40	-63	-63.5	160	-74,75	-73.5	280	-68,25	-65.25
50	-65,5	-68.5	170	-78,25	-78.75	290	-63,25	-63.25
60	-70,25	-71.75	180	-77,25	-77.5	300	-62	-62.5
70	-70	-69.25	190	-74	-76	310	-60,75	-66.75
80	-60	-67	200	-75	-76.25	320	-61	-61
90	-72	-74	210	-72	-71.5	330	-66	-62.5
100	-67,75	-65.25	220	-75,25	-73.25	340	-56,5	-54.5
110	-70,25	-68.5	230	-70	-70.75	350	-52	-52.25

Gambar 6 merupakan gambar pola radiasi antenna dengan reflektor wajanbolik yang diplot pada koordinat grafik.



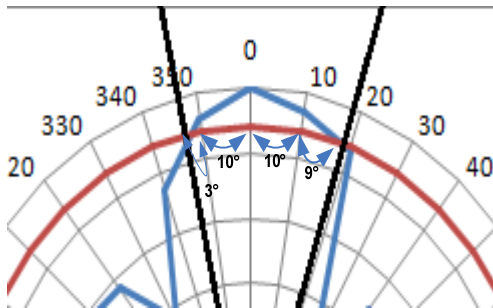
Gambar 6. Pola radiasi Vertikal.

Gambar 7. Pola radiasi Horizontal.

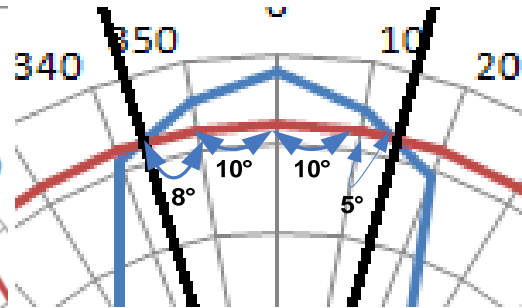
Pada Gambar 6 dan 7 terdapat pola radiasi antenna dengan reflektor wajanbolik yang terlihat mengarah pada satu arah tertentu (*directional*). Ini disebabkan karena level sinyal terbesar ada pada saat posisi antenna 0°, dimana pada posisi tersebut antenna menerima sinyal secara maksimal. Karena pada posisi 0° antenna tepat diarahkan menghadap BTS yang dituju (BTS SMARTFREN). Dan penerimaan level sinyal terendah terdapat pada posisi 180° dimana pada posisi tersebut antenna tidak tepat mengarah pada pemancar yang dalam hal ini adalah BTS.

3.3 Pengukuran *Beamwidth* Antenna.

Gambar 8 dan 9 menunjukkan *beamwidth* vertikal dan horizontal dari pengukuran antenna dengan reflektor wajanbolik.



Gambar 8. *Beamwidth* Vertikal



Gambar 9. *Beamwidth* Horizontal

Pada Gambar 8 terlihat lebar *beamwidth* yang diperoleh dari daya terima maksimum sebesar -50 dBm dikurangi setengah daya dalam satuan deciBel sebesar 3 dB menjadi -53 dBm, sehingga lebar *beamwidth* vertikal antenna dengan reflektor wajanbolik adalah 32°. Sedangkan pada Gambar 9 terlihat lebar *beamwidth* yang diperoleh dari daya terima maksimum sebesar -51 dBm dikurangi setengah daya dalam satuan deciBel sebesar 3 dB menjadi -54 dBm, sehingga lebar *beamwidth* horizontal antenna dengan reflektor wajanbolik adalah 33°.

