

Pengembangan *Biological Inspired Antennas* untuk Aplikasi Komputasi Bergerak

Elyas Palantei¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar, 90245

Email: ¹elyas_palantei@unhas.ac.id

Abstrak

Rancang bangun antena microstrip telah menjadi salah satu bidang kajian riset lanjut yang menarik. Terdapat sejumlah struktur antena patch berbasis model biologis yang terdapat di alam lingkungan sekitar yang saat ini telah dikembangkan di Laboratorium Telekomunikasi, Radio, dan Microwave, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia. Model-model itu mencakup paru-paru dan kupu-kupu yang dapat dikonstruksi untuk bermacam-macam aplikasi dalam sistem komunikasi-sistem komunikasi modern berbasis teknologi wireless contohnya perangkat-perangkat komputasi bergerak, GPS-SAR, LTE, jaringan-jaringan penginderaan dan pendeteksian, komunikasi satellite, dan piranti selular bergerak lainnya. Dalam riset saat ini, seluruh sistem antena biologis, yakni model paru-paru dan kupu-kupu, telah dirancang untuk beroperasi pada pita frekuensi ISM 2,4-2,5 GHz. Itu merupakan inovasi kelanjutan dari rancangan terdahulu yang kebanyakan beroperasi disekitaran frekuensi 5 GHz, 10 GHz, dan 15 GHz. Proses fabrikasinya dilakukan secara mudah menggunakan teknik pencetakan rangkaian yang umum dipakai pada material PCB. Keuntungan rancangan antena terletak pada sifat-sifat khasnya ukuran yang kecil, kompak dan mudah untuk direkonfigurasi. Bentuk layer peradiasi dapat dirancang sedemikian rupa sesuai dengan parameter-parameter teknis tertentu seperti koefisien pantul (return loss - S_{11}), pattern, gain, impedance bandwidth, VSWR, dan axial ratio.

Kata Kunci: *Biological Inspired Antennas, Antena Lungs, Antena Butterfly, GPS-SAR, LTE, 3D-weather radar*

I. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel yang sedemikian pesat serta kebutuhan komunikasi antar komputer dengan media transmisi mikrowave yang semakin luas sehingga meningkatkan popularitas teknologi nirkabel dan pengembangan sistem antena. Antena secara faktual telah muncul sebagai tulang punggung system komunikasi nirkabel. Kebanyakan aplikasi nirkabel ini menuntut miniaturisasi atau peningkatan unjuk kerja. Teknologi komunikasi menuntut adanya antena yang berukuran kecil, ringan, murah, unjuk kerja baik dan mudah pemasangannya. Antena mikrostrip dapat memenuhi kriteria semacam itu. Antena mikrostrip memiliki keunggulan-keunggulan diantaranya low profile dan rendah biaya fabrikasi. Kekompakan dan ketahanannya terhadap lingkungan yang ekstrim (*ruggedness*) memperluas pemanfaatannya pada bidang-bidang lain semisal aerospace dan komunikasi satelit.

Model antena patch yang umum digunakan dan terintegrasi di dalam perangkat komunikasi adalah model persegi panjang, kotak, lingkaran, elips dan segitiga [1-4]. Dalam penelitian ini telah dipertimbangkan beberapa bentuk patch umum untuk membangun model antena paru-paru yang khas dan dapat diterapkan untuk detektor logam nirkabel (Wireless Metal Detector) [3]. Pengembangan sistem WMD adalah alat yang paling penting untuk mendeteksi bahan logam yang ada dilingkungan sekitar. Hal ini sangat berguna untuk alasan keamanan bagi manusia dari tindak penyerangan dengan menggunakan logam tajam atau teror bom. Penelitian lebih lanjut kini sedang berlangsung untuk diterapkan pada sistem WMD untuk eksplorasi sumber daya alam. Dalam kaitan ini, telah diusulkan sebuah antena paru-paru yang dimodifikasi [4] untuk beroperasi pada 2,4 GHz. Antena dimodelkan dan dioptimalkan menggunakan Ansoft HFSS V.13. Kinerja aktual sistem antena paru-paru yang digunakan sebagai



bagian terintegrasi dari sistem WMD akan disajikan secara gamblang pada sub pembahasan berikutnya. Berbagai manfaat dari penerapan antenna paru-paru dalam sistem WMD cukup menarik untuk dikaji terlebih dahulu karena potensi keuntungan digunakan dalam aplikasi yang luas [4] akan dapat diperoleh selanjutnya.

