

# PROSIDING

## SMAP 2014

Seminar Nasional Microwave  
Antena dan Propagasi

*24 - 25 September 2014*

*Gedung Tower*

*Universitas Mercu Buana*



Diselenggarakan oleh



IEEE MTT/AP CHAPTER  
INDONESIA

Didukung oleh



Co-Sponsor



# Index Makalah

P1	Abdi Wahab, Mudrik Alaydrus “Perbandingan QoS VoIP pada Jaringan Ad hoc dengan Protokol AODV dan AOMDV”
P2	Priyo Wibowo, Eko Tjipto Rahardjo “Sel Transverse Electromagnetic untuk Menghasilkan Medan Listrik Seragam dengan Lempeng Coplanar Waveguide”
P3	Nixon Randy, Crista Carmel, dan A. A Pramudita “Modifikasi Footprint Antena GPR dengan Susunan Antena Mikrostrip Dipole U”
P4	Yorashaki Martha Leza, Fitri Yuli Zulkifli “Desain Low Pass Filter Stepped Impedance pada Frekuensi WLAN untuk Sistem Rectenna”
P5	Oki Teguh Karya dan Rizal Broer Bahaweres “Studi Awal Pengiriman Sinyal Video Real-Time dengan Aplikasi Skype Android pada Jaringan Nirkabel 802.11 di tengah Interferensi Kepadatan Lalu lintas Manusia”
P6	Herlinda Serliningtyas, Oktanto Dedi Winarko, Muhyin, Andrian Andaya Lestari dan Fitri Yuli Zulkifli “Substrate Integrated Waveguide (SIW) Filter untuk Radar FMCW X-band”
P7	Basari, Ahmad Triaji, Fitri Yuli Zulkifli dan Eko Tjipto Rahardjo “Printed Inverted F-Antenna untuk Aplikasi Off-/On-Body Communications”
P8	Fahraini Bacharuddin, Fita Nurhikmah “Analisa Optimasi Jaringan Hybrid Fiber Coax Dalam Penanganan Gangguan Outage PT.Linknet”
P9	Heri Rahmadyanto, Fitri Yuli Zulkifli, Basari, dan Eko Tjipto Rahardjo “Simulasi Antena Mikrostrip Array Dengan Polarisasi Melingkar Sebagai Sensor Synthetic Aperture Radar Unmanned Aerial Vehicle (SAR UAV)”
P10	Masykur Akmal, Rizal Broer Bahaweres, Mudrik Alaydrus “Analisis Pengukuran Akurasi Global Position System (GPS) Pada Receiver Garmin Rino 530 Hcx Di Dalam Gedung Dalam Penentuan Posisi”
P11	Agus Setiawan, Tommi Hariyadi, dan Budi Mulyanti “Perancangan Band Pass Filter Mikrostrip Hairpin dengan Open Stub dan Defected Ground Structure pada Pita Frekuensi UMTS (1920 MHz – 1980 MHz)”
P12	Elyas Palantei, Sukriyah Buwarda, Wardi Djuaeni, Intan Sari Areni, Dewiani Djamaluddin, Andani Achmad, Novy Nurrahmillah Ayu Mokobombang, Syafruddin “Karakteristik Beamsteerable Dan Reconfigurable Pada Sistem Antena Piranti Komputasi Bergerak Ramah Lingkungan”
P13	Nurul Muhtadin, Fitri Yuli Zulkifli “Program Pengukuran Bandwidth Pada Sistem Monitoring Portable Radio FM”
P14	Indra Surjati, Yuli Kurnia Ningsih, Rastanto Hadinegoro “Antena Slot Cincin Persegi Frekuensi Ganda dengan Teknik Parasitik”
P15	Muh. Yusuf “Implementasi Pengontrolan Azimuth/Elevation Pengukuran Diagram Pola Radiasi Antena berbasis Raspberry Pi”
P16	Adhitya Satria Pratama, Basari, Fitri Yuli Zulkifli, Eko Tjipto Raharjo “Perancangan Antena Ultra Wide Band untuk aplikasi Pencitraan Tumor Otak dengan Gelombang Mikro”