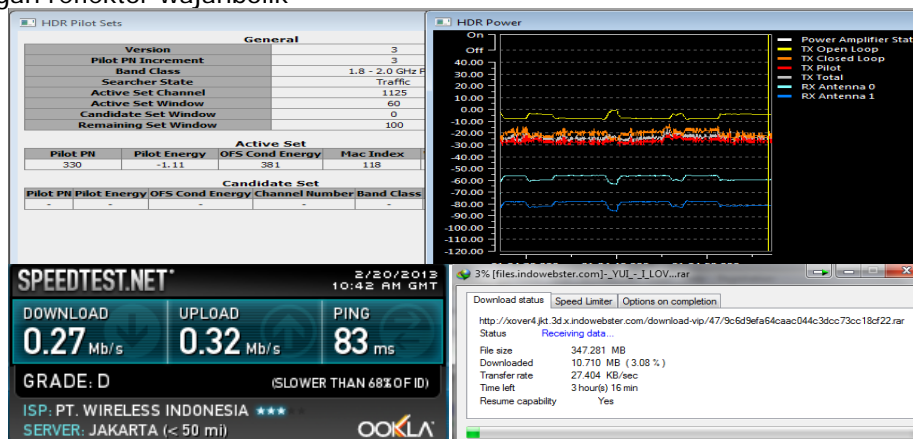
3.4 Perhitungan *Gain*

Perhitungan *gain* dilakukan dalam dua tahap yaitu melalui pengukuran dan berdasarkan teori. Dengan menggunakan persamaan (8) dan (9) didapat *gain* berdasarkan pengukuran sebesar 15,530 dB dan dengan menggunakan persamaan (10) didapat *gain* berdasarkan teoritis sebesar 15,156 dB. Dengan selisih sebesar 0,374 dB. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perhitungan *gain*, seperti ketepatan dalam pembacaan level sinyal dan keterarahan antenna terhadap BTS yang dituju.

3.5 Pengukuran *Transfer Rate Data*

Pengujian *transfer data* dilakukan dalam dua tahap dan dua kondisi yaitu pada siang dan malam hari serta dalam kondisi *indoor* dan *outdoor* menggunakan perangkat lunak QXDM (*Qualcomm eXtensible Diagnostic Monitor*), *Speedtest* dan IDM (*Internet Download Manager*).

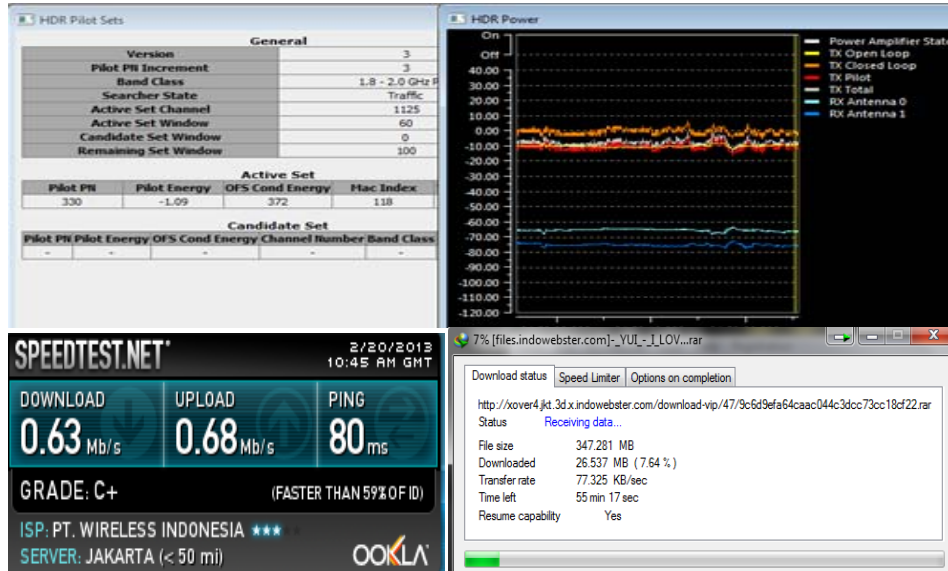
1. Pengujian di tempat *indoor* pada waktu siang hari dan tanpa menggunakan antenna dengan reflektor wajanbolik



Gambar 10. Pengujian *indoor*, siang hari, tanpa antenna

Pada pengujian *indoor*, siang hari, tanpa antenna didapat rata-rata level sinyal sebesar -79 dBm, dengan *throughput* sebesar 0,27 Mbps dan *transfer rate* sebesar 27,404 KBps.

