

ANTENA MIKROSTRIP *SLOT* BERSTRUKTUR KUPU-KUPU DENGAN *FEEDING CO-PLANAR WAVEGUIDE*

Didi Muhtadi¹⁾ Yono Hadi Pramono²⁾

¹⁾ Program Studi Pascasarjana Jurusan Fisika FMIPA
ITS Surabaya, diermania@physics.its.ac.id

²⁾ Jurusan Fisika FMIPA ITS, yono@physics.its.ac.id

Abstrak

Telah dirancang prototipe sebuah antena *slot* berstruktur kupu-kupu dengan menggunakan masukan *co-planar wave guide* yang dapat beroperasi pada frekuensi kerja pada standar IEEE 801.11 b/g (2400 – 2485 MHz), untuk kebutuhan komunikasi *wireless*. Hasil fabrikasi dari antena ini dikarakterisasi dengan alat *Network Analyzer* type HP 8714C dengan frekuensi maksimum 3000 MHz.

Dalam penelitian ini dibuat 2 desain antena. Antena kupu-kupu tunggal mendapatkan *return loss (RL)* sebesar -23,365 dB pada frekuensi tengah 2400 MHz. Frekuensi kerja optimum antena pada frekuensi 2385 dengan *RL* sebesar -23,521 dan *VSWR* 1,143. Lebar pita frekuensi (*bandwith*) 1945 MHz yang terukur pada range 1055 MHz hingga 3000 MHz, menunjukkan antena dengan rentang frekuensi UWB (*Ultra Wideband*). Antena kupu-kupu ganda pada frekuensi tengah 2400 MHz mendapatkan *RL* -23,26 dB, dan frekuensi kerja optimum pada frekuensi 2560 MHz dengan *RL* sebesar -23,84 dB dan *VSWR* 1,137. Lebar pita frekuensi (*bandwith*) yang terukur 1270 MHz pada range 1730 MHz hingga 3000 MHz, dengan demikian menunjukkan antena UWB (*Ultra Wideband*)

Hasil pengukuran pola radiasi antena kupu-kupu tunggal mempunyai nilai *SNR* 38 dB pada arah horizontal dan besarnya penguatan terhadap antena pembanding yang berupa antena monopol dengan *SNR* 26 dB sebesar 12 dB. antena kupu-kupu ganda mempunyai nilai *SNR* 39 dB dengan besarnya penguatan terhadap antena pembanding monopol 13 dB.

Diharapkan kedua desain antena yang dibuat dapat diterapkan dalam komunikasi wifi dengan keunggulan *bandwithnya* yang sangat lebar.

Kata kunci : *CPW, Gain, Kupu-kupu, Mikrostrip slot, Return loss*

I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi di bidang telekomunikasi khususnya teknologi tanpa kabel (*wireless*) mendorong para perancang antena baik dari kalangan akademis maupun dari kalangan industri untuk merancang suatu antena yang dapat mendukung teknologi tersebut. Pertumbuhan yang cepat dalam teknologi komunikasi *wireless* ini menuntut digunakannya *multi* frekuensi dalam satu perangkat (*device*). Karena itu banyak sistem yang bekerja pada multi frekuensi, seperti pada telepon seluler (800/900/1800 MHz), *wireless local area network* (WLAN) dan HIPERLAN/2.

HIPERLAN/2 spesifik bekerja pada dua *band* frekuensi dengan rentang 5,15-5,35 GHz dan 5,470-5,725 GHz. Sedangkan WLAN berstandar IEEE 802.11a/b/g menggunakan tiga band frekuensi pada daerah 5 GHz dengan *range* 5,12-5,25 GHz, 5,25-5,35 GHz dan 5,725-5,825 GHz. dan pada daerah 2 GHz bekerja dalam *range* frekuensi 2,4-2,4835 GHz. WLAN berstandar IEEE 802.11a/b/g dapat mentransfer data mulai dari 11 Mbps sampai 108 Mbps.[4]

Keunggulan suatu sistem telekomunikasi tidak hanya di tentukan oleh kualitas pemancar dan penerimanya saja, namun juga sangat dipengaruhi oleh kualitas pemancaran dan

penerimaan antena, diantaranya antena mikrostrip. Antena mikrostrip merupakan antena yang terbuat dari lapisan logam yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Beberapa keunggulan antena mikrostrip adalah memiliki struktur kecil, bobot ringan, *gain* tinggi, efisiensi tinggi, *bandwidth* lebar, sederhana dan murah.