# KARAKTERISTIK BEAMSTEERABLE DAN RECONFIGURABLE PADA SISTEM ANTENA PIRANTI KOMPUTASI BERGERAK RAMAH LINGKUNGAN

Elyas Palantei, Sukriyah Buwarda, Wardi Djuoeni, Intan Sari Areni, Dewiani Djamaluddin, Andani Achmad, Novy Nurrahmillah Ayu Mokobombang, Syafruddin Syarif, Indrabayu Amirullah, Merna Baharuddin, Zulfajri Basri Hasanuddin, Ansar Suyuti, Zaenab Muslimin, dan Rhiza S. Sadjad

*Teknik Telekomunikasi dan Informasi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10 Makassar Sulawesi Selatan*

E-mail: [sukriyah\\_buwarda@yahoo.com](mailto:sukriyah_buwarda@yahoo.com)  
[elyas\\_palantei@unhas.ac.id](mailto:elyas_palantei@unhas.ac.id), [elyas.palantei@gmail.com](mailto:elyas.palantei@gmail.com)

**Abstract**— Sistem antena cerdas dan ramah lingkungan yang dirancang dan diinisiasi untuk diaplikasikan pada sistem komputasi bergerak ini dapat diatur untuk bekerja secara elektronik pada pita frekuensi jamak, yakni 1,25 GHz (terminal bergerak GPS-SAR), 3,5 GHz (WLAN/WiMAX) dan 8 GHz (aplikasi terminal-UWB). Proses optimisasi berkesinambungan yang telah dilakukan pada model antena yang telah dikonstruksi sebelumnya diperoleh hasil komputasi yang memperlihatkan bahwa sistem antena dapat pula dioperasikan pada frekuensi, masing-masing, 2,5 GHz (WiFi 802.11b,g dan n) dan 5,8 GHz (WiFi 802.11a). Sistem antena ini memiliki karakteristik *beamsteerable* dan *reconfigurable* sehingga dua parameter kinerja antena seperti pengarah pola radiasi dan switching frekuensi operasinya dapat diatur-atur secara otomatis pada daerah frekuensi yang diinginkan. Mekanisme pengaturan itu semua dilakukan oleh sebuah sistem mikrokontroler dalam operasi praktisnya nanti. Inovasi tambahan pada penelitian ini adalah pemanfaatan solar cell sebagai sumber energi utama untuk operasional unit sirkit kecerdasan pada sistem antena mikrostrip. Hasil evaluasi melalui aktifitas optimisasi komputasi numerik menunjukkan performansi yang baik ditinjau dari sejumlah parameter seperti  $S_{11}$ , VSWR dan pola radiasi.

**Keyword** – Antena cerdas, green antena, switched beam, beam-steerable, reconfigurable antena dan solar-cell

## I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir ini teknologi komunikasi nirkabel telah mengalami perkembangan yang sangat pesat dengan lahirnya bervariasi aplikasi yang semakin inovatif untuk mengakomodasi banyak aspek yang dibutuhkan dalam kehidupan masyarakat modern. Berbagai perusahaan saling berkompetisi untuk melahirkan aplikasi komunikasi bergerak dengan kemampuan yang semakin canggih, desain yang *compact*, dimensi yang kecil, *long life battery*, dan *user friendly* [1-11]. Sebagai contoh implementasi sistem *Wireless Local Area Network* (WLAN) atau *Wireless Fidelity* (WiFi) yang telah lama digunakan telah mengarah pada tuntutan

teknis itu. Awalnya Wi-Fi ditujukan untuk penggunaan perangkat nirkabel dan jaringan area local (LAN), namun saat ini lebih banyak digunakan untuk mengakses internet. Hal ini memungkinkan seseorang dapat menggunakan komputer atau *Personal Data Assistant* (PDA) untuk terhubung ke jaringan internet [1-3].

Berbagai upaya kajian inovatif telah dilakukan untuk membuat berbagai piranti yang mendukung kinerja alat-alat komunikasi *mobile*. Salah satu bagian yang terpenting dari rangkaian-rangkaian pengkajian itu salah satunya ditujukan untuk mendukung peningkatan kinerja alat-alat komunikasi *mobile* termasuk isu sistem antena [3]. Sebuah sistem antena yang diaplikasikan telah dipersyaratkan agar memiliki performansi yang luar biasa untuk jaringan nirkabel, cakupan yang bisa mencapai jarak yang jauh, redaman saluran yang kecil atau penguatan sistem RF yang besar dan efisiensi yang tinggi, kebutuhan *bandwidth* yang lebar dan bisa bekerja pada beberapa pita frekuensi [1].