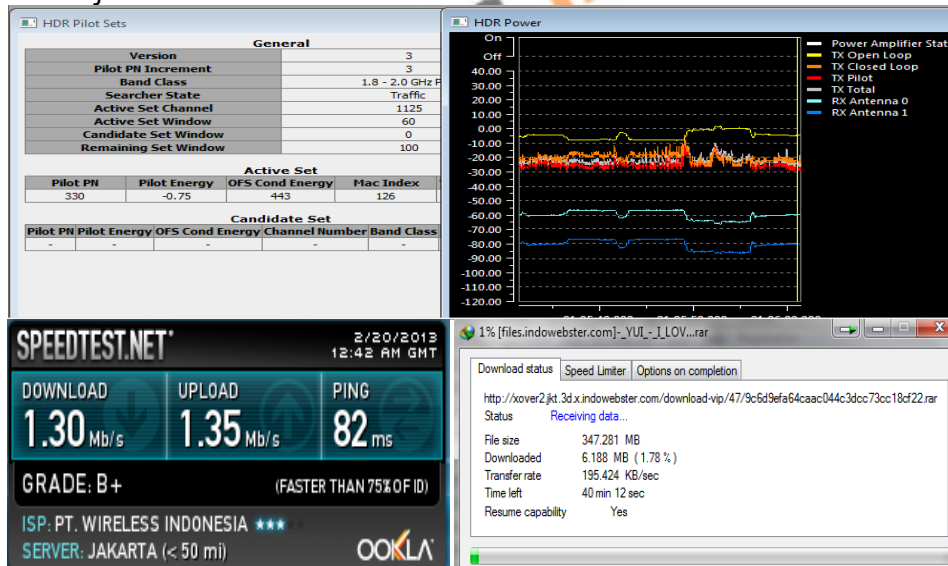
- Pengujian di tempat *indoor* pada waktu siang hari menggunakan antenna dengan reflektor wajanbolik



Gambar 11. Pengujian *indoor*, siang hari, dengan antenna

Pada pengujian *indoor*, siang hari, dengan antenna didapat rata-rata level sinyal sebesar -75 dBm, dengan *throughput* sebesar 0,63 Mbps dan *transfer rate* sebesar 77,325 KBps.

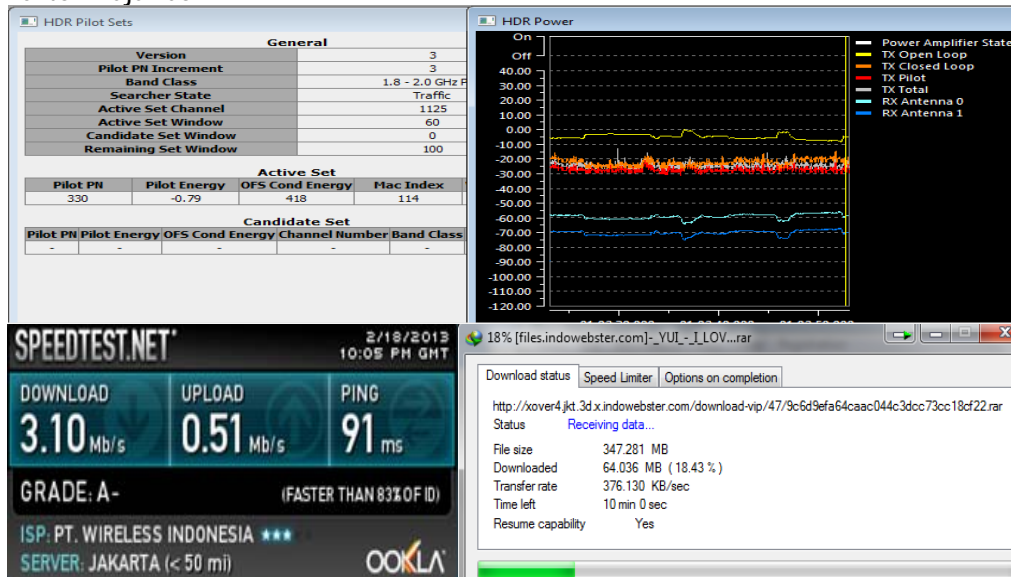
- Pengujian di tempat *indoor* pada waktu malam hari tanpa menggunakan antenna dengan reflektor wajanbolik



