

Perancangan dan Implementasi *Reflector* Antena *Wifi* dengan Frekuensi 2,4 GHz

NUGRAHA YURANDI, LUCIA JAMBOLA, ARSYAD R. DARLIS

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : Oche_nunu@yahoo.com

ABSTRAK

Saat ini wifi sudah banyak diaplikasikan di berbagai lokasi strategis. Di tempat - tempat tersebut biasanya para pengguna bebas menggunakan akses internet. Bagi yang tempat tinggalnya dekat dengan access point merupakan suatu keuntungan, bagi yang tempat tinggalnya jauh bisa mengakses access point tersebut dengan membangun antena dengan gain yang tinggi sebagai penerima, karena dengan gain yang tinggi maka jangkauan meningkat, salah satu contohnya ada antena directional dengan reflector parabola. Pada penelitian ini dirancang dan diimplementasi antena menggunakan reflector dengan bahan wajan dan kawat. Perancangan dibuat berdasarkan perhitungan rumus secara teoritis terhadap titik fokus reflector dan waveguide, dan diuji dengan kondisi di dalam ruangan dan di luar ruangan. Dari hasil pengukuran dan analisis, diperoleh gain wajanbolic dan gridbolic sama sebesar 17,065 dBi, sedangkan gain berdasarkan teori sebesar 17,18 dBi. Level sinyal wajanbolic sebesar -40,94 dBm (indoor) dan -75,38 dBm (outdoor) lebih besar dibandingkan level sinyal gridbolic sebesar -47,02 dBm (indoor) dan -83 dBm (outdoor). Wajanbolic menangkap 16 access point sedangkan gridbolic 14 access point. Dengan demikian wajanbolic lebih unggul dibandingkan gridbolic.

Kata kunci : Reflector, Wajanbolic, Gridbolic, Access Point

ABSTRACT

Currently wifi is widely applied in various strategic locations. In that place, usually the user is free to use internet access. Those who lived close to the access point is an advantage, for those who have access to their homes far away access point is to build a high gain antenna as a receiver, because when the gain is high then the range increases, there is one example of a directional antenna with a parabolic reflector . In this research, it was designed and implemented the antenna using a reflector with frying pan and wire materials. The design was based on the calculation of the theory formula for the focal point reflector and waveguide, and tested in the indoor and outdoor conditions. From the measurement and analysis, it has obtained where the wajanbolic and gridbolic had the same gain of 17.065 dBi, while based on the theory the gain was 17.18 dBi. The wajanbolic signal levels were -40.94 dBm wajanbolic (indoor) and -75.38 dBm (outdoor), where it was greater than the gridbolic signal levels as -47.02 dBm (indoor) and -83 dBm (outdoor). The wajanbolic capture was 16 access points while that the gridbolic was 14 access point. Thus the wajanbolic better than the gridbolic.

Keywords : Reflector, Wajanbolic, Gridbolic, Access point

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka sarana untuk mendapatkan informasi semakin maju dan berkembang. Salah satu sarana untuk mendapatkan informasi terutama pada jarak jauh adalah dengan menggunakan teknologi jaringan *Wireless Fidelity (Wifi)*. Awalnya *Wifi* ditujukan untuk penggunaan *Wireless Local Area Network (WLAN)*, namun saat ini lebih banyak digunakan untuk mengakses internet. Hal ini memungkinkan seseorang dapat menggunakan kartu nirkabel (*Wireless Card*) atau *Personal Digital Assistant (PDA)* untuk bergabung dengan internet dengan menggunakan titik akses (dikenal dengan *Hotspot*). Saat ini di kota besar sudah banyak sekali tersedia jaringan *hotspot* gratis. Bagi mereka yang tempat tinggalnya dekat dengan *free hotspot*, maka hal itu adalah sesuatu yang sangat menyenangkan tapi lain halnya bagi mereka yang letak rumahnya jauh dari fasilitas. Maka perlu adanya pengembangan terhadap jaringan infrastruktur yang sudah ada agar jaringan tersebut dapat dimanfaatkan lebih maksimal.

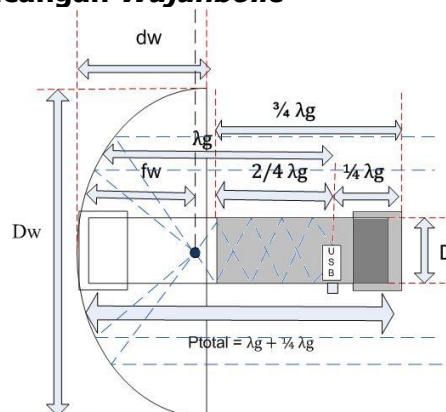
Untuk meningkatkan jangkauan jaringan *Wifi* dibutuhkan sebuah antena eksternal dengan *gain* yang tinggi dibandingkan dengan antena standar yang biasa digunakan. Salah satunya adalah antena *directional* yang biasanya digunakan di sisi *client* contohnya *reflector parabolic* (Purbo, 2011; Wowok, 2008).

