

Antena Bikonikal Tabung untuk Aplikasi Radar *Electronic Support Measures* Dengan Pola Radiasi *Omni-directional* pada Frekuensi 2-18 GHz

Tube Biconical Antenna for Electronic Support Measures Radar Applications With Radiation Pattern Omni-directional on Frequency 2-18 GHz

Yussi Perdana Saputera *, Folin Oktafiani, dan Yuyu Wahyu

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
Komp LIPI Gd 20, Jl Sangkuriang 21/54D, Bandung 40135, Indonesia

Abstrak

Pada tulisan ini, dibahas hasil penelitian mengenai perancangan antena bikonikal tabung yang memiliki pola radiasi *omni-directional* yang akan digunakan pada radar *Electronic Support Measures* (ESM). Antena bikonikal memiliki karakteristik *bandwidth* yang sangat lebar (*ultra wide band*) cocok digunakan pada aplikasi ESM dengan frekuensi 2–18 GHz. Bentuk pola radiasi *omni-directional* yang dirancang bertujuan agar pada saat ESM melakukan deteksi frekuensi radar (*S-*, *C-*, *X-*, dan *Ku-band*) dari pancaran radar yang berada di sekitarnya dapat melakukan deteksi ke segala arah. Karena kegunaan ESM sebagai detektor radar dengan sifat sebagai penerima (*receiver*) dibutuhkan VSWR di bawah 2,5 dengan nilai *return loss* di bawah -7,436. Antena bikonikal yang dirancang menggunakan dua plat tembaga yang dibentuk kerucut dengan penambahan tabung dengan pemasangan yang saling berhadapan, yang dipasang pada *inner connector* dan *ground*. Antena bikonikal dipasang menggunakan balun $\frac{1}{4} \lambda$, agar *matching* impedansi antara antena dengan konektor 50 Ω . Plat tembaga yang digunakan dengan tebal 0,8 mm.

Kata kunci: bikonikal, tabung, antena, *omni-directional*, *ultra wide band*.

Abstrack

The result of research on design of the biconical tube antenna which has omnidirectional radiation pattern to be used in radar ESM (Electronic Support Measures) is discussed in this paper. Biconical antenna has a very wide bandwidth characteristics (ultra wide band) suitable for use in ESM applications with frequency of 2-18 GHz. The designed omni directional radiation pattern shape has purpose so that when the ESM detects (S-, C-, X-, and Ku-band) radar frequency of radar beam which exists in its vicinity, it can perform detection in all directions. Because the usefulness of ESM as a radar detector with nature as a receiver, it takes VSWR below 2.5 with return loss values below -7.436. Biconical antenna is designed using two copper plates with cone-shaped and the addition tubes which are installed facing each other, and mounted on inner connector and ground. Biconical antenna is installed using matching $\frac{1}{4} \lambda$, so that impedance matching between the antenna and the connector is 50 Ω . Copper plate is used with the thickness of 0.8 mm.

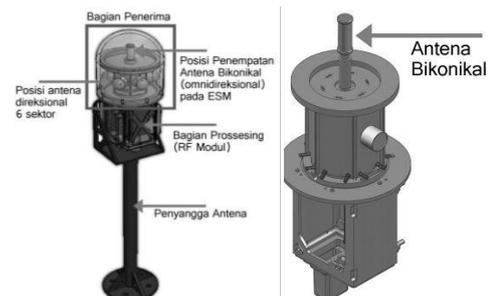
Keywords: biconical, tube, antenna, *omni-directional*, *ultra wide band*.

I. PENDAHULUAN

Electronic Support Measures (ESM) secara umum adalah sebuah peralatan elektronik yang berfungsi untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik, kemudian sinyal tersebut diproses dan dianalisa sehingga diperoleh lokasi (posisi), kuat sinyal (*signal strength*) dan parameter lainnya. Peralatan ESM seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, terdiri dari bagian penerima, bagian processing dan *mechanical support* [1], [2].

Dalam tulisan ini, dilakukan perancangan dan simulasi mengenai antena *omni-directional* yang akan digunakan pada aplikasi ESM. Antena yang dirancang

berbentuk bikonikal dengan tambahan tabung sebagai penambah *gain*. Antena bikonikal memiliki sifat dengan *bandwidth* yang lebar (*ultra-wide-band*) yang sangat cocok digunakan pada aplikasi ESM, yang dapat mencakup frekuensi *S-band* (2-4 GHz), *C-band* (4-8 GHz), *X-band* (9-12 GHz) dan *Ku-band* (12-18 GHz) [3].