Gambar 12. Pengujian *indoor*, malam hari, tanpa antenna

Pada pengujian *indoor*, malam hari, tanpa antenna didapat rata-rata level sinyal sebesar -80 dBm, dengan *throughput* sebesar 1,30 Mbps dan *transfer rate* sebesar 195,424 KBps.

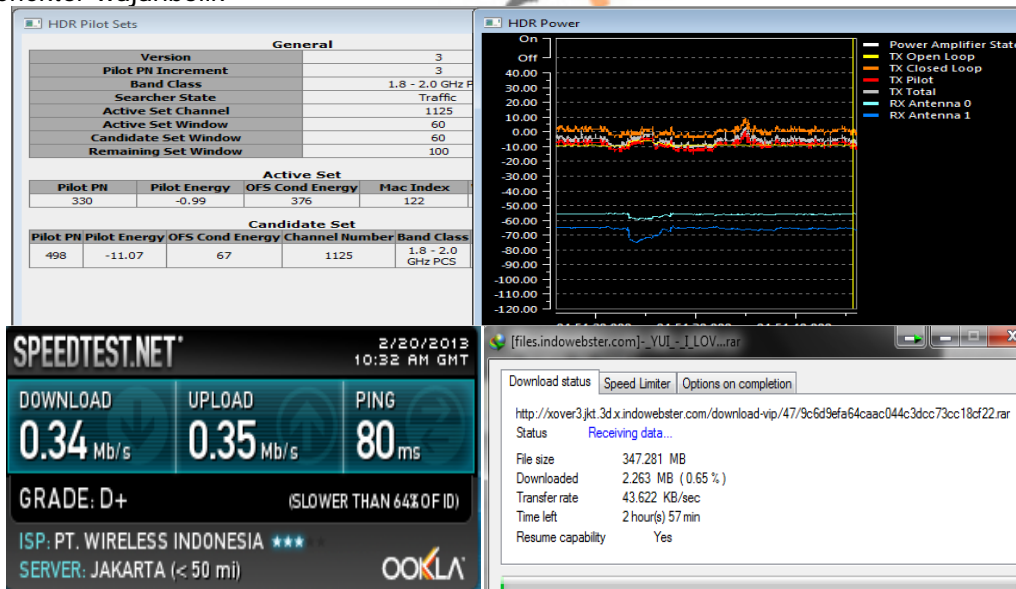
4. Pengujian di tempat *indoor* pada waktu malam hari menggunakan antena dengan reflektor wajanbolik



Gambar 13. Pengujian *indoor*, malam hari, dengan antena

Pada pengujian *indoor*, malam hari, dengan antena didapat rata-rata level sinyal sebesar -70 dBm, dengan *throughput* sebesar 3,10 Mbps dan *transfer rate* sebesar 376,130 KBps.