Dalam penelitian ini dapat diangkat perumusan masalahnya yaitu bagaimana merancang sebuah *reflector* untuk frekuensi 2,4 GHz dan bagaimana memuat *reflector* antena yang bisa menghasilkan performansi *gain* yang optimal. Solusinya adalah memperhitungkan dengan cermat dan ketelitian terhadap beberapa variabel. Wajanbolic secara umum terdiri atas *reflector* dan *waveguide*. Jadi diperlukan perhitungan untuk memperhitungkan parameternya yang berupa titik *focus reflector*, panjang gelombang radio di udara, panjang gelombang radio di dalam *waveguide*, diameter pipa, posisi usb adapter, panjang pipa yang dilapisi aluminium, panjang pipa keseluruhan dan jarak minimum.

Tujuan dari perancangan dan implementasi *reflector* antena wifi untuk frekuensi 2,4 GHz adalah memperoleh perbandingan kinerja dari wajanbolic dan gridbolic. Parameter penting yang harus diketahui untuk pengukuran dan analisis adalah nilai *gain*, bentuk pola radiasi, nilai *beamwidth*, dan *level* sinyal. Sehingga untuk mendapatkan parameter tersebut, antena diuji terhadap *access point* dengan kondisi di dalam dan di luar ruangan dan menggunakan *software* Xirrus Wifi Inspector (www.xirrus.com, 2009)

2. METODE PERANCANGAN

2.1 Perhitungan Perancangan Wajanbolic



Gambar 1. Parameter wajanbolic

Gambar 1 di atas merupakan gambar dengan parameter untuk desain pengukuran wajanbolic. Berdasarkan Gambar 1, pada perancangan *wajanbolic* dibutuhkan parameter : (Rahman, 2011; Suyato, 2007; Adiyanto,2008)

1. Fokus Wajan (Fw)

$$Fw = \frac{Dw^2}{16 \times dw} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Dw = Diameter *reflector* (45.5 cm)

dw = kedalaman *reflector* (14 cm)

2. Panjang Gelombang Radio 2.4 Ghz di udara (λ)

$$\lambda = \frac{c}{Freq} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

C = kecepatan cahaya di udara (300.000.000 m/detik)

Freq = frekuensi yang digunakan (2.4 Ghz)

3. Diameter pipa paralon

Diameter pipa paralon harus memenuhi syarat dengan persamaan (3)

$$0.60\lambda < D < 0.75\lambda \dots\dots\dots(3)$$

4. Panjang gelombang frekuensi 2.4 Ghz di dalam pipa paralon (λ_g)

$$\lambda_o = \frac{2 \times \pi \times r}{1.814} \dots\dots\dots(4)$$

$$r = \frac{D}{2} \dots\dots\dots(5)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{1 - \frac{\lambda}{1,706 \times D}} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

λ = panjang gelombang di udara

λ_o = panjang gelombang dari low cut frekuensi yang tergantung dari diameter silinder

D = diameter pipa paralon 3"

5. Posisi USB wireless adapter (S)

$$S = \frac{\lambda_g}{4} \dots\dots\dots(7)$$

6. Panjang pipa paralon yang dilapisi aluminium (L)

$$L = \frac{3}{4} \times \lambda_g \dots\dots\dots(8)$$

7. Panjang pipa total

$$P_{tot} = \lambda_g + \frac{1}{4} \lambda_g \dots\dots\dots(9)$$

Setelah pengukuran desain wajanbolic maka dilakukan pengukuran untuk memperoleh nilai *gain*. Pada penelitian ini membandingkan *gain* secara teoritis dan *gain* setelah pengukuran, dengan persamaan (Kraus, 2002; Muslim,2008):

Secara teoritis

$$G = 10 \log \eta + 20 \log f + 20 \log Dw + 20.4 \dots\dots\dots(10)$$

Secara pengukuran

$$G = \eta \times D \dots\dots\dots(11)$$

$$D = \frac{41000}{\theta_{HP}^\circ \Phi_{HP}^\circ} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