Gambar 1. Desain Posisi Antena Bikonikal Tabung pada *Electronic Support Measures* oleh PPET – LIPI[1], [2].

* Corresponding Author.

Email: yussips@gmail.com

Received: May 30, 2013; Revised: June 28, 2013

Accepted: June 28, 2013

Published: June 30, 2013

© 2013 PPET - LIPI

doi: 10.14203/jet.v13.23-27

Penelitian ini dikembangkan dari penelitian yang sudah dilakukan oleh industry telekomunikasi di negara lain. Tetapi produk yang ada dipasaran memiliki bentuk serta karekteristik yang kurang, sehingga tidak dapat digunakan pada aplikasi ESM. Mulai dari bentuk yang berbeda, VSWR yang masih tinggi, *bandwidth* yang sempit serta harga yang mahal [4], [5]. Oleh karena itu kami merancang antena bikonikal yang memiliki karekteristik yang dapat digunakan pada ESM serta harga yang relatif murah.

Tulisan ini terdiri dari 5 bagian pembahasan; bagian 1 berisi pendahuluan, bagian 2 berisi dasar teori yang menjadi landasan penelitian, bagian 3 berisi rancangan, simulasi dan hasil simulasi, bagian 4 berisi analisa dan bagian 5 berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

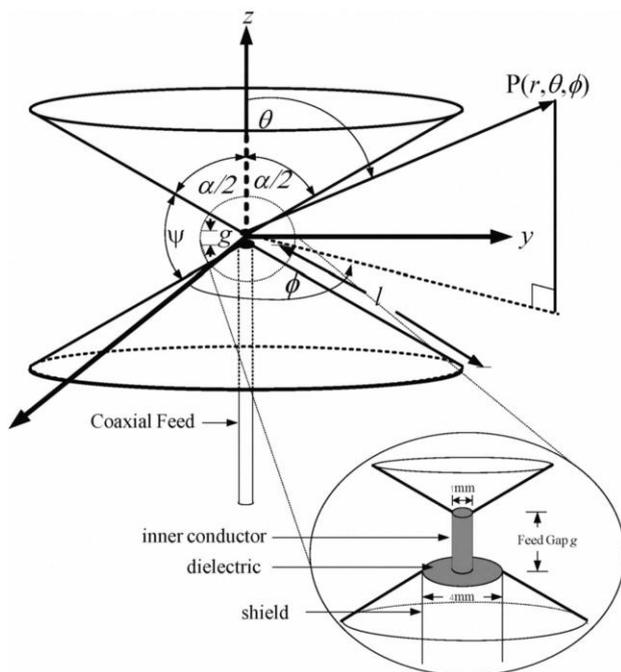
II. DASAR TEORI

A. Antena ESM

Antena ESM terdiri dari 2 buah antena yaitu *omni* dan *directional*, antena *omni* berfungsi untuk menerima sinyal dari keliling area 360°, kemudian oleh bagian penerima sinyal tersebut diproses (demodulasi) sehingga diperoleh parameter seperti jenis modulasi, frekuensi dsb. Antena *directional* terdiri dari 6 buah antena dipasang membentuk lingkaran sehingga diperoleh sudut 360°, masing masing antena mempunyai sudut 60°, dengan demikian fungsi antena ini hanya untuk menentukan arah atau lokasi dari sinyal yang diterima [1], [3].

B. Antena Bikonikal

Antena bikonikal merupakan antena yang memiliki bentuk yang terdiri dari 2 buah kerucut yang saling berhadapan antar masing-masing kerucut, dengan keunggulan dapat menghasilkan *bandwidth* yang lebar. Antena ini memiliki pola radiasi seperti koordinat bola, atau mengarah ke segala arah (*omni-directional*).



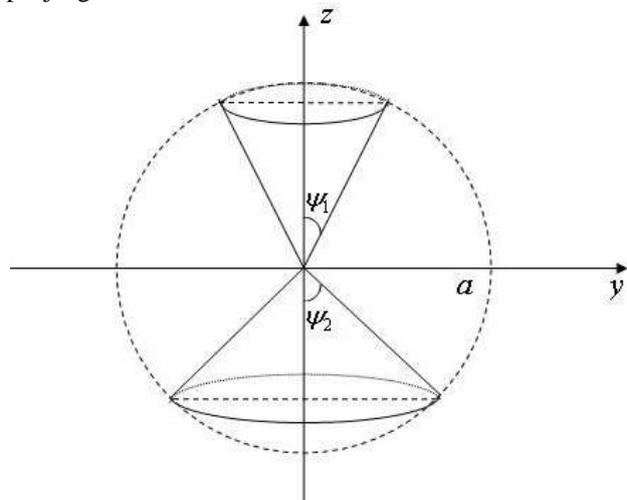
Gambar 2. Konfigurasi Catuan Antena Bikonikal [6].