Beberapa standar dan spesifikasi teknis teknologi WiFi disepakati bahwa standar IEEE 802.11a dikhususkan penerapannya untuk bekerja pada frekuensi 5.8 GHz. Selain itu standar 802.11b, 802.11g dan 802.11n dalam prakteknya diperuntukkan untuk diaplikasikan pada frekuensi 2.4 GHz [1-11]. Permasalahan selanjutnya yang muncul adalah peralatan yang mendukung standar 802.11b, 802.11g dan 802.11n yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz tidak kompatibel dengan peralatan yang mendukung standar 802.11a yang bekerja pada frekuensi 5.8 GHz. Untuk menangani permasalahan ini, diperlukan kajian inovatif untuk membuat sebuah piranti yang dapat mendukung kedua standar tersebut. Fokus pembahasan yang akan diuraikan pada sub-pokok bahasan selanjutnya akan difokuskan pada lingkup pengkajian sistem antena reconfigurable dan beamsteerable yang dapat bekerja pada pita frekuensi jamak 2,5 dan 5,8 GHz. Melalui teknik reconfigurasi struktur fisik antena mikrostrip secara elektronik menggunakan p.i.n. diode (sebagai divais switching RF) akan dimungkinkannya sistem antena dapat dioperasikan pada dua daerah frekuensi itu secara bergantian. Fungsionalitas kerja tambahan dari sistem antena, ketika telah menduduki satu daerah frekuensi operasi, yakni dapat juga mengatur keterarahan pola radiasi (*beam pattern*) pada satu arah tertentu.

Itu semua dilakukan secara elektronis sehingga daya pancaran/penerimaan tetap terjaga pada level maksimumnya.

Isu-isu menarik dan sangat menantang lainnya yang juga menjadi konsen utama dalam aktifitas riset sistem antena cerdas ini adalah proses perakitan unit rangkaian pemroses RF (RF circuit) dan sumber energi listrik catuannya. Untuk itu sejumlah teknik yang sangat berkorelasi dengan aspek kesehatan lingkungan akan diterapkan seperti teknik pencetakan layout rangkaian yang meminimalisir dampak negatif dari penggunaan bahan pelarut kimiawi PCB dan pengintegrasian sistem charging piranti komputasi bergerak yang memanfaatkan ketersediaan energi terbarukan yang berlimpah seperti penggabungan WPT dan solar-cell mini. Seluruh isu teknis itu akan dikaji lebih komprehensif pada fase riset lanjutan di masa yang akan datang.

## II. KONSTRUKSI ANTENA STEERABLE

Secara umum sistem antena cerdas yang didisain dan dikembangkan ini pada awalnya diinisiasi agar dapat melakukan *switching* pada tiga pita frekuensi 1,25 GHz; 3,5 GHz; dan 7,5 GHz yang dikendalikan melalui algoritma kontrol yang diintegrasikan pada chip mikrokontroler. Terdapat tiga potensi aplikasi berbeda yang diinginkan dari ketiga pita frekuensi itu, masing-masing, adalah untuk penerapan pada terminal GPS-SAR bergerak, WLAN/WiMAX, dan sistem UWB. Struktur antena mikrostrip yang telah dirancang ini dalam prakteknya dikontrol oleh sebuah *RF-intelligent control circuit*. Unit rangkaian ini dibangun menggunakan berbagai komponen elektronik seperti *microwave pin diode*, dioda varactor, MEMs switch dan GaAs FET switches, LNA, RF-detector, unit pengkondisi sinyal dan unit pengontrol [1]. Unit RF-cerdas ini dapat digunakan untuk mengswitch frekuensi operasi piranti-piranti komputasi bergerak, juga dapat digunakan untuk mengatur keterarahan pola radiasi. Namun, untuk memenuhi target operasi pada dua pita frekuensi yakni 2,5 GHz dan 5,8 GHz maka sejumlah upaya optimisasi model rancangan antena dilakukan. Ini semua akan diuraikan pada paragraf-paragraf selanjutnya.