η = efisiensi wajan 0,4

D = directivity

θ_{HP}^o = half power beamwidth bidang E

Φ_{HP}^o = half power beamwidth bidang H

Dw = diameter wajan

f = frekuensi yang digunakan

Untuk melakukan penelitian, terlebih dahulu mengetahui jarak minimum terhadap access point sebagai syarat pengukuran. Berdasarkan persamaan (13) di bawah

$$r > \frac{2Dw^2}{\lambda} \approx r > \frac{2Dw^2f}{c} \dots\dots\dots(13)$$

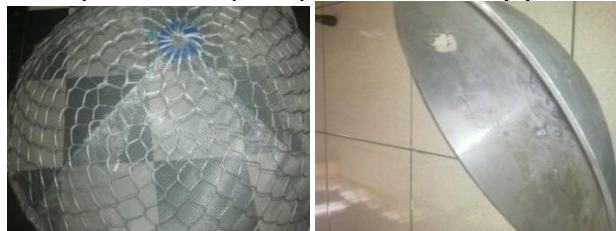
Dimana :

- Dw = diameter wajan (45.5 cm)
- λ = panjang gelombang (12.5 cm)
- f = frekuensi (2.4 Ghz)
- C = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

2.2 Perakitan *Wajanbolic* dan *Grid*

Langkah – langkah pembuatan *wajanbolic* adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan semua alat dan bahan yang diperlukan seperti kawat,wajan,pipa paralon baut, dan aluminium foil
2. Melakukan perhitungan parameter – parameter nilai yang dibutuhkan.
3. Melubangi tepat pada tengah diameter wajan seperti pada Gambar 2(b).
4. Untuk yang *grid* , melakukan pelilitan sampai membentuk parabola dengan bantuan plakast besi sebagai pusat diameter parabola seperti pada Gambar 2(a).



(a) (b)
Gambar 2. Reflector grid dan wajan

5. Melubangi tutup pipa paralon 3” pada bagian tengah untuk memasang mur baut seperti pada Gambar 3(a) untuk selanjutnya disambungkan pada *reflector* seperti pada Gambar 3(b)



(a) (b)
Gambar 3. Penutup pipa paralon 3”

6. Melapisi tutup pipa paralon 3” yang satunya dengan aluminium foil pada bagian dalamnya.
7. Melubangi pipa paralon 1” sebagaiudukan USB dan direkatkan di dalam penutup pipa paralon 3” yang dilapisi aluminium foil didalamnya seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penutup pipa paralon dan dudukan USB

8. Memotong pipa paralon 3" sepanjang nilai total pipa yang digunakan.
9. Melubangi pipa paralon sesuai lebar USB, menurut posisi USB di pipa
10. Melapisi pipa paralon dengan aluminium foil di bagian luar sepanjang parameter yang sudah dihitung dari salah satu ujungnya. Dimaksudkan agar sinyal yang telah masuk ke dalam pipa paralon 3" tidak terpancar keluar kembali mengingat fungsi pipa paralon adalah sebagai *waveguide* seperti terlihat pada Gambar 5



Gambar 5. Pipa paralon yang dilapisi aluminium foil

11. Menyambungkan pipa paralon ke *reflector* dan tutup dengan penutup pipa yang telah dilapisi aluminium foil di dalamnya seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Reflector antena yang sudah jadi

12. Selanjutnya pipa paralon disambungkan ke *reflector* grid seperti pada gambar 7(a) dan *reflector* wajan seperti pada Gambar 7(b).



Gambar 7. Gridbolic dan Wajanbolic

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian antena ini menggunakan AP (*Access point*) yang terdapat pada zona yang akan diukur. Pengujian kali ini antena mengarah ke *Acess Point* Laboratorium TTL Teknik Elektro ITENAS dan menggunakan *software* Xirrus Wifi Inspector sebagai pengukur *level* sinyal.

Dalam pengujian menggunakan beberapa skenario diantaranya :

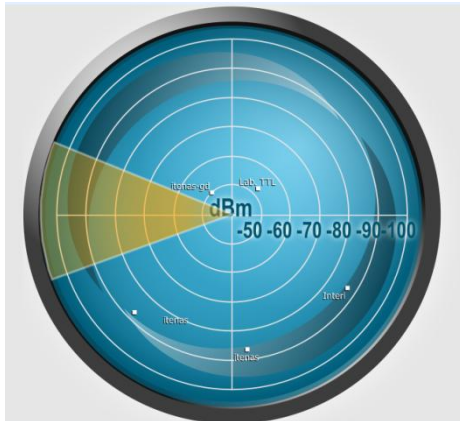
1. Pengujian pertama USB *wifi* eksternal tanpa *reflector* di tempat *indoor*.
2. Pengujian kedua USB *wifi* eksternal menggunakan *reflector grid* di tempat *indoor*.