Konfigurasi antena bikonikal menggunakan catuan kabel koaksial seperti dapat dilihat pada Gambar 2. Panjang *cone* pada antena bikonikal adalah *l*. Radius kerucut (*r*) pada antena bikonikal dicari menggunakan rumus:

$$r = l \sin(\alpha/2) \tag{1}$$

Radius bagian *cone* bawah memiliki diameter sebesar jari-jari dari kabel koaksial, sudut antara dua kerucut adalah ψ . Kerucut atas dan bawah disusun simetris. Kerucut disusun dengan posisi kerucut saling berhadapan, dengan dipisahkan *gap*.

Untuk $(\alpha/2)$ mempunyai nilai 30° [1], sedangkan untuk nilai *r* didapat dari $r = l/2$, di mana *l* merupakan panjang total.



Gambar 3. Konfigurasi Antena Bikonikal [7].

Gambar 3 adalah merupakan antena bikonikal berbentuk sebuah bola yang menutupi antena. [*a* mewakili panjang kerucut, ψ_1 dan ψ_2 mewakili setengah sudut kerucut antena bikonikal].

Struktur antena dapat dilihat pada Gambar 3. Hal ini secara aksial simetris dan memiliki sudut *cone* lebar dengan sudut setengah *cone* melebihi 40°. Setengah sudut *cone* ψ_1 dan ψ_2 , dengan syarat memenuhi :

$$0 < \psi_1 < \pi/2 \tag{2}$$

dan,

$$0 < \psi_2 \leq \pi - \psi_1 \tag{3}$$

Bentuk *cone* simetris dengan *cone* lainnya.

Impedansi *input* antena dengan panjang *cone* dan sudut *cone* α pada antena bikonikal menggunakan formula sebagai berikut [8]:

$$Z_{in} = Z_o \frac{1 - \beta / \delta}{1 + \beta / \delta} \tag{4}$$

di mana,

$$Z_o = 60 \ln \cos\left(\frac{\alpha}{4}\right) \tag{5}$$

$$\frac{\beta}{\delta} = e^{-2jkl} \frac{1 + j \frac{60}{Z_o} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(n+1)} [P_n(\cos(\alpha/2))]^2 \zeta_n(kl)}{-1 + j \frac{60}{Z_o} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(n+1)} [P_n(\cos(\alpha/2))]^2 \zeta_n(kl)} \tag{6}$$

di mana:

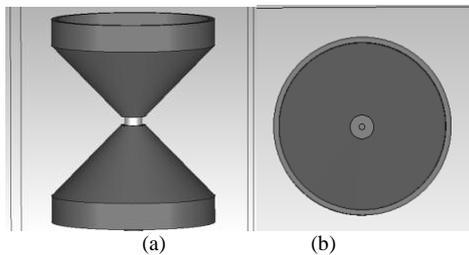
$$\zeta_n(kl) = \frac{h_n^{(2)}(kl)}{h_{n-1}^{(2)}(kl) - \frac{n}{kl} h_n^{(2)}(kl)} \tag{7}$$

Keterangan :

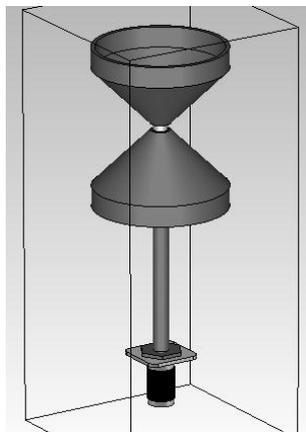
- $k = 2\pi/\lambda$, λ = Panjang gelombang di ruang bebas,
- Z_0 = Karakteristik impedansi antenna,
- P_n = Legend repolinomial sebanyak n,
- $\zeta_n(kl)$ = Fungsi tambahan kompleks variable *real kl*,
- $h_n^{(2)}$ = Fungsi Hankel bola dari pangkat 2,
- β/δ = Rasio antara penyebaran TEM tercermin dan yang datang, di area propagasi antenna.

III. DESAIN DAN SIMULASI

Dalam penelitian ini, material yang digunakan adalah plat tembaga yang banyak dijual di pasaran, dengan ketebalan plat 0,8 mm. Desain antenna dapat dilihat seperti Gambar 4. Desain antenna yang dilakukan dengan menambahkan tabung pada bagian atas *cone*, hal ini bertujuan untuk menurunkan nilai *VSWR* menjadi di bawah 2.

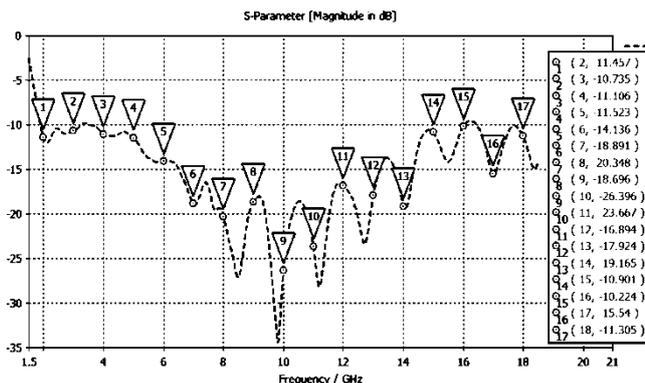


Gambar 4. Desain antenna (a) Tampak samping, (b) Tampak atas.

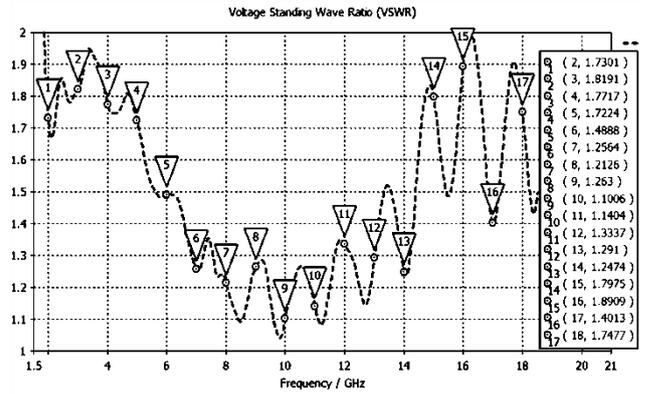


Gambar 5. Simulasi Antena Keseluruhan dengan Pencatutan $1/4\lambda$ dan Konektor Tipe N.

A. S-Parameter



Gambar 6. Hasil Simulasi *Return Loss*.



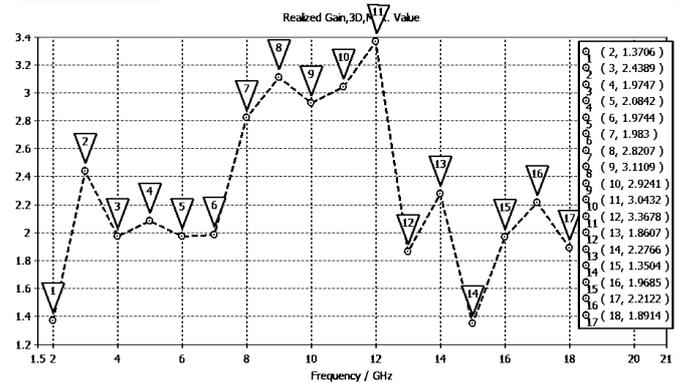
Gambar 7. Hasil Simulasi *VSWR*.

Dari simulasi yang dilakukan didapat nilai *VSWR* di bawah 2, serta memiliki *VSWR* yang bagus pada resonan frekuensi tengah untuk radar, yaitu:

TABEL I
HASIL SIMULASI *S-PARAMETER* PADA RESONAN FREKUENSI RADAR

Band	Frekuensi	VSWR	Return Loss
S	3 GHz	1,8191	-10,735
C	6 GHz	1,4888	-14,136
X	10 GHz	1,1006	-26,396
Ku	15 GHz	1,798	-10,901

B. Gain dan Pola radiasi



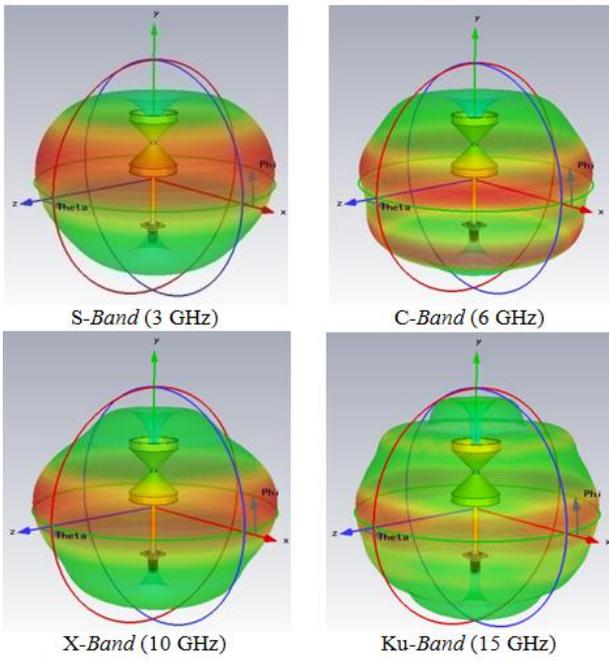
Gambar 8. Hasil Simulasi *Gain* (dalam dBi).

Dari simulasi didapatkan hasil *gain* keseluruhan (2-18 GHz) memiliki *range* mulai dari 1,3 dBi – 3,3 dBi.

TABEL II
HASIL SIMULASI *GAIN* PADA RESONAN FREKUENSI RADAR

Band	Frekuensi	Gain
S	3 GHz	2,438
C	6 GHz	1,973
X	10 GHz	2,914
Ku	15 GHz	1,350

Dari Gambar 8 dan 9 dapat dilihat, bahwa *gain* yang dihasilkan relatif kecil. Hal ini dikarenakan, bentuk pola radiasi yang dihasilkan mengarah ke segala arah (*omni-directional*). Daya yang disebarkan merata ke segala arah pancar yang ditimbulkan dari radiasi antenna, yang sesuai dengan spesifikasi dari aplikasi *ESM* yang diinginkan.

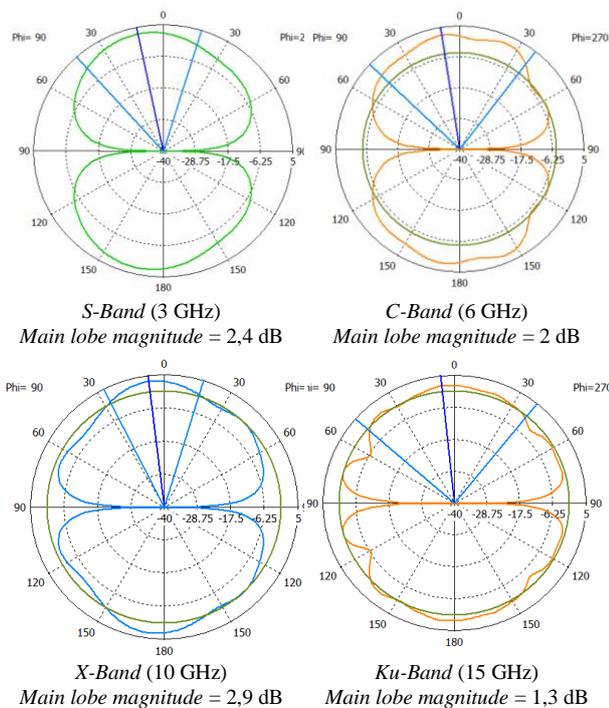


Gambar 9. Hasil Simulasi Polarisasi Antena 3D.

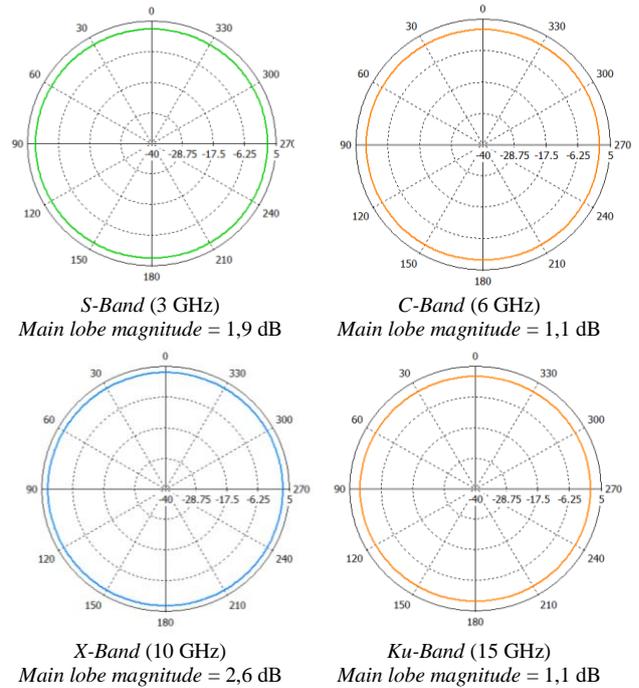
Gambar 9 merupakan bentuk pola radiasi yang dihasilkan antenna bikonikal tabung. Tiap-tiap frekuensi menghasilkan bentuk pola radiasi yang berbeda. Dalam hal ini mengambil frekuensi kerja radar.

C. Sudut Theta dan Phi (2D)

Sudut *theta* dan *phi* merupakan interpolasi yang didapat dari radiasi antenna yang membentuk grafik 2 dimensi, sehingga dapat diketahui besaran sudut yang dihasilkan.



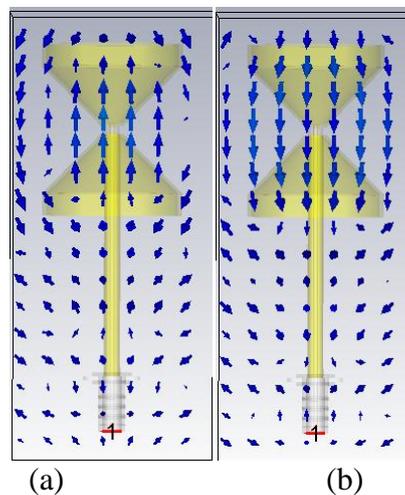
Gambar 10. Hasil Simulasi Sudut *Theta* 90° (2D)/Sudut Azimut



Gambar 11. Hasil Simulasi Sudut *Phi* 0° (2D)/Sudut Elevasi

Gambar 11 menggambarkan bahwa pola radiasi dari antenna yang dirancang menghasilkan pola radiasi yang mengarah ke segala arah (*omni-directional*), dengan level *magnitude* yang berubah-ubah di masing-masing frekuensi (2–18 GHz).

D. Polarisasi Antena

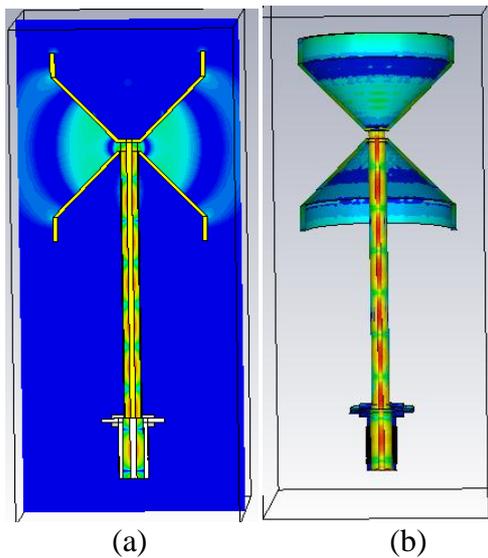


Gambar 12. Hasil Simulasi Polarisasi Antena, (a) Mengarah ke Atas, (b) Mengarah ke Bawah.

Gambar 12 menggambarkan hasil polarisasi dari antenna bikonikal yang dirancang adalah linier vertikal.

E. Medan-E dan Medan-H

Medan-E (elektrik) dan medan-H (magnet) merupakan medan yang dihasilkan dari catuan daya yang ada pada antenna.

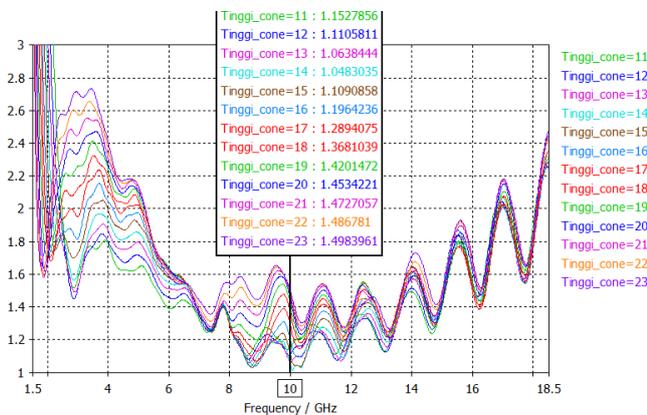


Gambar 13. Hasil Simulasi Medan E dan Medan H, (a) Bagian Luar, (b) Bagian Dalam.

IV. ANALISA

A. Tinggi Cone

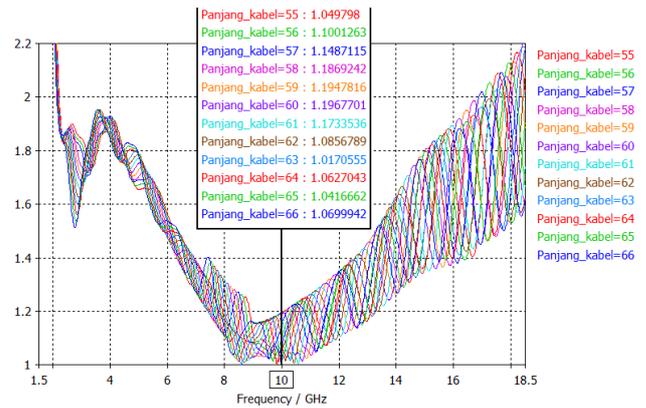
Tinggi *cone* berpengaruh pada hasil optimasi *S-parameter*, semakin tinggi *cone*, nilai *S-parameter* yang dihasilkan akan semakin tidak bagus. Tetapi nilai optimum dari tinggi *cone* berada pada 15,5 mm pada setiap frekuensinya. Percobaan yang dilakukan dengan mengubah tinggi *cone* mulai dari 11 mm ke 23 mm, dengan jarak 1 mm ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil perbandingan tinggi cone.

B. Panjang Balun

Panjang balun memiliki ukuran $1/4\lambda$, yang bertujuan untuk menyepadankan impedansi antenna dengan impedansi catuan. Panjang balun/saluran transmisi pada antenna haruslah benar-benar $1/4\lambda$, sehingga *S-parameter* mendapatkan hasil pada posisi yang paling optimum. Dalam penelitian ini panjang balun yang paling optimum berukuran 63 mm, dengan VSWR 1,01 pada frekuensi center simulasi (10 GHz). Hasil optimasi panjang balun/saluran transmisi ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil optimasi panjang balun/saluran transmisi.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, antenna bikonikal terbukti mempunyai karekeristik *bandwidth* yang lebar dan nilai VSWR-nya mampu di bawah 2, pada frekuensi 2-18 GHz. Selain itu pola radiasi antenna bikonikal berbentuk *omni-directional* pada semua resonan frekuensi yang disimulasikan, sehingga dapat memenuhi spesifikasi antenna pada ESM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Wahab, Y. Wahyu, D. Ruhayat, dan D. Permana, "Perbaikan, pembuatan RF head dan pembuatan electronic support measure (ESM)", PPET LIPI, Bandung, 2012.
- [2] M. Wahab, D. Rudiyat, A. B. Santiko, dan N. D. Susanti, "Research and development on rf head and baseband processing of electronic support measure (ESM)", in *Proc. ICRAMET*, Surabaya, 2013, pp. 90 – 94.
- [3] Y. P. Saputera, Y. Wahyu, dan M. Wahab, "Spiral antenna for electronic support measures (ESM) application 2-18 GHz", ICRAMET, Surabaya, 2013, in *Proc. ICRAMET*, Surabaya, 2013, pp. 35 – 39.
- [4] (2013) Antena biconical. [Online]. Available: http://www.ainfoinc.com/en/pro_pdf/new_products/antena/Bi-Conical%20Antena/tr_SZ-20300.pdf
- [5] (2013) Biconical antenna : ETS Lindgren. [Online]. Available: <http://www.ets-lindgren.com/manuals/3104C.pdf>
- [6] R. Kudpik, K. Meksamoot, N. Siripon, and S. Kosulvit, *Design of a Compact Biconical Antenna for UWB Applications*, ISPACS, 2011.
- [7] D. Ghosh, T. K. Sarkar, and E. L. Mokole "design of a wide-angle biconical antenna for wideband communications", *Progress In Electromagnetics Research B*, vol. 16, pp 229–245, 2009.
- [8] C. H. Papas and R. W. P. King, "Input impedance of wide angle conical antennas fed by a coaxial line," *Proc. IRE*, vol. 37, pp 1269-1271, Nov. 1949.