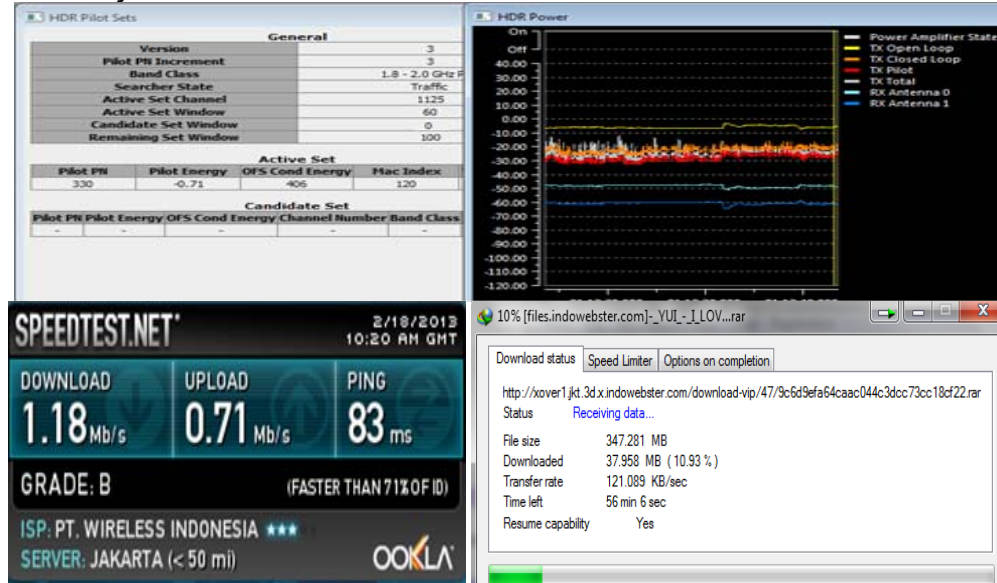
5. Pengujian di tempat *outdoor* pada waktu siang hari tanpa menggunakan antena dengan reflektor wajanbolik



Gambar 14. Pengujian *outdoor*, siang hari, tanpa antena

Pada pengujian *outdoor*, siang hari, tanpa antena didapat rata-rata level sinyal sebesar -66 dBm, dengan *throughput* sebesar 0,34 Mbps dan *transfer rate* sebesar 43,622 KBps.

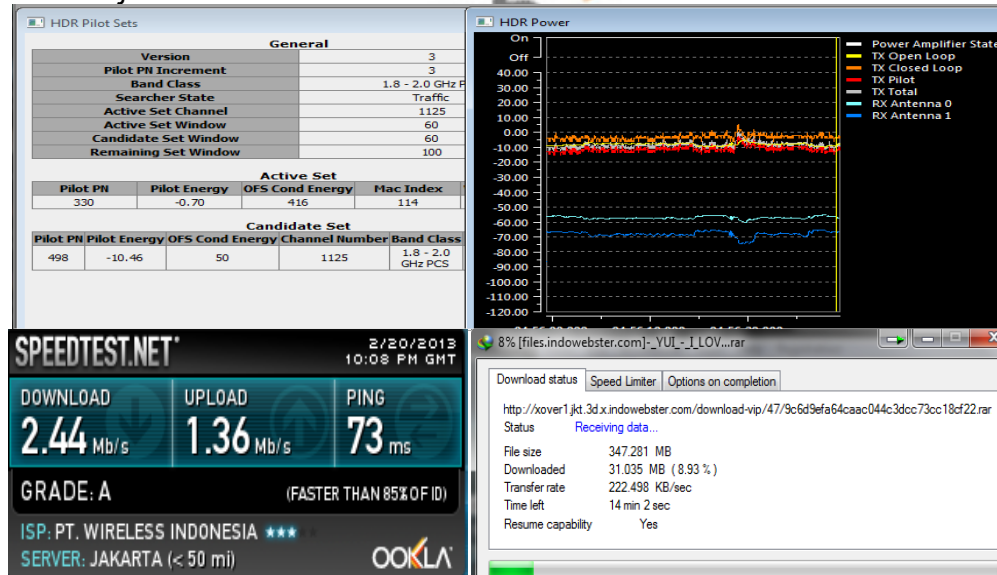
6. Pengujian di tempat *outdoor* pada waktu siang hari menggunakan antenna dengan reflektor wajanbolik



Gambar 15. Pengujian *outdoor*, siang hari, dengan antenna

Pada pengujian *outdoor*, siang hari, dengan antenna didapat rata-rata level sinyal sebesar -60 dBm, dengan *throughput* sebesar 1,18 Mbps dan *transfer rate* sebesar 121,089 KBps.