3. Pengujian ketiga USB *wifi* eksternal menggunakan *reflector* wajan di tempat *indoor*.
4. Pengujian keempat USB *wifi* eksternal tanpa *reflector* di tempat *outdoor*.
5. Pengujian kelima USB *wifi* eksternal menggunakan *reflector grid* di tempat *outdoor*.
6. Pengujian keenam USB *wifi* eksternal menggunakan *reflector* wajan di tempat *outdoor*.

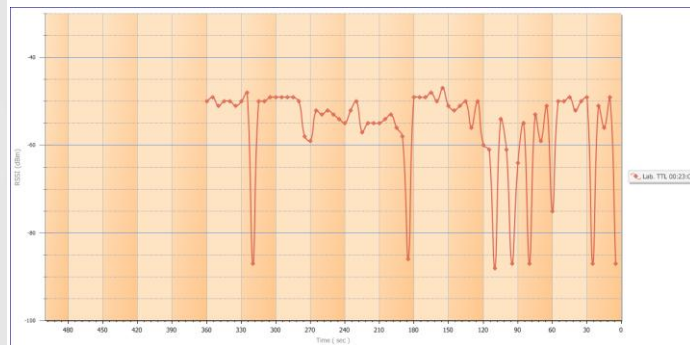
Setelah pengujian diatas maka tahap selanjutnya adalah pengukuran jarak minimum antara pemancar dan penerima, pola radiasi, *beamwidth*, *gain*.

3.1 Pengujian Menggunakan Software

1. Pengujian pertama USB *wifi* eksternal tanpa *reflector* di tempat *indoor*.



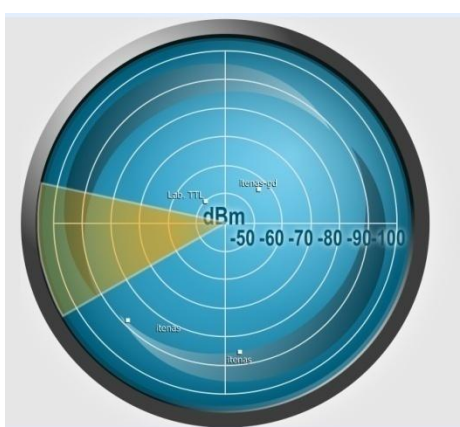
Gambar 8a. Radar



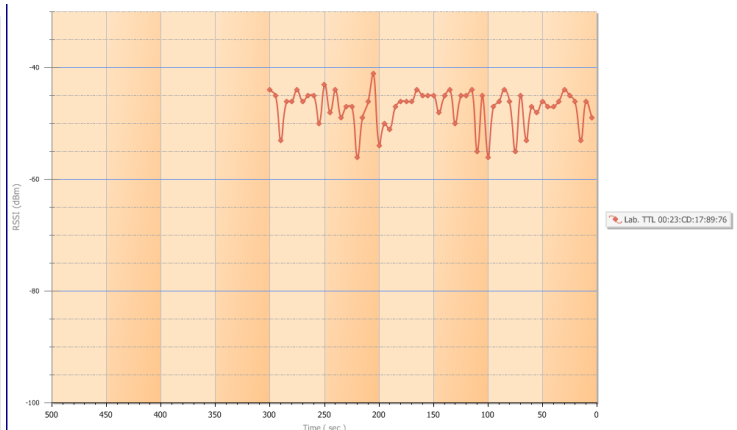
Gambar 8b. Grafik RSSI terhadap waktu

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 8(a) radar mendeteksi 5 buah titik *access point* dan Gambar 8(b) diperoleh bahwa USB *wifi* mendeteksi sinyal sebesar antara -47 dBm sampai -88 dBm, dengan kondisi sinyal tidak stabil.