Terkait dengan penelitian ini, tim peneliti kami juga telah mengusulkan sebuah model patch yang terbaru disebut antenna kupu-kupu. Sama halnya dengan sistem antenna model paru-paru maka antenna model kupu-kupu juga dikomputasi dengan menggunakan Ansoft HFSS V.13. Antena ini juga dikonstruksi dari bentuk patch konvensional yang umum dikenal termasuk empat elips dan beberapa struktur patch yang persegi panjang. Keuntungan kedua jenis antena dapat dibuat berukuran sekecil mungkin, kompak dan mudah untuk mengkonfigurasi ulang bentuknya untuk memenuhi parameter teknis tertentu seperti return loss (S_{11}), pola, gain, bandwidth impedansi, VSWR, dan aksial rasio. Selain itu, sifat listriknya cukup sensitif terhadap perubahan berbagai parameter fisik seperti lokasi port input RF, panjang (L) dan lebar (W) dari RF-transmisi online dan luas permukaan efektif radiator, baik yang berbentuk paru-paru dan kupu-kupu. Dalam konstruksi, parameter ini harus ditetapkan dengan tepat dan akurat dalam rangka untuk mendapatkan kinerja yang optimal. Isu-isu penting itu semua akan diselidiki lebih lanjut dan untuk kemudian dapat dipublikasikan.

II. Perancangan dan Optimisasi Antena Terinspirasi Model Biologis

Tidak dapat dipungkiri bahwa disain antena microstrip telah mendapatkan perhatian luas untuk dapat dikaji lebih lanjut [1-4]. Ada sejumlah struktur antena patch baru-baru ini yang telah diteliti dan dikembangkan terdahulu berdasarkan model terinspirasi biologis, misalnya model antena paru-paru [4]. Kajian-kajian inovatif yang sejenis setelah itu makin serius dikembangkan.

Terdapat dua jenis antena terinspirasi model biologis yang terdapat di alam lingkungan sekitar yang telah menjadi konsen pengembangan pada Laboratorium Telekomunikasi, Radio dan Gelombang Pendek di Jurusan Teknik Elektro,

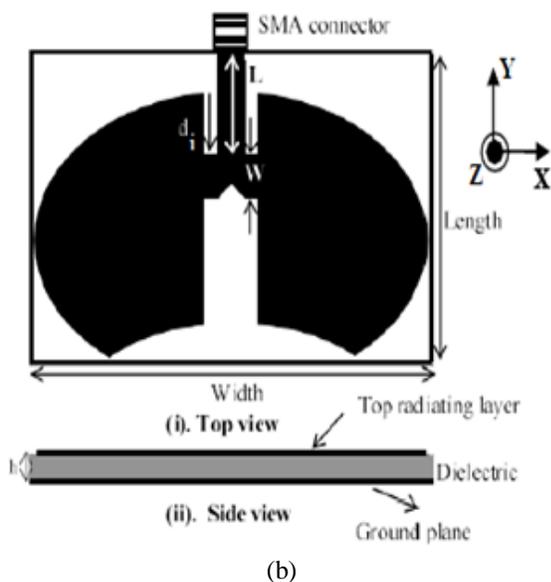
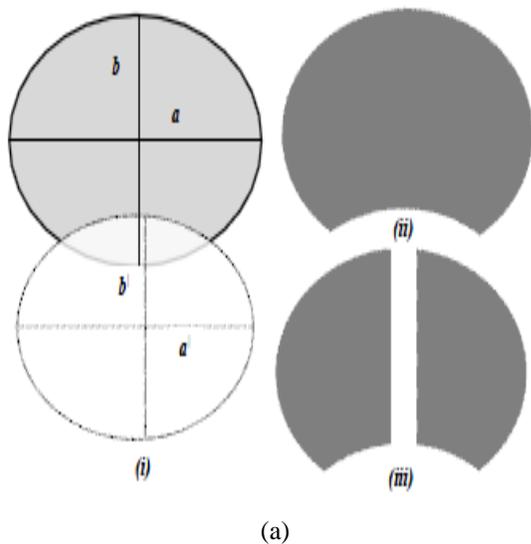
Fakultas Teknik UNHAS, yakni model antena bentuk paru-paru (lebih populer dengan nama *Lungs Antenna*) serta model antenna bentuk kupu-kupu (atau disebut juga dengan nama *Butterfly Antenna*). Elemen peradiasi dari model antena biologis, apakah bentuk paru-paru atau kupu-kupu, telah dikonstruksi melalui algoritma-algoritma penjumlahan dan pengurangan dari bentuk-bentuk struktur patch yang umum dikenal yakni mencakup empat buah ellips dan beberapa struktur patch bentuk persegiempat di dalam proses komputasi numeriknya. Secara lebih lengkap pembahasan terkait keduanya akan diuraikan dibawah ini.