Secara intrinsik antena mikrostrip memiliki kelemahan dalam hal lebar-pita frekuensi (*bandwidth*) yang sempit (L.Wong, 2002). Penelitian-penelitian dilakukan berusaha untuk mengatasi masalah *bandwidth* yang terbatas dan berbagai variasi konfigurasi dilakukan untuk memperluas *bandwidth* tersebut, salah satunya dengan memberikan *slot* pada *patch* mikrostrip dikombinasikan dengan *fed* CPW (*co-planar waveguide*). Keuntungan penggunaan *fed* CPW mempermudah antena dikoneksikan baik paralel maupun seri dengan elemen-elemen aktif maupun pasif yang diperlukan untuk memperkuat *gain* maupun *matching* impedansinya, juga mudah dapat diintegrasikan dengan *monolithic microwave integrated circuits* (MMIC). (Shanmugantham, dkk, 2008).

Telah banyak dilakukan penelitian untuk memperoleh antena untuk berbagai kepentingan teknologi komunikasi dan informasi. Diantaranya penggunaan CPW dan slot dengan menghasilkan antena bekerja pada frekuensi *X-band* (8-12 GHz) [1] dan untuk mendapatkan *bandwidth* lebar dengan memvariasikan ukuran *slot* [6]. Pada penelitian ini akan difabrikasi, dan dikarakterisasi antena *slot* berstruktur kupu-kupu (*slot bowtie*) dengan inputan CPW yang diharapkan mendapatkan *bandwidth* lebar dan memenuhi standar IEEE 802.11 b/g, sehingga dapat digunakan untuk kebutuhan komunikasi WLAN.

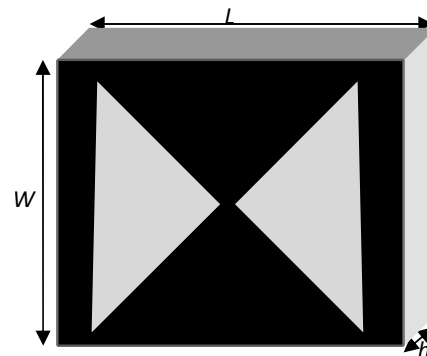
2. LANDASAN TEORI

Pada bagian ini menerangkan mengenai tinjauan pustaka atau teori dasar dan parameter-parameter antena.

2.1 Antena Mikrostrip Slot Bowtie

Bentuk antena berstruktur kupu-kupu atau dikenal juga dengan *bowtie* merupakan pengembangan desain antena dari bentuk dasar segitiga (*triangel*). Antena *bowtie* adalah pilihan yang baik untuk antena-antena *ultra wideband frekuensi* (UWB). Yaitu antena dengan pencapaian radiasi pada pita lebar ataupun *multiband*. Antena dengan frekuensi *multiband* dan *wideband* memungkinkan antena dapat lebih bermanfaat, dikarenakan satu antena dapat digunakan untuk meradiasikan ataupun menangkap radiasi berbagai frekuensi.

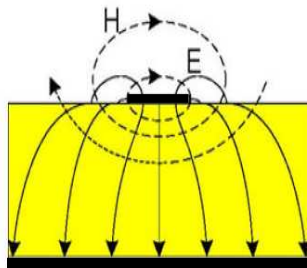
Antena mikrostrip adalah suatu antena yang terdiri dari komponen *patch* (strip) logam peradiasi, substrat dielektrik dan *ground plane*. *Patch* dan *ground plane* merupakan lapisan tipis terbuat dari konduktor sempurna, umumnya berbahan tembaga. Ketebalan strip (t) jauh lebih tipis dari panjang gelombang diruang hampa ($t \ll \lambda_0$). Strip diletakkan diatas substrat dielektrik yang juga berfungsi memisahkan strip dengan *ground plane*-nya.



Gambar. 1 Bentuk geometri antena mikrostrip slot bowtie

Masing-masing substrat dielektrik memiliki konstanta *permitivitas* dielektrik (ϵ_r) sendiri. dengan konstanta dielektrik pada rentang $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$. *Permitivitas* akan mempengaruhi ukuran antena yang dibuat. Ketebalan substrat juga jauh lebih kecil dibanding dengan panjang gelombang di ruang hampa ($h \ll \lambda_0$). Ketebalan substrat (h) pada umumnya terletak pada rentang $0,003 \lambda_0 \leq h \leq 0,005 \lambda_0$ di atas *ground plane*. (Balanis, 2005)

Dasar peradiasian antenna mikrostrip dengan meradiasikan gelombang elektromagnetik disebabkan terjadinya *fringing field* (limpahan medan) di sepanjang tepi antenna (Edwards, 1995). Apabila antenna tersebut dicatu, maka terjadi gelombang berdiri seperti terlihat pada Gambar. 2, tetapi sebagian medan “bocor keluar” di sekitar sisi-sisi *patch* (tambalan), medan yang bocor keluar disebut *fringing field*.



Gambar. 2 Medan listrik dan medan magnet pada mikrostrip line

Pada mikrostrip yang terbuka atau tidak terbungkus akan menimbulkan radiasi energi elektromagnetik. Bagian seperti ini dimanfaatkan menjadi antenna yang justru memerlukan radiasi pada arah tertentu untuk memandu propagasi gelombang elektromagnetik.

2.2 Feed dengan Co-Planar Waveguide (CPW)

Teknik pemberian *feed* pada antenna mikrostrip yang populer adalah *microstrip transmission line*, *coaxial probe line*, *aperture coupled feed* dan *proximity coupled feed*. Setiap struktur MIC transmision line merupakan kombinasi dari logam dan dielektrik sebagai substrat. Macam tipenya adalah CPW Slotline dan patch. Untuk gelombang mikro struktur yang umum digunakan adalah kombinasi CPW, Slot dan Patch. CPW (*co-planar waveguide*) merupakan pandu gelombang yang mempunyai struktur logam pada satu sisi permukaan substrat dengan bagian sisi konduktor digroundkan dengan bagian tengah logam sebagai pembawa sinyal dari *slotline*.

2.3 Parameter Antena

Parameter yang bisa mempengaruhi kualitas antenna antara lain koefisien transmisi, refleksi, *Return Loss* (RL), impedansi, VSWR, direktivitas, gain dan bandwidth. Koefisien Transmisi ($S_t=S_{21}$) diperoleh dengan persamaan

$$S_{21} = \frac{V_{trans}}{V_{input}} \quad (1)$$

Koefisien Refleksi ($\rho = S_{11}$)

$$S_{11} = \frac{V_{pantul}}{V_{input}} \quad (2)$$

dan dinyatakan dalam *return loss* (RL)

$$Return\ loss\ (dB) = -20 \log_{10} \rho \quad (3)$$

Jika daya dari tegangan *input* dipancarkan semua, maka besar nilai koefisien *refleksi* adalah nol. Sebaliknya, jika semua daya dari tegangan input direfleksikan (dipantulkan), maka besar nilai koefisien refleksi adalah 1.

Impedansi *input* (masukan) didefinisikan sebagai impedansi yang diberikan kepada rangkaian di luar oleh antenna pada suatu titik acuan tertentu. Jika *return loss* diketahui, impedansi input dinyatakan dalam persamaan:

$$Z_{in} = Z_0 \left(\frac{1+S_{11}}{1-S_{11}} \right) \quad (4)$$

dengan, $S_{11} = \rho =$ koefisien refleksi, $Z_0 =$ impedansi karakteristik

Standing waves dapat terjadi hanya jika frekuensi gelombang datang dan gelombang pantul sama. Tegangan maksimum (V_{max}) gelombang berdiri terjadi dimana gelombang datang (V_i) dan gelombang pantul (V_r) bergabung dalam fase.

$$V_{max} = V_i + V_r \quad (5)$$

$$V_{min} = V_i - V_r \quad (6)$$

Rasio perbandingan tegangan maksimum dan tegangan minimum di sepanjang garis transmisi ini dinyatakan dalam besaran VSWR.

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} \quad (7)$$

Harga VSWR antara 1 sampai dengan ∞ . nilai 1 jika tidak ada pantulan didalam antenna. Jika VSWR dinyatakan dalam desibel disebut *standing wave rasio (SWR)*.

$$SWR (dB) = 20 \log_{10} VSWR \quad (8)$$

VSWR erat kaitannya dengan *return loss*. Dari persamaan koefisien tegangan pantul:

$$\rho = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (9)$$

dimana $Z_L =$ Impedansi beban (Ω),
 $Z_0 =$ Impedansi masukan (Ω)

$$VSWR = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|} \quad (10)$$

Direktivitas suatu antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara harga maksimum intensitas radiasi (I_m) dengan intensitas radiasi rata-rata yang dipancarkannya (I_{ev}).

$$D = \frac{I_m}{I_{ev}} \quad (11)$$

Apabila suatu antenna dipakai sebagai antenna pemancar, pada umumnya daya yang diradiasikan sedikit kurang jika dibandingkan dengan daya yang diberikan oleh *transmitter* diterminal catunya, hal ini disebabkan adanya faktor efisiensi (η) pada setiap antenna, yang dinyatakan dengan:

$$\eta = \frac{P_r}{P_{in}} \quad (12)$$

dengan P_r adalah daya yang diradiasikan dan P_{in} adalah daya yang diterima.

Gain antenna mempunyai hubungan erat dengan *direktiviti* dan faktor efisiensi ini.

$$G(\theta, \vartheta) = \eta \cdot D(\theta, \vartheta) \quad (13)$$

Daerah frekuensi kerja dimana antenna masih dapat bekerja dinamakan *bandwith* antenna. *Bandwith (BW)* diperoleh dengan persamaan:

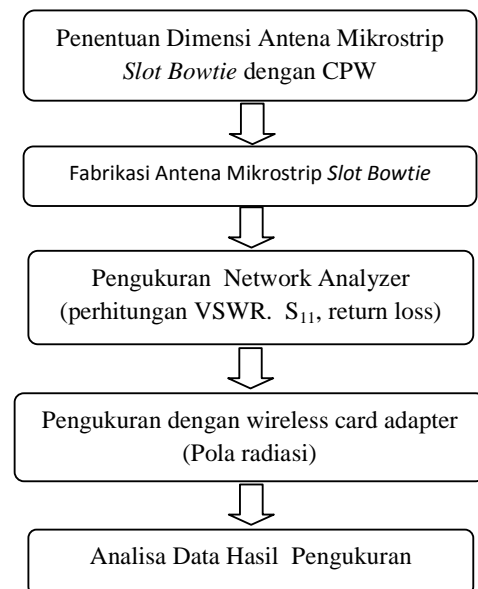
$$BW = f_u - f_l \quad (14)$$

dengan frekuensi tengah (f_c), namun ia masih dapat bekerja dengan baik pada frekuensi f_l (dibawah f_c) sampai dengan f_u (diatas f_c).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mendesain dan memfabrikasi antenna mikrostrip *slot bowtie* dengan CPW. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



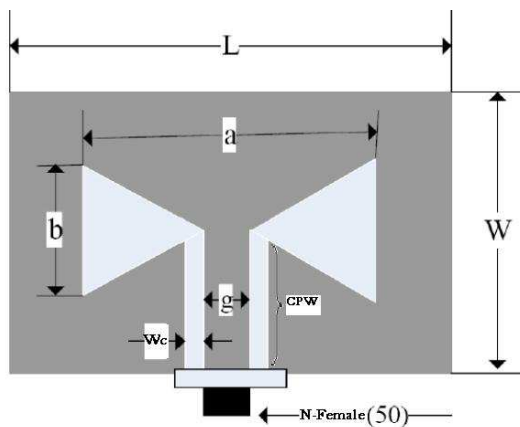
Gambar. 3 Diagram alir penelitian desain antenna mikrostrip *slot bowtie* dengan CPW

Penulis menggunakan substrat dielektrik Fiber dengan konstanta *permitivitas* dielektrik ($\epsilon_r = 6$), dengan ketebalan substrat 0,16 cm. Dimana antenna memiliki arah pancaran *longitudinal* yang simetris dimana struktur tersebut adalah *slot* berstruktur kupu-kupu dengan CPW. Geometri antenna yang menghasilkan *bandwith* optimal seperti diperlihatkan pada Gambar 4 dengan a dan b di peroleh dengan persamaan

$$a = 1,6 \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r} \quad (15)$$

$$b = 0,5 \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r}, \quad (16)$$

dimana λ_0 adalah panjang gelombang 2,4 GHz dalam ruang hampa dan ϵ_r adalah konstanta *permittivitas* dielektrik substrat Fiber. Dalam penelitian ini diperoleh 2 desain antenna, setiap desain tersebut mempengaruhi dalam peningkatan *bandwidth*. Dimana desain tersebut dibedakan atas ukuran panjang (L) dan lebar (W) *bow-tie* untuk bentuk antenna I (kupu-kupu tunggal), sedang desain bentuk antenna II merupakan pengembangan mempararelkan antenna I (kupu-kupu ganda). Dimana $g = 0,26$ cm dan $w = 0,04$ cm dengan impedansi input 50 ohm.



Gambar. 4 Geometri Perancangan Antena Slot berstruktur kupu-kupu dengan feeding CPW

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan hasil desain yang telah dibuat, dapat dilihat pada gambar 5.



(a)



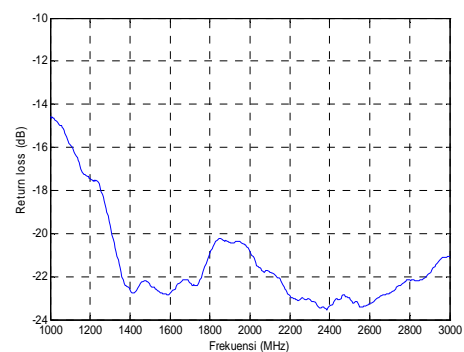
(b)

Gambar. 5 Antena (a) Desain I (kupu-kupu tunggal) (b) Desain II (kupu-kupu ganda)

Tabel.1 Geometri Desain Antena

Antena (cm)	W	L	g	w _c	a	b
I	8	10,3	0,26	0,04	9,3	3
II	11	8,3	0,26	0,04	6,3	3

Data hasil pengukuran antenna kupu-kupu tunggal, berupa SWR terhadap frekuensi di perlihatkan pada tabel 1. Dari data SWR perhitungan dilakukan dengan bantuan software *Microsoft Excel* dan *MATLAB* untuk mencari *VSWR*, *koefisien refleksi*, dan *Return Loss* (RL). Plot data RL terhadap frekuensi pada antenna kupu tunggal ditunjukkan pada Gambar 6 di bawah ini.

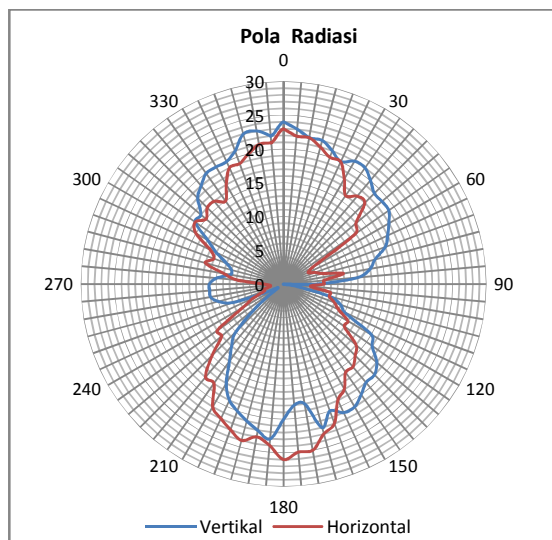


Gambar.6 Grafik pengukuran RL terhadap frekuensi Antena I

Berdasarkan penggunaan dilapangan antenna dapat bekerja pada rentang frekuensi yang memiliki *return loss* ≤ -15 dB. Dari plot data terlihat Antena kupu-kupu tunggal memiliki *return loss* dibawah -15 dB pada

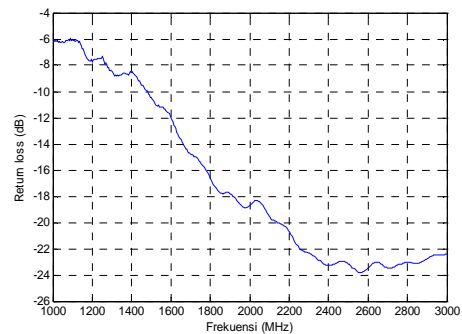
frekuensi 1055 MHz (-15,001 dB) sampai batas kemampuan alat ukur *Network Analyzer* (NA) 3000 MHz (-21,041dB). Dari hasil tersebut di peroleh antenna tersebut dapat digunakan pada rentang 1055-3000 MHz dengan lebar *bandwith* 1945 MHz. *Return loss* terkecilnya sebesar -23,5206 dB pada frekuensi 2385 MHz. Pada frekuensi tengah (f_c) 2,4 GHz, *return loss* menunjukkan -23,365 dB, sehingga antenna dapat dinyatakan baik digunakan untuk komunikasi *wireless*, berstandar IEEE 802.11 b/g .

Pengukuran pola radiasi pada frekuensi 2,4 GHz diperlihatkan pada Gambar 7. Pengukuran antenna I didapatkan *Signal Noise Ratio* (SNR) 38 dB pada sudut 0^0 arah horizontal. Normalisasi dilakukan dengan mengurangi semua nilai SNR dengan nilai SNR yang terendah. Dengan memperbandingkan hasil SNR tertinggi yang didapat dari antenna *monopol* sebesar 26 dBi, maka diperoleh *gain* antenna kupu-kupu tunggal sebesar 12 dB.



Gambar.7 Pola radiasi antenna I

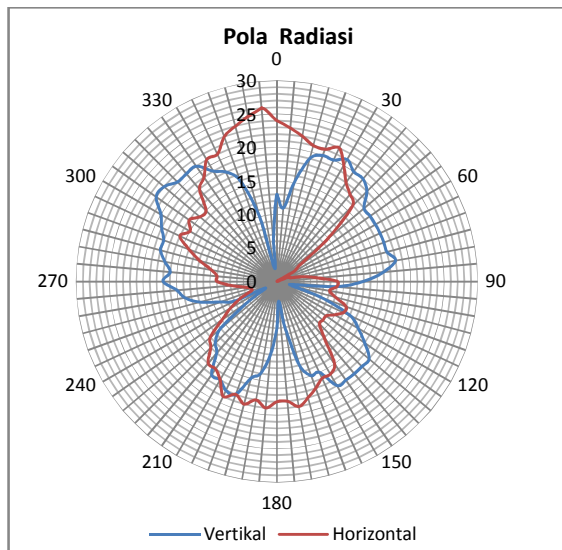
Plot data RL terhadap frekuensi pada antenna kupu-kupu ganda ditunjukkan pada Gambar 8 di bawah ini



Gambar. 8 Grafik pengukuran RL terhadap frekuensi antenna desain II

Dari Gambar 8 diatas plot data terlihat kupu-kupu ganda memiliki *return loss* dibawah -15 dB pada frekuensi 1730 MHz (-15.0174 dB) sampai batas kemampuan alat ukur NA pada frekuensi 3000 MHz (-22.38246 dB). Dari hasil tersebut diperoleh antenna tersebut dapat digunakan pada rentang 1730-3000 MHz dengan lebar *bandwith* 1270 MHz. *Return loss* terkecilnya sebesar -23,84 dB pada frekuensi 2560 MHz. dan *return loss* pada frekuensi tengah (f_c) 2400 MHz sebesar -23,26 dB. Hal ini menunjukkan antenna baik untuk digunakan dalam komunikasi *wireless*, berstandar IEEE 802.11 b/g.

Pengukuran pola radiasi pada frekuensi 2,4 GHz diperlihatkan pada Gambar 9. Pengukuran pola radiasi dilakukan dengan memperbandingkan dengan antenna *monopol*. *Signal Noise Ratio* (SNR) tertinggi antenna *monopol* diperoleh 26 dB. Pengukuran antenna II didapatkan SNR 39 dBi pada sudut 0^0 arah horizontal. Sehingga diperoleh *gain* 13 dB.



Gambar.9 Pola radiasi Antena II

V. KESIMPULAN

1. Antena kupu-kupu tunggal (desain I) dengan ukuran W,L,w,g,a,b masing-masing 8, 10,3, 0,26, 0,04, 9,3, 3 cm mendapatkan *return loss* sebesar -23.365 dB pada frekuensi tengah 2400 MHz dan gain 12 dBi pada sudut 0° arah horizontal.
2. Antena kupu-kupu ganda (desain II) dengan ukuran W,L,w,g,a,b masing-masing 11, 8,3, 0,26, 0,04, 6,3 3 cm pada frekuensi tengah 2400 MHz mendapatkan RL -23,26 dB dan gain 13 dBi pada sudut 0° arah horizontal 30° arah vertikal.
3. Antena desain I dan II memenuhi standar IEEE 802.11 b/g, untuk standar IEEE 802.11 a tidak dapat diketahui karena keterbatasan alat ukur Network Analyzer (HP 8714C) dengan frekuensi maksimum 3000 MHz.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.Eidek,Abdelnasser, Z.Eisherbeni,A., Esmith,C. (2004), *CPW Fed Bowtie Slot Antenas For Wideband operations*, CASER Departement of Electrical Engineering, The University of Mississippi.
 - [2] Balanis, C.A. (1997), *Antena Theory Analysis and Design*, Second edition, John Wiley and Sons, New York.
 - [3] Edwards, T. (1992), *Foundations For Microstrip Circuit Design*, Second edition, John Wiley and Son, Inc Canada.
 - [4] Jirasakulporn, Prapoch. (2008), *Multiband CPW-FED Slot Antena With L-slot Bowtie Tuning Stub*, Proceeding of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 36,Desember.
 - [5] L Wong, K. (2002), *Compact and Broadband Microstrip Antenas*, John Wiley&Sons, New York, NY, USA.
 - [6] Shanmuganantham, T., Balamanikandan, K., Raghavan, S. (2008), *CPW-Fed slot antena for wideband applications*, Hindawi Publishing Corporation, International Journal of Antenas Propagation.
- Amin M. Abbosh, *Design Of Cpw-Fed Band-Notched UWB Antenna Using A Feeder-Embedded Slotline Resonator*, Internal journal of antenna and propagation vol 2008 .
1. Indraswari.D, Pramono Y.H, dkk, *Analisa Respon Frekuensi Antena Mikrostrip CPW dengan Simulasi FDTD*, Prosiding SFA, hal 148-151 April 2002
 2. Ifa Hidayah dan Pramono Y.H, *PrototipAntena Bi-Horn dengan dua arah radiasi dan satu Feeding Monopole Beroperasi pada Frekuensi 2,4 GHz*, Seminar Nasional Informatika hal 47-52, Mei 2009
 3. Kraus, John, *Electromagnetics With Applications*, Fifth edition, McGraw-Hill, New York, 1999.
 4. Sujarwati N, Pramono Y.H, dkk, *Analisa Karakteristik Antena CPW Slot dan Patch*

dengan FDTD, Prosiding SFA, hal 140-142
April 2002

5. Yuwono L dan Pramono Y.H, *Karakterisasi Antena Mikrostrip Patch 3 GHz Secara Simulasi FDTD (Finite Difference Time Domain) dan Eksperimen*, Jurnal Fisika FLUX Vol 2, No 3, hal 601061-601066, Agustus 2005.