2. Pengujian kedua USB *wifi* eksternal menggunakan *reflector grid* di tempat *indoor*.



Gambar 9(a). Radar

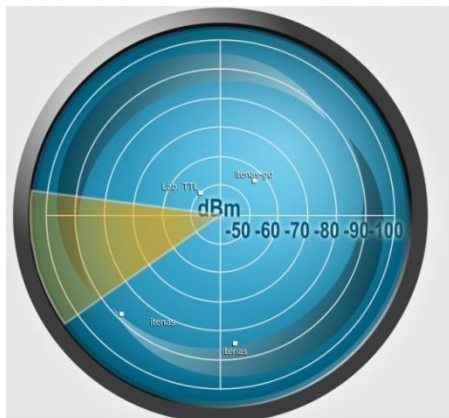


Gambar 9(b). Grafik RSSI terhadap waktu

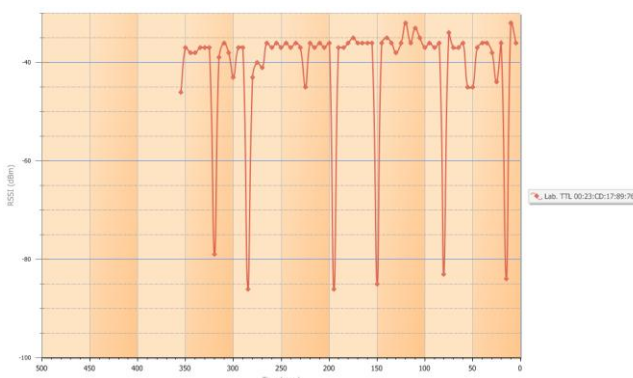
Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 9(a) mendeteksi 4 buah titik *access point* dan Gambar 9(b) diperoleh bahwa USB *wifi* mendeteksi sinyal sebesar antara -41 dBm sampai -56 dBm, dengan kondisi sinyal tidak stabil.

3. Pengujian ketiga USB *wifi* eksternal menggunakan *reflector* wajan di tempat *indoor*.

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 10(a) di bawah mendeteksi 4 buah titik *access point* dan Gambar 10(b) di bawah diperoleh bahwa USB *wifi* mendeteksi sinyal sebesar antara -32 dBm sampai -86 dBm, dengan kondisi sinyal tidak stabil.