Untuk mendisain antena mikrostrip yang memiliki karakteristik beamsteerable dan reconfigurable maka prosedur awal yang dilakukan adalah komputasi numerik menggunakan formula matematis berikut ini:

- Lebar (*W*) *microstrip patch antena* diberikan oleh persamaan ..... (1)

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$$

- Konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_{reff}$ ) pada persamaan diatas ditentukan oleh,

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2)$$

- Panjang *patch* (*L*) diberikan sebagai oleh,

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \dots\dots\dots (3)$$

dengan panjang efektif ( $L_{eff}$ ) dapat dihitung menggunakan

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots\dots\dots (4)$$

dan panjang tambahan ( $\Delta L$ ) sebagai

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.259) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \dots\dots\dots (5)$$

dimana,  $c = 3.10^8$  m/s

$f_0$  = resonansi frekuensi (Hz)

$\epsilon_r$  = *relative permittivity*/konstanta dielektrik

$\epsilon_{reff}$  = konstanta dielektrik efektif

$W$  = lebar *patch* (mm)

$h$  = tinggi/tebal substrat (mm)

$L$  = panjang *patch* (mm)

$L_{eff}$  = panjang *efektif patch* (mm)

$\Delta L$  = panjang tambahan *patch* (mm)

Hasil perhitungan matematis menggunakan seluruh formula di atas merupakan dasar perancangan ukuran fisik awal antena yang diinginkan seperti terdistribusi pada Tabel 1. Model rancangan antena, yang telah disimulasikan secara 3D menggunakan software Ansoft HFSS V13 dengan mengacu pada dimensi dan material pada Tabel 1, diperlihatkan pada Gambar 1. Model disain antena merujuk pada penelitian sebelumnya, dimana sistem antena masih beroperasi pada pita frekuensi 5 GHz, 10 GHz dan 15 GHz [1]. Untuk memperoleh hasil rancangan yang sesuai keinginan maka proses komputasi dapat diteruskan dengan melakukan modifikasi dimensi disain antena melalui proses-proses optimisasi dalam tahapan pemodelan numeriknya.

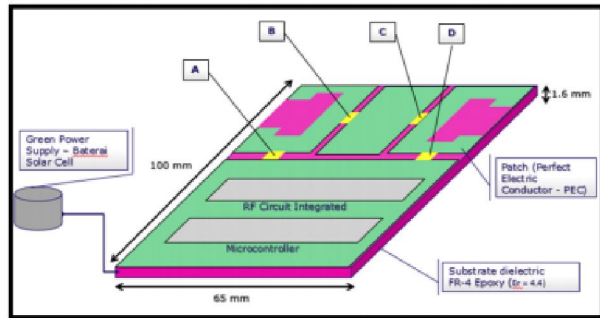
Tabel 1. Dimensi Antena Beamsteerable dan Reconfigurable berdasarkan Kalkulasi Matematis

Struktur Material		Material	$\epsilon_r$	Dimensi Antena (mm)			
				T	L	P	R
Dielektrik		FR-4 Epoxy	4.4	1.6	65	100	-
Patch	Pusat Patch	PEC		0.05	20	40	-
	Left Patch			0.05	20	40	-
	Right Patch			0.05	20	40	-
Bridge	A			0.05	3	8	-
	B			0.05	3	8	-
	C			0.05	3	8	-
	D			0.05	3	8	-
Ground Plane				0.05	65	100	-
Boundary		Air	1	10	105	120	-
Conducting Wire		Copper	1	1.6	-	-	1.5

Catatan: T=Tinggi/tebal; L=Lebar; P=Panjang; dan R=Radius

Satu hal yang harus diperhatikan dalam tahapan pemodelan numerik melalui proses optimisasi bahwa untuk menentukan dimensi elemen peradiasi maka terlebih dahulu harus direncanakan nilai frekuensi kerja yaitu 2400 MHz dan 5800 MHz. Sistem saluran transmisi yang menghubungkan antara struktur patch peradiasi dan SMA konektor diimplementasikan melalui pencatutan langsung menggunakan teknik *coaxial probe feeding* dengan nilai impedansi karakteristiknya sebesar 50  $\Omega$ . Elemen peradiasi terdiri atas tiga buah *patch* yang akan berkontribusi untuk fungsi

switching pada dua pita frekuensi berbeda 2400 MHz dan 5800 MHz.