II.1 Lungs Antenna

Tulisan ini memperkenalkan sebuah desain antena yang menyerupai sebuah organ tubuh manusia yaitu paru-paru. Maka dari itu antena ini lebih menarik untuk disebut dengan sebutan antena paru-paru (*Lungs antenna*). Antena ini dirancang dan dimodelkan berdasarkan bentuk konvensional microstrip patch yang umum yaitu dua bentuk elips dan beberapa struktur persegi panjang dengan menggunakan software high frequency structural simulator (HFSS) v.13. Sejatinya, struktur antena model paru-paru telah diinvestigasi secara ekstensif yang sangat cocok untuk penerapan dalam bidang 3D-Weather Radar Systems melalui kerjasama riset dengan Josaphat Microwave Remote Sensing Laboratory (MRSL), Centre for Environmental Remote Sensing (CEReS), Chiba University, Chiba, Japan sejak tahun lalu. Frekuensi operasi konstruksi antena paru-paru yang telah diteliti terdahulu kebanyakan beroperasi di atas aplikasi 10 GHz bergantung pada ukuran dan bentuk fisik dari sistem elemen peradiasi berbentuk paru-paru.

Lungs Shape Antenna Model adalah model terbaru yang saat ini sedang dikembangkan. Model ini dikonstruksikan berdasarkan jenis patch antena yang telah ada sebelumnya. Untuk dasar dari antena model *Lungs* ini adalah antena patch berbentuk elips. Untuk pembentukan antena model *Lungs* dapat dilihat seperti Gambar 1 berikut ini.



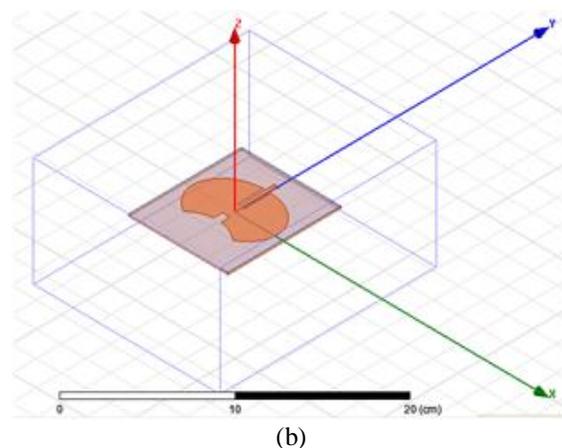
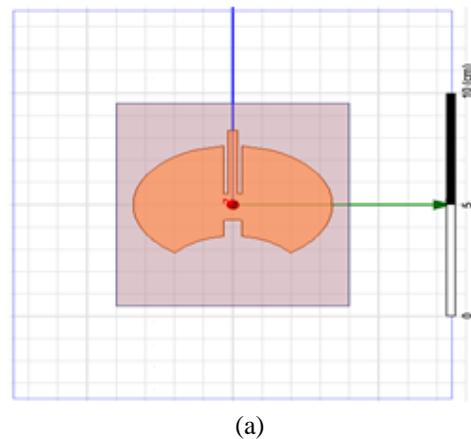


Gambar 1. Model Lungs antenna: (a). Tahapan konstruksi numerik, (b) *Microstrip Lungs Antenna*

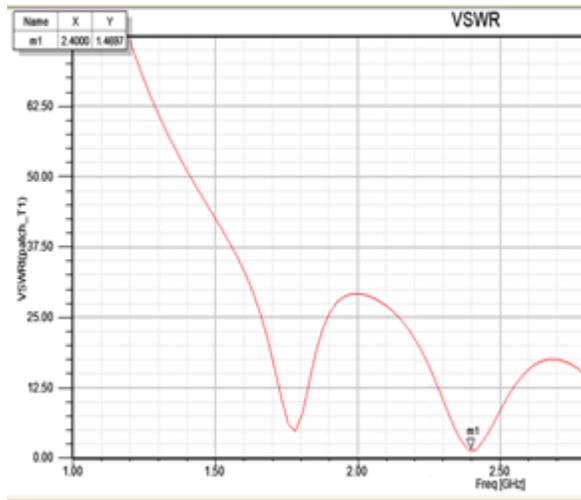
Kelebihan dari antenna Lungs Shape ini adalah memiliki bentuk dengan rekonfigurasi yang mudah, fleksibel, dinamis serta dimensi yang memenuhi beberapa persyaratan parameter seperti return loss (S_{11}), beampattern, gain, bandwidth impedansi input, VSWR, dan axial ratio. Melalui tahapan proses optimasi computer yang tepat, antenna Lungs Shape dapat direkonfigurasi untuk memperoleh nilai axial ratio yang signifikan untuk mendapatkan polarisasi ellips, polarisasi circular dan polarisasi linier, sesuai kebutuhan aplikasi yang diinginkan. Selain itu, sifat listrik dari antenna Lungs Shape cukup sensitif terhadap berbagai parameter fisik seperti letak port RF

relatif terhadap posisi tepi layer peradiasi model paru-paru, lebar RF feeding line (W), panjang port RF saluran transmisi (L) dan luas patch paru-paru. Dalam konstruksi prakteknya, parameter ini harus di set secara akurat agar diperoleh model dan kehandalan yang optimal. Selain itu jenis substrat dan variasi ketebalan diterapkan dalam rangka mempertahankan sifat listrik.

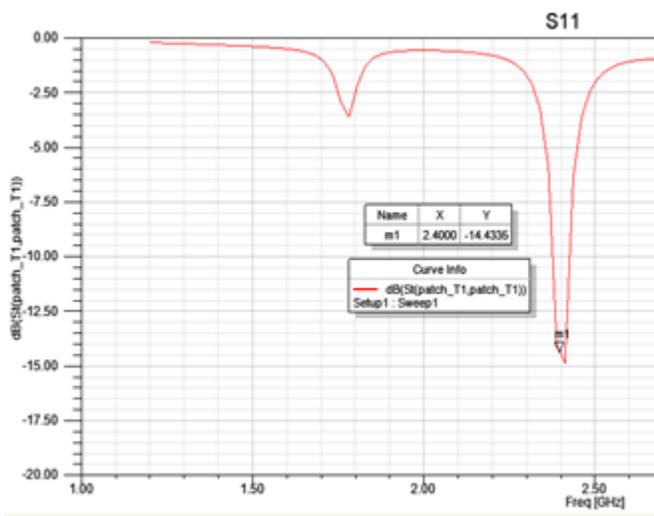
Secara numerik, telah diuraikan di atas bahwa perancangan antenna ini menggunakan software HFSS 13. Dimana lapisan substrate untuk struktur patchnya menggunakan papan PCB dengan karakteristik bahan sama seperti pada FR4 Epoxy. Nilai dari $\epsilon_r = 4.4$ dengan ketebalan substrate adalah 1.6 mm. Ukuran lapisan grounding dan lapisan dielektriknya secara pedekatan 9.2 cm. Bentuk rancangan model antenna dapat dilihat seperti diilustrasikan pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Hasil rancangan *Lungs Shape Antenna 2,4 GHz*: (a) Tampak atas, (b). Tampak samping atas.



(a)

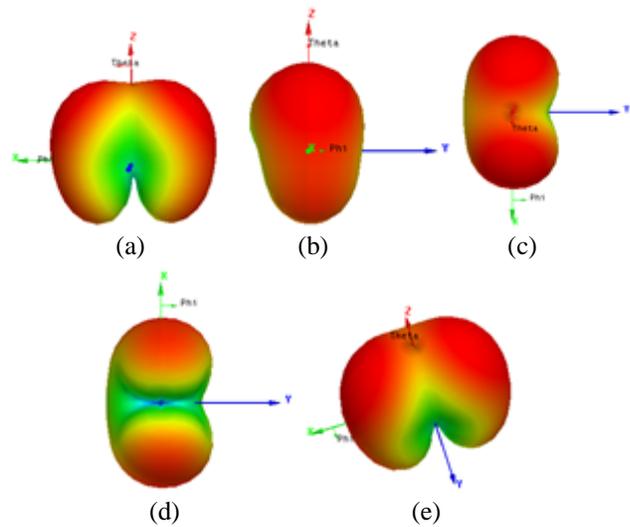


(b)

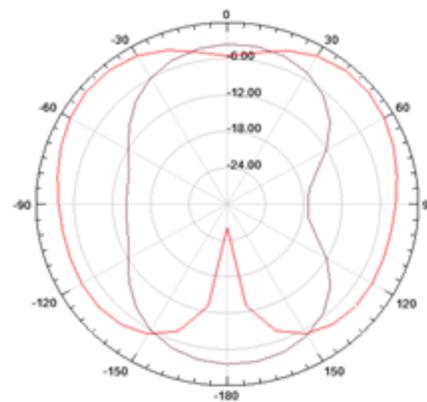
Gambar 3. Parameter listrik sistem antenna model paru-paru (Lungs Shape Antenna) 2,4 GHz: (a) *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), (b) *Reflection constant parameter* (S_{11})

Hasil komputasi numerik mengkonfirmasi suatu unjuk kerja antenna yang dirancang untuk beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz telah tercapai dengan sangat baik. Sangat jelas terlihat bahwa kondisi matching impedance terbaik yang dapat dicapai pada daerah frekuensi ini, yakni dengan nilai **VSWR 1,47** dan **S_{11} -14,43**. Karakteristik pola radiasi antenna sangat baik dan sensitif untuk dapat menangkap atau meradiasikan energi RF dari/ke sekeliling perangkat komunikasi berada. Selisih antara level daya terima maksimum dan minimum berdasarkan karakteristik pola radiasi ini adalah sekitar 30 dB. Karakteristik pola radiasi

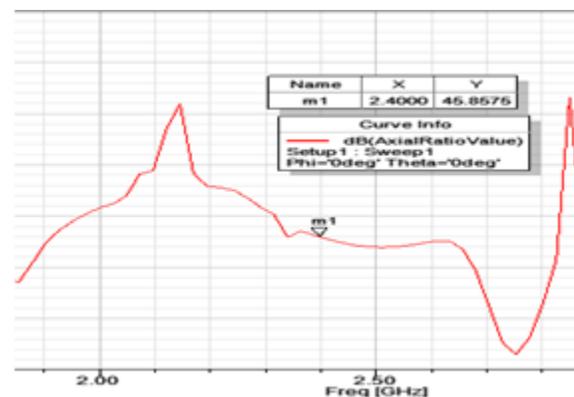
3 dimensi dan 2 dimensi diperlihatkan masing-masing pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Pola radiasi *Lungs Patch Antenna*. (a) Pola radiasi antenna tampak depan. (b) Pola radiasi antenna tampak samping. (c) Pola radiasi tampak atas. (d) Pola radiasi tampak bawah. (e) Pola radiasi tampak 3D.



Gambar 5. Bentuk pola radiasi *Lungs Shape Antena*



Gambar 6. *Axial Ratio Lungs Shape Antenna 2,4 GHz*

Karakteristik polarisasi *Lungs Shape Antenna* ini dapat kita analisa dari hasil pengujian komputasi numerik melalui piranti lunak HFSS 13 yakni dengan menghitung nilai Axial Ratio. Dimana jika Axial Ratio >20 maka polarisasi linier. Untuk Axial Ratio ≤ 20 dan $AR > 3$ maka jenis polarisasi adalah elliptical polarisasi (EP), sedangkan untuk Circular Polarisation (CP) maka nilai AR yang dibutuhkan adalah ≤ 3 . Terlihat dengan jelas pada Gambar 6 di atas bahwa hasil komputasi menunjukkan nilai $AR > 20$ ($AR=45,86$) oleh karenanya *Lungs shape antenna* 2,4 GHz ini berpolarisasi linier.