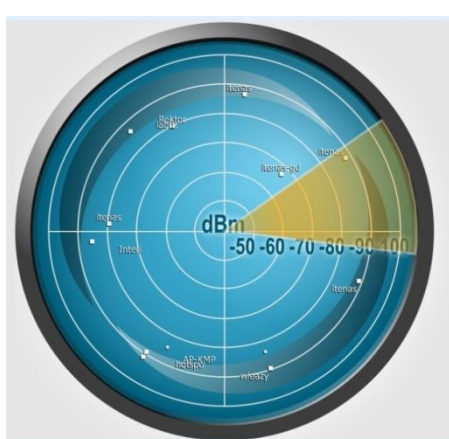


Gambar 10(a). Radar

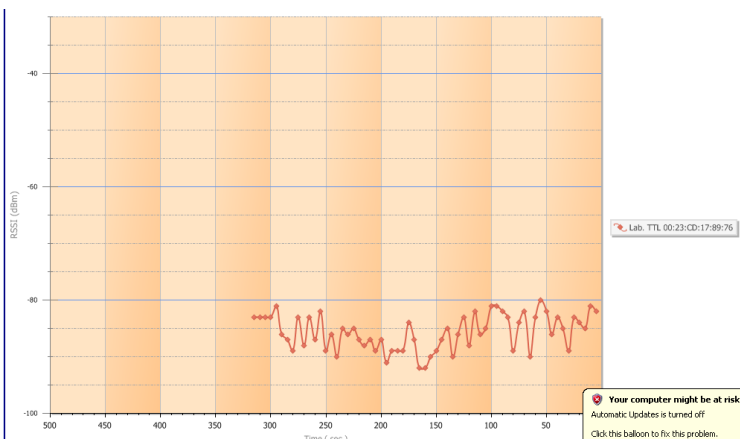


Gambar 10(b). Grafik RSSI terhadap waktu

4. Pengujian keempat USB *wifi* eksternal tanpa *reflector* di tempat *outdoor*.



Gambar 11(a). Radar

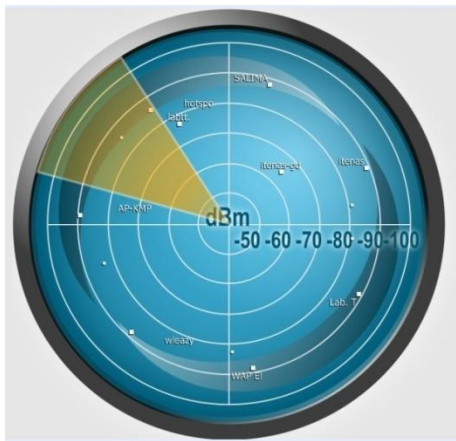


Gambar 11(b). Grafik RSSI terhadap waktu

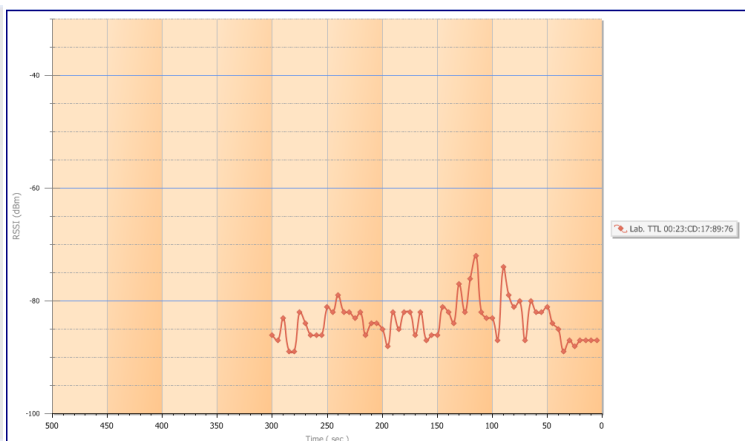
Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 11(a) mendeteksi 11 *hotspot* dan Gambar 11(b) diperoleh bahwa USB *wifi* mendeteksi sinyal sebesar antara -80 dBm sampai -92 dBm, dengan kondisi sinyal tidak stabil.

5. Pengujian kelima USB *wifi* eksternal menggunakan *reflector grid* di tempat *outdoor*.

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 12(a) dibawah mendeteksi 14 buah titik *access point* dan Gambar 12(b) diatas, diperoleh bahwa USB *wifi* mendeteksi sinyal sebesar antara -72 dBm sampai -89 dBm, dengan kondisi sinyal tidak stabil.



Gambar 12(a). Radar

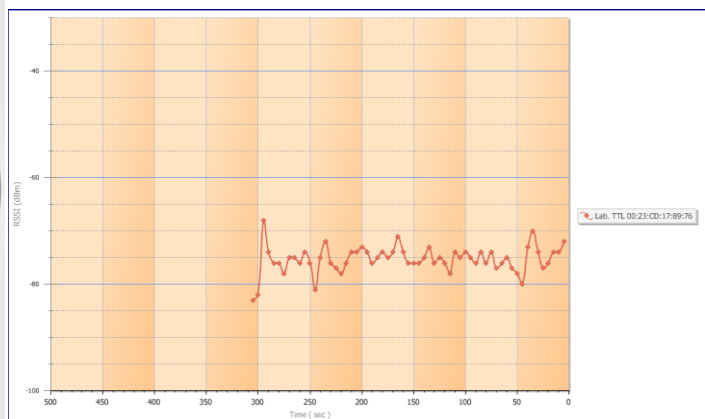


Gambar 12(b). Grafik RSSI terhadap waktu

6. Pengujian keenam USB wifi eksternal menggunakan *reflector* wajan di tempat *outdoor*.



Gambar 13(a). Radar



Gambar 13(b) Grafik RSSI terhadap waktu

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 13(a) mendeteksi 16 buah titik *access point* dan Gambar 13(b) diperoleh bahwa USB *wifi* mendeteksi sinyal sebesar antara -67 dBm sampai -83 dBm, dengan kondisi sinyal tidak stabil.

Tabel 1. Hasil pengukuran skenario

Ruangan	Kondisi	Level Sinyal		Jumlah <i>Access Point</i>	Rata " Level Sinyal (dBm)
		Maksimum (dBm)	Minimum (dBm)		
Indoor	tanpa reflector	-47	-88	5	-53.22
	reflector wajan	-32	-86	4	-40.94
	reflector grid	-41	-56	4	-47.02
outdoor	tanpa reflector	-80	-92	11	-85.84
	reflector wajan	-67	-83	16	-75.38
	reflector grid	-72	-89	14	-83

Tabel 1 merupakan hasil pengukuran skenario yang dilakukan dengan menampilkan nilai level sinyal maksimum, minimum, jumlah *access point*, rata – rata level sinyal berdasarkan ruangan indoor, outdoor dan kondisi *reflector* yang digunakan.

3.2 Pengukuran Parameter Desain Perancangan

Berdasarkan parameter yang diukur untuk perancangan *reflector* dan *waveguide*, diperoleh nilai yang tertuang pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran parameter perancangan

Freq. Wifi	f	2,4	GHz
	λ	12,5	cm
	$\lambda/4$	3,125	cm
Diameter Tabung/Feeder	D	8,9	cm
	Lo	15,1834	cm
	$(\lambda/Lo)^2$	0,67777	
	$1 - (\lambda/Lo)^2$	0,32223	
	$\sqrt{1 - (\lambda/Lo)^2}$	0,56765	
	λg	22,0205	cm
Posisi RF feed	$S = \lambda g/4$	5,50512	cm
PanjangPipa/feeder	$L = 3/4 \lambda g$	16,5154	cm
Panjang Total Pipa		25,75735	cm