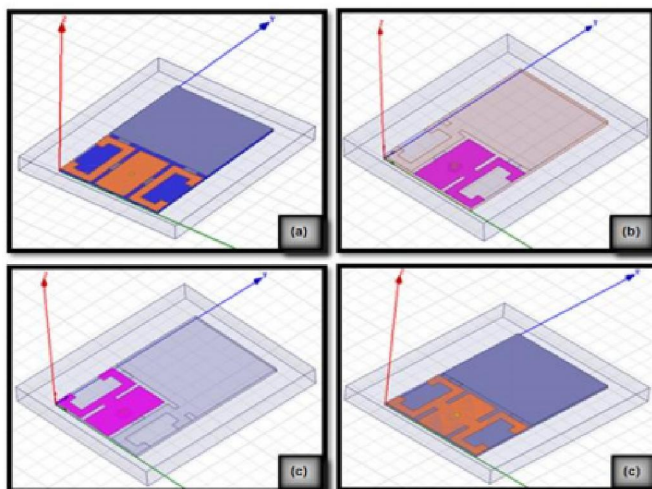


Gambar 1. Dimensi awal dari konstruksi sistem antenna beam-steerable, reconfigurable dan ramah lingkungan

Untuk menguji beberapa karakteristik penting pada sistem antenna yang dibangun seperti beamsteerable dan reconfigurable maka beberapa langkah eksperimen simulasi dapat diimplementasikan. Prosedur pengujian ini akan mengikuti urutan langkah yang ditabulasikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konstelasi Konfigurasi Unit RF-Switching menggunakan PIN diode [1]

Konfigurasi Switching				
Prosedur Switching	PIN Diode A	PIN Diode B	PIN Diode C	PIN Diode D
Prosedur I	Off	Off	Off	Off
Prosedur II	Off	On	Off	On
Prosedur III	On	Off	On	Off
Prosedur IV	Off	On	On	Off



Gambar 2. Disain antenna (a) Prosedur I, (b) Prosedur II, (c) Prosedur III, dan (d) Prosedur IV

Seperti jelas diperlihatkan pada Gambar 1 dan Tabel 2 di atas bahwa prosedur II dan III dimaksudkan untuk mengatur keterarahan beam antenna untuk menyimpang beberapa derajat, masing-masing, ke arah kanan atau ke kiri (relatif terhadap

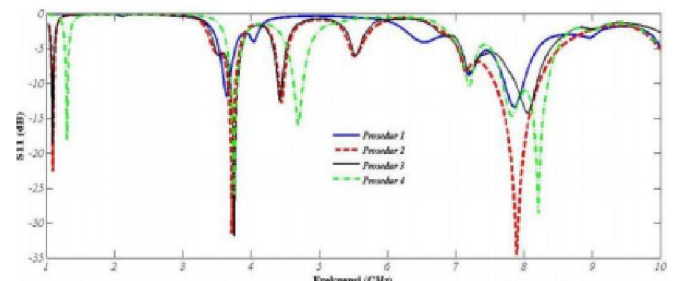
sumbu axis-X). Mekanisme pengujian karakteristik numerik antenna seperti itu diilustrasikan pula pada Gambar 2.

### III. EVALUASI KINERJA SISTEM ANTENA

#### A. Pengujian Sifat Steerable Melalui Komputasi Numerik

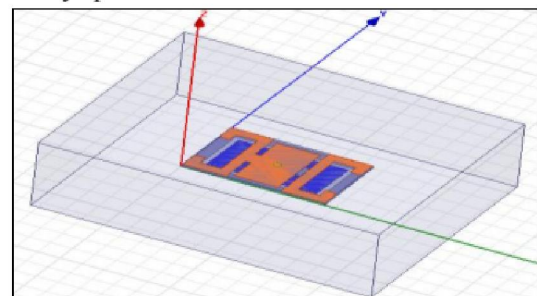
Proses disain yang dilakukan pada software Ansoft HFSS menggunakan empat kondisi berdasarkan Tabel 2. Hasil disain dan pengujian numerik, masing-masing untuk keempat prosedur, diperlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai masing-masing koefisien refleksi  $S_{11}$  (yang menunjukkan besarnya daya yang terefleksi kembali ke saluran) untuk keempat konstelasi konfigurasi RF switching pada struktur patch peradiasi antenna, yang menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Di samping temuan itu semua, terdapat hasil ujicoba yang cukup menarik dimana daerah frekuensi operasi yang diharapkan ternyata juga belum tercapai. Titik operasi sistem antenna yang telah dikonstruksi hanya mampu bekerja pada daerah frekuensi 3700 MHz dan 7900 MHz. Sehingga sangat penting untuk dilakukan langkah optimisasi komputasi numerik dengan memodifikasi sejumlah dimensi antenna seperti ukuran fisik panjang dan lebar untuk setiap struktur material yang membangun lapisan radiator mikrostrip untuk mencapai target 2 daerah frekuensi kerja 2400 dan 5800 MHz. Beberapa ukuran material pembangun struktur patch seperti dielektrik, patch radiator tengah, ukuran model RF switch A, B, C dan D, bidang ground dan boundary sistem antenna.



Gambar 3. Hasil simulasi perbandingan parameter  $S_{11}$

Sangat jelas terlihat pada Gambar 2 dan 3 bahwa dengan kemampuannya merekonfigurasi struktur fisik elemen radiator gelombang elektromagnetiknya secara elektronik maka daerah frekuensi operasi sistem antenna dapat pula diswitch secara otomatis hanya pada daerah frekuensi resonansi tertentu.



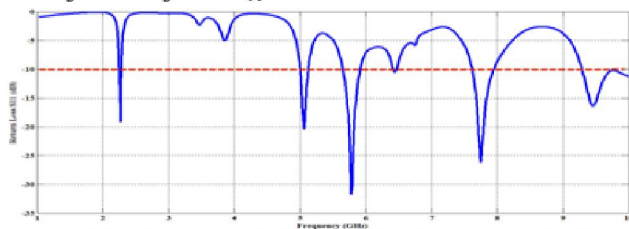
Gambar 4. Modifikasi dimensi antenna melalui optimisasi

## B. Optimisasi Elemen Peradiasi Antena

Tahap optimisasi dilakukan dengan mempertimbangkan kembali beberapa aspek yang mendukung performansi yang baik untuk sebuah sistem antena diantaranya adalah ukuran yang kecil dan *compact* sesuai peruntukannya untuk aplikasi pada perangkat telepon selular. Hasil modifikasi disain antena yang dikonstruksi saat ini memiliki spesifikasi ukuran fisik material sebagai berikut: panjang ( $P_d$ ) dari bahan dielektrik 47,63 mm dan lebarnya ( $L_d$ ) 40,52; lapisan radiator tengah  $P_r=36$  mm dan  $L_r=20$  mm; semua RF-switch patch panjangnya tetap sama 8 mm tetapi lebarnya menjadi 2,5 mm; sementara itu baik bidang ground dan bidang boundary radiasinya, masing-masing, menjadi  $P_g=26$  mm,  $L_g=50$  mm dan  $P=120$  mm,  $L_b=155$  mm.

Melalui tahap optimisasi komputasi numerik seperti itu sejumlah parameter listrik rancangan antena yang lebih baik dapat diperoleh sesuai target yang diinginkan.

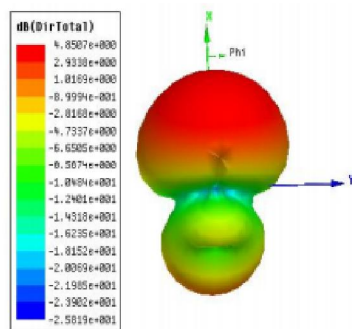
### 1. Koefisien Refleksi $S_{11}$



Gambar 5. Hasil Simulasi Koefisien Refleksi  $S_{11}$

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa koefisien refleksi  $S_{11}$  antena sangat baik unjukkinerjanya pada daerah frekuensi kerja 2400 GHz dan 5800 GHz meski pita frekuensinya cukup sempit hanya berkisaran  $< 100$  MHz pada daerah operasi 2,4 GHz dan sekitaran 300 MHz pada daerah operasi 5,8 GHz. Sistem antena juga dapat digunakan pada pita frekuensi 5100 MHz, 7800 MHz dan 9500 MHz. Nilai VSWR terbaik yang dapat diperoleh pada pita frekuensi 2,4 dan 5,8 GHz adalah masing-masing sekitar 1,719 dan 1,374.

### 2. Pola Radiasi 3D



Gambar 6. Hasil simulasi pola radiasi 3D

Kinerja direktifitas pola radiasi sistem antena yang dikembangkan belumlah begitu bagus tetapi sifat direksionalitasnya sudah bisa diatur-atur secara elektronis dengan senantiasa mengarahkan maksimum power sinyal pada sb-X. Melalui mekanisme pengontrolan RF-switching seperti itu beam antena bisa diubah arahnya sejauh sekitaran  $15^\circ$  dari posisi inisialnya tergantung konstelasi konfigurasi divais

RF-switch. Gain teoritis dari sistem antena masih cukup kecil yakni kurang dari 5 dBi serta nilai FTBR hanya sekitar 3 dB.

## V. KESIMPULAN

Antena mikrostrip yang dirancang telah menghasilkan kinerja yang diharapkan yaitu bekerja pada frekuensi 2400 MHz dan 5800 MHz. *Bandwidth* yang dihasilkan yaitu pada kisaran 300 MHz jika bekerja pada frekuensi 5800 MHz dan *narrowband*  $< 100$  MHz jika bekerja pada frekuensi 2400 MHz. Struktur yang telah dirancang ini bersifat reconfigurable, beamsteerable dan dalam tahapan kajian selanjutnya akan difabrikasi dengan mengadopsi teknik-teknik konstruksi yang dapat mereduksi efek-efek yang bisa berimplikasi pada degradasi kualitas lingkungan. Sistem solar cell juga saat ini telah diintegrasikan pada proses manufakturnya untuk mencatu seluruh divais elektronik pada unit cerdas sistemnya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Atas nama seluruh tim R&D di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin, Makassar mengucapkan terimakasih yang sebanyak-banyaknya kepada Dirjen SDPPI, Kementerian Komunikasi dan Informatika, Republik Indonesia yang telah mendukung seluruh rangkaian kegiatan inovatif terkait pengkajian dan pengembangan produk telekomunikasi yang telah berlangsung sejak Tahun 2007 hingga beberapa tahun ke depan. Semoga seluruh dedikasi dan kerjasama yang saling menguntungkan sejauh ini dapat berkontribusi bagi kemajuan dunia akademik dan riset di Tanah Air tercinta.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Palantei Elyas, David V.Thiel, Steven G. O'Keefe "Rectangular Patch with Parasitic Folded Dipoles : A Reconfigurable Antenna", Proceeding of iWAT, Chiba, Japan, P132, 2008
- [2] Balanis, Constantine A. *Antenna Theory - Analysis and Design*. Third Edition. New Jersey: John Wiley and Sons. 2005
- [3] Palantei, Elyas, "Switched Parasitic Smart Antenna: Design and Implementation for Wireless Communication System", Phd Dissertation Thesis. Centre for Monitoring & Application (CWMA) Griffith School of Engineering and Information Technology. Australia: Griffith University. 2009.
- [4] Kumar, Girish. 2003. "Broadband Microstrip Antennas". Griffith University
- [5] Nurmantri S, Dwi. 2011. "Simulasi Antena Mikrostrip Beamforming Berdasarkan Kombinasi Switch Gangguan Menggunakan High Frequency Structure Simulator (HFSS)". Library IT Telkom: Bandung.
- [6] Balanis, C.A.1989. "Advanced Engineering Electromagnetics", John Wiley & Sons, New York
- [7] Howell, J. Q., "Microstrip Antennas", IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol. AP-23, January 1975, pp. 90-93
- [8] Mahendra, Wahyu. 2008. "Simulasi Sistem MIMO-STBC dengan Smart Antenna Algoritma Referensi Temporal". Universitas Indonesia : Depok.
- [9] Palantei, Elyas, "Smart Antenna Characteristics for the Next Wireless Mobile Environment". 2008. Proceedings of 1<sup>st</sup> Makassar International Conference On Electrical Engineering and Informatics Hasanuddin University, Makassar, Indonesia.
- [10] Behdad and K. Sarabandi, "Dual-Band Reconfigurable Antenna with a Very Wide Tunability Range". IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. 54, No.2, February 2006, pp.409-416
- [11] Yaasin A.A. and Saeed R.A., "Reconfigurable Dual-Band Antenna for 2.4 GHz and 3.5 GHz using Single PIN Diode, " International Conference on Computing, Electrical, and Electronics Engineering (ICCEEE), Sudan University Science and Technology, 2013.

**MAP**  
Microwave, Antena, & Propagasi

<http://map.or.id>

ISSN 2252-701X



9 772252 701004