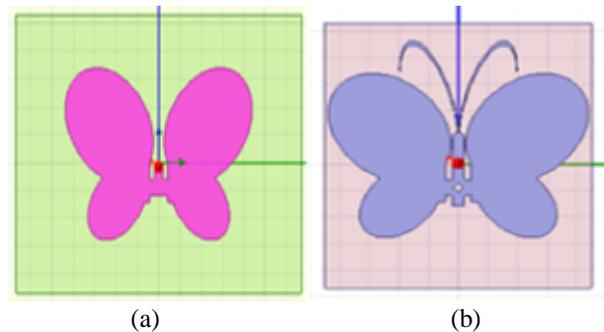
II.2 Butterfly Antenna

Pada dasarnya, model antenna kupu-kupu adalah hasil rancangan antenna terbaru yang inovatif yang baru-baru ini dikembangkan di bawah Departemen Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin. Antena model ini dikembangkan berdasarkan inspirasi biologis antenna patch yang telah ada sebelumnya [1-4]. Sebuah rancangan antenna kupu-kupu yang telah melalui tahapan optimisasi komputasi numerik dapat dilihat pada Gambar 7. Desain antenna diimplementasikan menggunakan FR4 substrat Epoxy ($\epsilon_r = 4.4$) dewan lapisan yang tersedia PCB ganda. Sebuah lapisan berbentuk kupu-kupu itu dicetak pada satu sisi layer PCB. Tahapan optimasi antenna dilakukan secara baik yakni dengan menambahkan model hidung dan bagian RF-port transmission line. Ukuran fisik rinci dan jenis bahan untuk membangun antenna ditabulasi dalam Tabel 1. Hasil beberapa eksperimen yang diperoleh baik dari simulasi dan pengukuran dicatat dan divisualisasikan dalam Gambar 7 (a) dan (b). Diskusi-diskusi yang komprehensif dari semua proses desain dan optimasi dan hasil yang mungkin dihasilkan akan lebih detail dijelaskan dalam bagian pembahasan selanjutnya nanti. Antena kupu-kupu yang telah dibangun akan bekerja pada frekuensi 2,4 GHz secara khusus ditujukan untuk pengaplikasian dalam sistem pemantauan lingkungan secara wireless (Wireless Environment Monitoring System-WEMS).

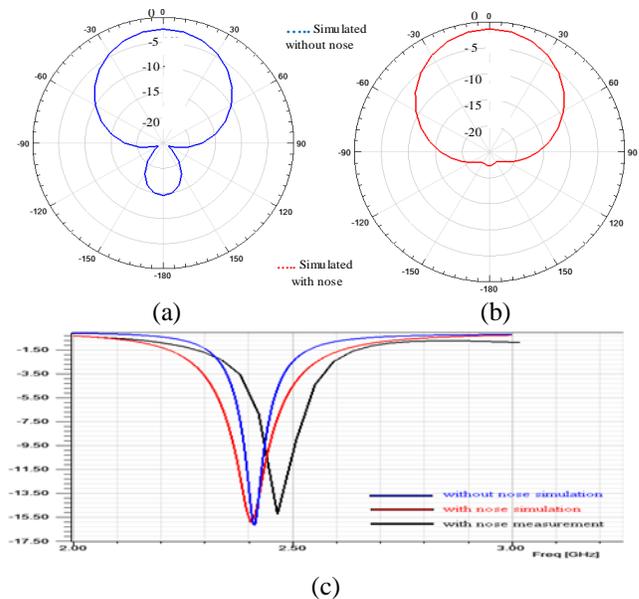
Tabel 1. Ukuran fisik dan jenis material untuk konstruksi Butterfly antenna

Elemen-elemen Antena & Dimensi				
Materials	L (mm)	W (mm)	T (mm)	R (mm)
Microstrip Antenna FR4 Epoxy	38	44	1.6	-
Ground plane	38	44	-	-
SMA Connector 50 Ohm	-	-	-	1*

*Dimension of male pin connector, L = Length, W = Width, T = Thickness, R = Radius



Gambar 7. Parameter listrik sistem antenna model paru-paru (*Lungs Shape Antenna*) 2,4 GHz: (a) *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*, (b) *Reflection constant parameter (S₁₁)*.

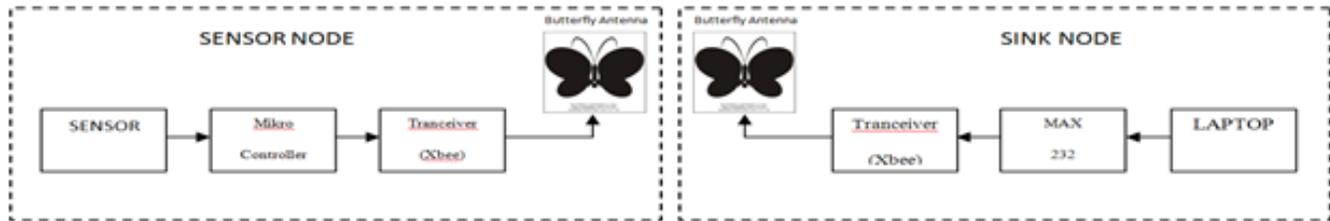


Gambar 8. Sifat-sifat listrik dari Butterfly antenna: (a),(b) masing-masing pola radiasi Azimuthal tanpa dan dengan penambahan elemen hidung, (c) Koefisien refleksi (S_{11}), tersimulasikan dan pengukuran.

III. Potensi Aplikasi Antena-Antena Terinspirasi Model Biologis

III.1 Konstruksi Sistem Pemantauan Lingkungan Secara Wireless

Konfigurasi sistem pemantauan nirkabel lingkungan terdiri dari dua komponen utama yaitu node sensor dan sink node. Node sensor terdiri dari sirkuit penginderaan, mikrokontroler, RF-transceiver chip, dan antena kupu-kupu. Simpul wastafel mengandung Kupu-kupu antena, RF-

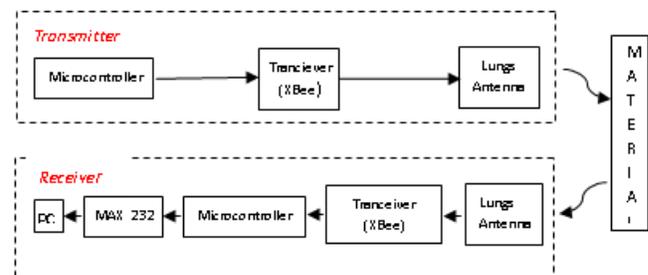


Gambar 9. Prototipe Sistem Pemantauan Lingkungan secara Wireless menggunakan Butterfly antenna

III.2 Sistem Detektor Bahan Metal Secara Wireless

Hasil konstruksi modifikasi sistem WMD yang memanfaatkan antena paru-paru ditunjukkan pada Gambar 10 di bawah ini. Pengimplementasian sistem WMD ini diadopsi dari [3]. Secara umum, sistem WMD memiliki dua bagian utama yang terdiri dari pemancar dan unit penerima. Perangkat pemancar terdiri dari dua komponen termasuk mikrokontroler dan XBee Pro RF-transceiver chip. Dalam unit pemancar, ATMEGA8535 IC mikrokontroler berfungsi untuk menghasilkan instruksi untuk modul XBee untuk mengirim data terus menerus dengan 1 detik delay. Informasi dalam bentuk sinyal digital yang kemudian diproses oleh XBee. Pada unit XBee ada oscillator yang berfungsi untuk menghasilkan sinyal carrier berfrekuensi 2,4 GHz dan digunakan untuk memodulasi sinyal perintah. Selain itu, di dalam modul XBee juga terjadi proses framing. Informasi yang dimasukkan dalam frame data terdiri dari paritas bit dan sinkronisasi. Jika data sudah siap untuk dikirim, kemudian transmisi RF-sinyal dapat diteruskan melalui antena paru-paru yang terhubung ke XBee chip.

transceiver unit, MAX232 antarmuka, dan PC atau Laptop. MAX232 digunakan untuk menyamakan level tegangan antara transceiver dan PC. Blok diagram dari sistem pemantauan nirkabel khas lingkungan ditunjukkan pada Gambar 9 di bawah ini. Diskusi menarik dan demonstrasi pemanfaatan antena kupu-kupu dalam sistem pemantauan akan disajikan secara lebih komprehensif pada manuskrip publikasi ilmiah lainnya dalam waktu dekat ini.



Gambar 10. Diagram Blok Sistem WDM (Wireless Metal Detector) [3]

Sinyal diharapkan untuk mengenai permukaan bahan logam, dan dipantulkan menuju unit penerima. Chip Xbee pada penerima yang menggunakan antena model paru-paru akan menangkap RF-sinyal dari sekitarnya melalui antena yang telah terpasang sebelumnya. Dalam bagian ini, Xbee melakukan fungsi berlawanan dengan tugas utama unit pemancar lakukan sebelumnya. Termasuk di dalamnya adalah memeriksa dan menangani proses demodulasi sinyal. Selanjutnya, pin6 yang merupakan keluaran sirkuit Xbee RSSI (Indikator Kekuatan SinyalTerima) hanya terhubung ke LPF (Low Pass Filter) untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang dapat dibaca oleh mikrokontroler ADC. Data diolah kemudian akan diteruskan ke mikrokontroler MAX232 melalui pin14 dan pin15 untuk diproses lebih lanjut untuk kemudian dikirimkan ke perangkat PC (Personal Computer).



Diskusi-diskusi komprehensif dari semua desain dan implementasi sistem WMD dan hasil yang mungkin dihasilkan akan lebih detail dijelaskan dalam manuskrip ilmiah lainnya pada waktu yang akan datang.

Untuk memperoleh hasil perancangan sistem antena model paru-paru yang berkualitas baik dan integrasi yang baik dengan sistem WMD maka beberapa tahapan dan metode pengujian yang berbeda mesti dilakukan. Antena model paru-paru antena harus diteliti lebih lanjut baik secara numerik dan eksperimental menggunakan HFSS dan percobaan di ruangan isolated. Namun, sistem WMD akan dioperasikan dalam lingkungan yang sebenarnya untuk melakukan pengujian keakuratan hasil mendeteksi keberadaan bahan logam. Penggabungan antena paru-paru didalam system WMD harus diperiksa untuk mengevaluasi seberapa besar peningkatan kinerja khususnya dalam hal perbaikan kinerja “read range capability” dari sistem.

IV. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan hasil pengukuran prototipe Komponen RF dengan menggunakan *Software Ansoft High Frequency Structural Simulator (HFSS) v13*, dan *Agilent Advanced Design System (ADS) 2011.01i*. Band frekuensi *Lungs Antenna* yang didapatkan terletak pada frekuensi 2,3774 GHz – 2,4244 GHz dengan frekuensi resonansi yaitu pada 2,4 GHz. Sedangkan dari hasil pengukuran, *Lungs Antenna* memiliki daerah kerja pada 2,4 GHz. Dengan band frekuensinya terletak pada 2,4342 GHz– 2,4723 GHz dan frekuensi resonansi pada 2,46 GHz.

Band frekuensi *Butterfly Antenna* yang didapatkan terletak pada frekuensi 2,36 GHz –

2,44 GHz dengan frekuensi resonansi yaitu pada 2,4 GHz. Sedangkan dari hasil pengukuran, *Butterfly Antenna* memiliki daerah kerja pada 2,4 GHz. Dengan band frekuensinya terletak pada 2,43 GHz– 2,50 GHz dan frekuensi resonansi pada 2,46 GHz.

VSWR yang diperoleh pada simulasi perancangan antena dengan *software Ansoft HFSS v13* telah memenuhi standar ideal ($VSWR \leq 2,0$). VSWR pada frekuensi kerja *Lungs Antenna* adalah sebesar 1,4741 dB untuk hasil simulasi dan 1,1696 dB untuk hasil pengukuran. VSWR yang diperoleh pada simulasi perancangan antena dengan *software Ansoft HFSS v13* telah memenuhi standar ideal ($VSWR \leq 2,0$). VSWR pada frekuensi kerja *Butterfly Antenna* adalah sebesar 1,37 dB untuk hasil simulasi dan 1,41 dB untuk hasil pengukuran. Adanya ketidakakuratan dalam proses fabrikasi sehingga mengakibatkan terjadinya perbedaan antara hasil pengukuran dengan hasil simulasi.

Kepustakaan

- [1] E. Palantei, D.V. Thiel, S.G.O. Keefe, “Rectangular Patch with Parasitic Folded Dipoles: A Reconfigurable Antenna,” *IEEE International Workshop on Antenna Technology (IEEE iWAT) 2008: Small Antennas and Novel Metamaterials*, Chiba, Japan, 4-6 March 2008.
- [2] E. Palantei, R.M. Salehu, A. E. Putra, A. Achmad, “Printed Microstrip Antennas (MSAs) Suitable for MS and BTS WiMAX Applications”, *Proceedings of the 2nd Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics (MICEEI)*, Makassar Golden Hotel (MGH), Makassar, South Sulawesi, Indonesia, 27-28 October 2010, pp.42-45. On line available [22 August 2011] at http://www.unhas.ac.id/miceei/ProceedingsMICEEI2010_Part_One.pdf.
- [3] E. Palantei, A. Achmad, J. Rahmah, “Electrical Properties and RF Energy Response of Metal Loop Antennas for Wireless Sensing and Detecting of Conductive and Non Conductive Materials”, *Proceeding IEEE APS 2011*, Spokane, USA, pp 3148 – 3151.
- [4] E. Palantei, J.T. Sri Sumantyo, K. Osa, Yohandri, “Lungs Shape Antennas”, will be submitted to *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letter*, 2012.