3.3 Pengukuran Pola Radiasi

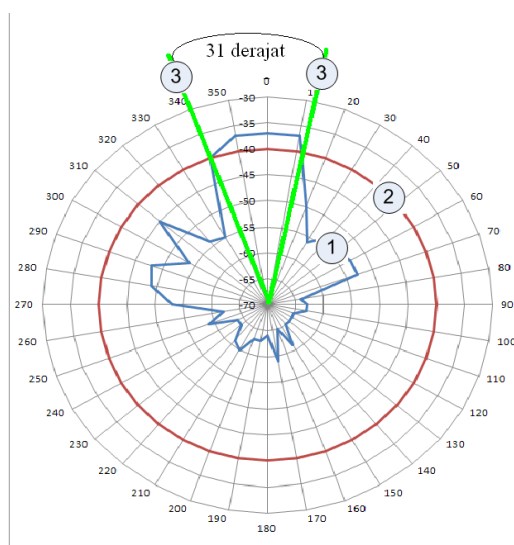
Berdasarkan Tabel 3, proses pengukuran dilakukan secara *manual* yaitu untuk mendapatkan hasil pemancar di sisi *access point* diukur daya penerimaan yang diterima *wajanbolic*. Pengukuran dilakukan menggunakan *reflector solid* (wajan) dan *grid* (kawat).

Tabel 3. hasil pengukuran pola radiasi horizontal

Sudut (derajat)	Level Kuat Medan (dB)	
	Wajan	Grid
0	-37	-38
10	-37	-37
20	-50	-48
30	-56	-48
40	-53	-46
50	-54	-44
60	-53	-48
70	-53	-55
80	-64	-50
90	-63	-51
100	-63	-51
110	-65	-53
120	-65	-47
130	-65	-53
140	-65	-59
150	-61	-57
160	-65	-59
170	-59	-59
180	-64	-64

Sudut (derajat)	Level Kuat Medan (dB)	
	Wajan	Grid
190	-63	-55
200	-63	-59
210	-60	-62
220	-61	-56
230	-64	-52
240	-64	-52
250	-59	-51
260	-62	-45
270	-53	-49
280	-49	-47
290	-48	-52
300	-54	-48
310	-45	-44
320	-54	-44
330	-55	-48
340	-40	-40
350	-37	-38

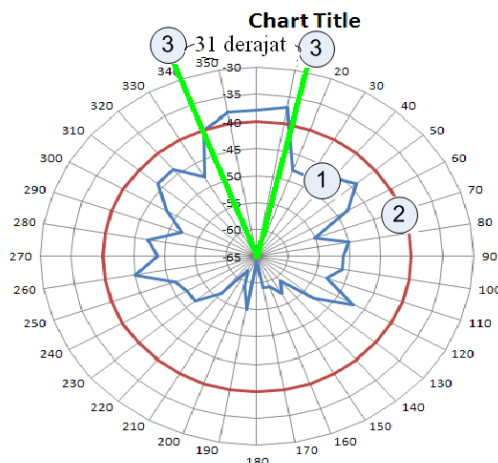
Grafik pola radiasi secara horizontal pada *reflector* wajan yang diplot pada sistem koordinat polar dilihat pada Gambar 14 sebagai berikut:



Gambar 14. Pola Radiasi dan Beamwidth *Reflector* Wajan

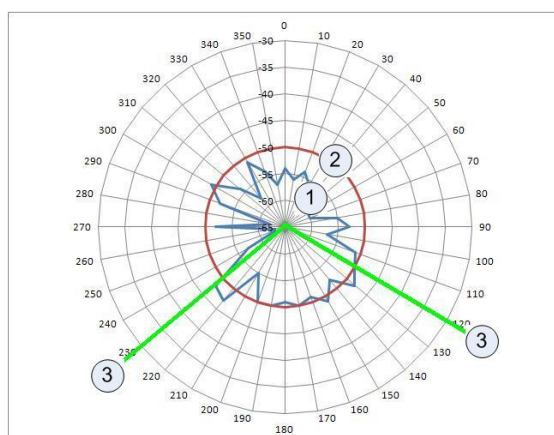
Berdasarkan gambar di atas diperoleh daya terima maksimum sebesar -37 dBm pada posisi 0° , sedangkan daya terima minimum diperoleh sebesar -64 dBm pada posisi 240° . Setelah pola radiasi horizontal diplot pada sistem koordinat polar terlihat pada Gambar 14 nomor 1. Maka dapat dilihat pada nomor 2, *half power beamwidth* yang diperoleh dari daya terima maksimum sebesar -37 dBm dikurangi setengah daya yang diekspresikan dalam decibel adalah 3 dB, maka didapatkan sebesar -40 dBm. Jadi untuk *half power beamwidth* horizontal didapat sebesar 31° terlihat pada jarak antara nomor 3.