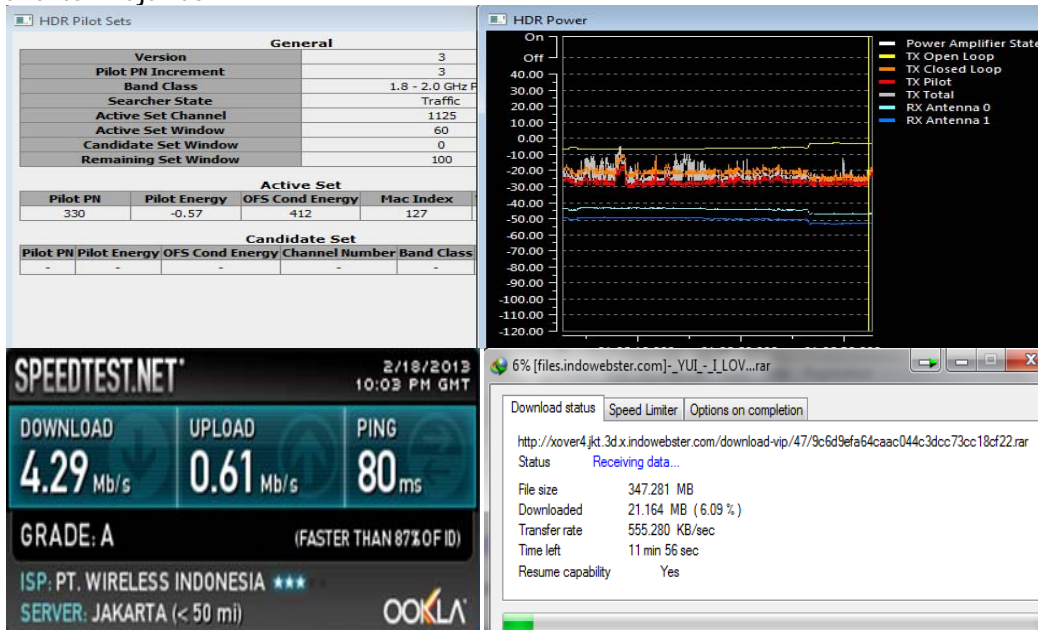
7. Pengujian di tempat *outdoor* pada waktu malam hari tanpa menggunakan antenna dengan reflektor wajanbolik



Gambar 16. Pengujian *outdoor*, malam hari, tanpa antenna

Pada pengujian *outdoor*, malam hari, tanpa antenna didapat rata-rata level sinyal sebesar -69 dBm, dengan *throughput* sebesar 2,44 Mbps dan *transfer rate* sebesar 222,498 KBps.

8. Pengujian di tempat *outdoor* pada waktu malam hari menggunakan antena dengan reflektor wajanbolik



Gambar 17. Pengujian *outdoor*, malam hari, dengan antena

Pada pengujian *indoor*, siang hari, tanpa antena didapat rata-rata level sinyal sebesar -50 dBm, dengan *throughput* sebesar 4,29 Mbps dan *transfer rate* sebesar 555,280 KBps.

Tabel 3. Hasil uji *transfer data*

Waktu	Kondisi	Uji Transfer Data					
		Indoor			Outdoor		
		Sinyal pada QXDM (dBm)	Throughput (Mbps)	Transfer Rate rata-rata Pada IDM (KBps)	Sinyal pada QXDM (dBm)	Throughput (Mbps)	Transfer Rate rata-rata Pada IDM (KBps)
Siang	Tanpa Antena	-79	0,27	31,092	-66	0,34	40,59
	Dengan Antena	-75	0,63	73,473	-60	1,18	144,325
Malam	Tanpa Antena	-80	1,30	163,792	-69	2,44	289,608
	Dengan Antena	-70	3,10	367,12	-50	4,29	559,07

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan antena wajanbolik baik itu pada siang hari ataupun malam hari dan juga pada keadaan *indoor* ataupun *outdoor* terlihat adanya peningkatan level sinyal terima yang terbaca pada *software* QXDM juga terlihat peningkatan *throughput* dan *transfer rate* yang terbaca pada IDM dan *speedtest*.