Grafik pola radiasi secara horizontal pada *reflector* grid yang diplot pada sistem koordinat polar dilihat pada Gambar 15 di bawah



Gambar 15. Pola Radiasi dan Beamwidth *Reflector Grid*

Berdasarkan gambar diatas diperoleh daya terima maksimum sebesar -37 dBm pada posisi 10° , sedangkan daya terima minimum diperoleh sebesar -64 dBm pada posisi 180° . Setelah pola radiasi horizontal diplot pada sistem koordinat polar pada Gambar 15 nomor 1. Maka dapat dilihat pada nomor 2, *half power beamwidth* yang diperoleh dari daya terima maksimum sebesar -37 dBm dikurangi setengah daya yang diekspresikan dalam deciBel adalah 3dB, maka didapatkan sebesar -40 dBm. Jadi untuk *half power beamwidth* horizontal didapatkan sebesar 31° terlihat pada jarak antara nomor 3.



Gambar 16. Pola Radiasi dan Beamwidth USB Wireless Adapter

Berdasarkan gambar diatas diperoleh daya terima maksimum sebesar -47 dBm pada posisi 220° . Setelah pola radiasi horizontal diplot pada sistem koordinat polar pada Gambar 16 nomor 1. Maka dapat dilihat pada nomor 2, *half power beamwidth* yang diperoleh dari daya terima maksimum dikurangi setengah daya yang diekspresikan dalam deciBel adalah 3 dB, maka didapatkan sebesar -50 dBm. Jadi untuk *half power beamwidth* horizontal sebesar 110° terlihat pada jarak antara nomor 3.

3.4 Pengukuran *Gain*

Untuk pengukuran *gain* dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap pertama berdasarkan teori dan tahap kedua berdasarkan pengukuran. Hasil pengukuran *gain* berdasarkan teori sebesar 2,15 (Adiyanto,2008) dan menggunakan persamaan (10) diperoleh gain sebesar 17,18 dBi

Sedangkan hasil untuk pengukuran *gain* berdasarkan pengukuran menggunakan persamaan (11)(12) dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah

Tabel 4. *Gain* berdasarkan pengukuran

	<i>Directivity</i> (derajat)	<i>Gain</i> (dBi)
<i>Wajanbolic</i>	42,663	17,065
<i>Gridbolic</i>	42,663	17,065
<i>USB Adapter</i>	33,884	1,35

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengukuran, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan rata-rata level sinyal percobaan tanpa *reflector*, dengan *reflector solid*, dan dengan *reflector grid*. Dapat dilihat bahwa pada kondisi indoor, level sinyal tertinggi pada saat memakai reflector wajan dengan nilai sebesar -40,94 dBm dan pada kondisi outdoor, level sinyal tertinggi pada saat memakai reflector wajan dengan nilai sebesar -75,38 dBm.
2. Nilai *gain* pada saat teori sebesar 17,18 dBi, sedangkan *gain* berdasarkan pengukuran diperoleh nilai *gain* sebesar 17,065 dBi, berbeda 0,115 dBi dengan *gain* secara teori. Sedangkan *gain* berdasarkan pengukuran pada USB *wireless adapter* sebesar 1.35 dBi.
3. Dari segi pola radiasi, pola pada *reflector grid* tampak lebih melebar dikarenakan sinyal gelombang *electromagnet* masih bisa masuk lewat sudut pinggiran *reflector* yang berupa jaring.
4. Berdasarkan jumlah *access point* yang di tangkap oleh radar, dapat dilihat jika tanpa menggunakan *reflector* diterima 11 *access point* sedangkan pada saat menggunakan *reflector grid* diterima 14 *access point* dan saat menggunakan *reflector* wajan diterima 16 *access point*. Pada saat hanya menggunakan *USB wireless adapter*, pola radiasinya melebar sedangkan pada saat menggunakan *reflector* pola radiasinya lebih terarah.

DAFTAR PUSTAKA

- Wowok (2008), *Antena Wireless untuk Rakyat*, Andi Yogyakarta,.
- Adiyanto, Molin (2008), *Pembuatan Antena Wajanbolic*, Teknologi Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kraus, John D. (2002), *Antennas For All Applications:Third Edition*, page 51, McGraw-Hill, New York,
- Muslim, Much Aziz (2008), *Pemanfaatan Wajan untuk Antena Wifi*, Teknik Informasi Universitas Stikubank Semarang.
- Purbo, Onno W, *Jaringan Wireless di Dunia Berkembang*, Andi Yogyakarta, 2011.
- Suyato, Msc,Ir. (2007), Catatan Kuliah Antena dan Propagasi Gelombang Radio, Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Rahman, Widita Prasetia (2011), *Perancangan dan Realisasi Penguat Pada Wifi*, Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung.
- www.xirrus.com (2009), akses November 2012.