Peningkatan *throughput* terendah diperoleh pada pengujian dengan menggunakan antena wajanbolik pada siang hari dan pada keadaan *indoor* yaitu sebesar 0,36 Mbps yang hanya menghasilkan kenaikan rata - rata *transfer rate* data sekitar 42 KBps sedangkan

peningkatan *throughput* terbesar diperoleh pada pengujian dengan menggunakan antena wajanbolik pada malam hari dengan keadaan *outdoor* yaitu sebesar 1,85 Mbps yang menghasilkan kenaikan rata - rata *transfer rate* data sekitar 269 KBps jika dibandingkan dengan pengujian tanpa menggunakan antena pada waktu yang sama.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian, maka dapat diambil kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Antena dengan reflektor wajanbolik termasuk antena *directional* yang mempunyai keterarahan sinyal dilihat dari pola radiasi yang di dapat.
2. Antena dengan reflektor wajanbolik dapat memberikan *gain* sebesar 15,530 dB berdasarkan pengukuran dan sebesar 15,156 dB berdasarkan perhitungan dengan perbedaan *gain* sebesar 0,374 dB.
3. Peningkatan penerimaan sinyal modem dapat dibantu menggunakan antena dengan reflektor wajanbolik yang mendapatkan kenaikan sinyal terendah pada pengujian dalam keadaan *indoor* di siang hari yaitu sebesar 4 dB dan mendapatkan kenaikan sinyal tertinggi pada pengujian dalam keadaan *outdoor* di malam hari yaitu sebesar 19 dB dibandingkan pengujian tanpa menggunakan antena.
4. Peningkatan *throughput* diiringi juga oleh peningkatan *transfer* data. *Transfer* data rata – rata dapat meningkat antara 42 KBps sampai 269 KBps dari *transfer* data awal yang tanpa menggunakan antena dengan reflektor wajanbolik.

4.2 Saran

Adapun saran – saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini di masa depan agar lebih baik, yaitu :

1. Pemilihan bahan dan material pembuat reflektor yang lebih tepat serta penggunaan peralatan yang lebih diperhatikan kepresisiannya agar hasil yang diperoleh sesuai dengan perhitungan.
2. Penggunaan *software* USB *adapter* dengan versi yang terbaru sehingga mudah dalam pembacaan nilai level sinyal yang diperoleh.
3. Diperlukan *mounting* atau tiang yang cukup kuat dan tinggi karena alat ini juga berpengaruh terhadap angin dalam koneksinya dan juga pada saat *pointing* antena wajanbolik harus tepat mengarah ke BTS yang dituju dan di usahakan harus dalam keadaan *clear LOS (Line of Sight)*.

DAFTAR RUJUKAN

- Stallings,W. (2007). *Komunikasi dan Jaringan Nirkabel*. Jakarta: Erlangga.
- Purbo, O. W. (2007). *Panduan Praktis RT/RW-net & Antena Wajanbolik*. Jakarta: P.T. Prima Infosarana Media.
- Trisapto, P. (2004). *Diktat Kuliah Perencanaan Sistem Radio*. Bandung : Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional.
- Rahman, W. P. (2011). *Perancangan dan Realisasi Penguat Pada Wifi*. Bandung: Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional.
- Yurandi, N. (2012). *Perancangan dan Implementasi Reflector Antena Wifi dengan Frekuensi 2,4 GHz*. Bandung: Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional.