ANTENA *RECONFIGURABLE* UNTUK APLIKASI *COGNITIVE RADIO* PADA SPEKTRUM 1800, 2100, 2300, 2600 MHz

RECONFIGURABLE ANTENNA FOR *COGNITIVE RADIO* APPLICATION AT SPECTRUM 1800, 2100, 2300, 2600 MHz

Muhammad Iqbal[1], Bambang Setia Nugroho[2], Agus Dwi Prasetyo[3]

[1]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]Casdoper@gmail.com, bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id, adprasetyo@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

***Cognitive radio* merupakan teknologi yang memungkinkan pengguna lain memakai sebuah spektrum frekuensi ketika pengguna utama sedang tidak menggunakannya. Tugas akhir ini merancang dan merealisasikan sebuah antena mikrostrip untuk aplikasi *Cognitive Radio* pada frekuensi kerja *1.8, 2.1, 2.3 dan 2.6* GHz. Antena ini terdiri dari antena *sensing* dan *communicating* yang memiliki catuan berbeda namun terletak dalam substrat yang sama. Antena yang dibangun berupa *printed monopole* yang menggunakan substrat FR-4 dan *partial ground*. Antena komunikasi memiliki patch yang dikombinasikan dengan *switch* agar dapat merekonfigurasi frekuensi kerjanya. Hasil Pengukuran menunjukkan, untuk VSWR < 2, antena sensing dapat bekerja pada frekuensi 1.8, 2.1, 2.3 dan 2.6 GHz dengan *bandwidth* 1500 MHz, memiliki karakteristik *wideband*, pola radiasi *omnidirectional* dan polarisasi *elips*. Antena komunikasi bekerja pada empat state kombinasi switch. State pertama saat semua *switch OFF*, bekerja pada frekuensi 2.6 GHz dengan *bandwidth* 770 MHz. State kedua saat *switch 1 ON* dan *switch 2, 3 OFF*, bekerja pada frekuensi 2.3 GHz dengan *bandwidth* 620 MHz. State ketiga saat *switch 2 ON* dan *switch 1, 3 OFF*, bekerja pada frekuensi 2.1 GHz dengan *bandwidth* 540 MHz dan state terakhir saat *switch 2,3 ON* dan *switch 1 OFF* bekerja pada frekuensi 1.8 GHz dengan *bandwidth* 210 MHz.**

Kata Kunci: Cognitive radio, printed monopole, partial ground

ABSTRACT

Cognitive radio is a technology which allows other users to use a frequency spectrum when the primary user is not using it. This final project designed and realized a suitable microstrip antenna for Cognitive Radio applications at working frequency 1.8, 2.1, 2.3 and 2.6 GHz. This antenna is composed of a sensing and communicating antenna that has a different template but is located on the same substrate. Antenna constructed as printed monopole using FR-4 substrate material and partial ground. Communication antennas has patches which are combined with switches in order to reconfigure its working frequency. The measurement results show that, for VSWR <2, the sensing antenna can work on frequencies 1.8, 2.1, 2.3 and 2.6 GHz with 1500 MHz bandwidth, has wideband characteristics, omnidirectional radiation pattern and elliptical polarization. The communication antenna works on four state of switch combinations. The first state is when all of the switches OFF, working at 2.6 GHz frequency with 770 MHz bandwidth. The second state is when switch 1 ON and switch 2, 3 OFF, working on the 2.3 GHz frequency with 620 MHz bandwidth. The third state is when switch 2 ON and switch 1, 3 OFF, working at 2.1 GHz frequency with 540 MHz bandwidth and the last state is when switch 2.3 ON and switch 1 OFF working at 1.8 GHz frequency with 210 MHz bandwidth.

Keywords: Cognitive radio, printed monopole, partial ground

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang telekomunikasi khususnya pada sektor nirkabel terus meningkat dan membutuhkan spektrum frekuensi untuk pengembangannya. Spektrum frekuensi yang tersedia bersifat terbatas dan diregulasi berdasarkan jenis layanan yang tersedia. Akan tetapi pembagian ini mengakibatkan keterbatasan pengembangan teknologi komunikasi kedepannya. Spektrum frekuensi yang telah dibagi tersebut sebenarnya belum termanfaatkan secara optimal. Sehingga diperlukan teknologi untuk mengoptimalkan penggunaan spektum yang ada agar bisa menampung lebih banyak layanan komunikasi.

Cognitive Radio adalah sebuah teknologi pada aplikasi radio yang dapat memeriksa keadaan lingkungan tempat dia beroperasi, mengambil keputusan dan merubah parameter kerjanya untuk menyesuaikan diri dengan situasi lingkungan tersebut [1]. *Cognitive Radio* dapat merekonfigurasi penggunaan spektrum perangkat sehingga dapat mengefisiensikan kinerja perangkat terhadap kanal komunikasi yang ada. Kemampuan kerja sistem *Cognitive Radio* membutuhkan perangkat antena untuk mendukung kinerjanya. Antena yang berfungsi sebagai terminal akhir pengirim dan penerima pada sistem komunikasi nirkabel.

Berdasarkan sistem kerja *Cognitive Radio,* diperlukan antena yang dapat melakukan dua fungsi, yaitu berupa pemindaian spektrum frekuensi dan juga komunikasi pada frekuensi yang sedang tidak digunakan. Kemampuan pemindaian spektrum dilakukan oleh *sensing antenna* dan kemampuan komunikasi oleh *communicating antenna*. [1] Karakteristik komunikasi berdasarkan hasil pemindaian spektrum oleh *Cognitive Radio* harus memiliki kemampuan merekonfigurasi parameter kerja antena, seperti frekuensi resonansi, *bandwidth,* pola radiasi dan lainnya [2] Kemampuan untuk merekonfigurasi ini dapat diterapkan untuk merekonfigurasi parameter pada *sensing* dan *communicating antenna* atau hanya kepada salah satunya saja.

Pada [3], *sensing* dan *communicating antenna* yang dirancang merupakan struktur *printed monopole* yang berbeda dan terpisah tetapi terletak pada satu substrat dan *partial groundplane* yang sama. Elemen peradiasi berbentuk elips dengan pencatuan *microstrip line* yang memiliki karakteristik *Wideband* dengan *bandwidth* 0.74-5.94 GHz pada kondisi *switch* OFF dan 1.35-11.678 GHz pada kondisi *switch* ON. Sedangkan *communicating antenna* memiliki elemen peradiasi berupa dua buah segitiga, salah satunya dicatu dengan *microstrip line* dan dihubungan dengan segitiga lainnya menggunakan *switch. Communicating antenna* pada [3] memiliki dua buah frekuensi kerja, yaitu 1.8 dan 2.35 GHz.

Desain dan realisasi antena pada tugas akhir ini akan mengadaptasi konsep antena pada [3] dengan memberikan penambahan elemen peradiasi dan *switch.* Ukuran elemen peradiasi akan disesuaikan untuk mendapatkan *bandwidth sensing antenna* minimal 200 MHz untuk masing-masing frekuensi 1.8, 2.1, 2.4 dan 2.6 GHz dan frekuensi kerja untuk *communicating antenna* yaitu pada frekuensi 2.6 GHz pada kondisi switch 1, 2 dan 3 OFF. Frekuensi 2.3 GHz pada kondisi *switch* 1 ON, *switch* 2 dan 3 OFF. Frekuensi 2.1 GHz pada kondisi *switch* 2 ON, *switch* 1 dan 3 OFF. Frekuensi 1.8 GHz pada kondisi *switch* 2 dan 3 ON *switch* 1 OFF. Antena komunikasi juga mempunyai *bandwidth* minimal sebesar 200 MHz untuk frekuensi 1.8, 2.1, 2.3 dan 2.6 GHz.

2. DASAR TEORI

Menurut IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer), *Cognitive Radio* merupakan jenis radio dimana sistem komunikasinya dapat mengenali lingkungan dan kemampuan dirinya dan dapat menentukan keputusan mengenai bagaimana sistem beroperasi berdasarkan informasi dan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya [4]. Sedangkan menurut Federal Communications Commission (FCC), *Cognitive Radio* adalah teknologi aplikasi radio yang dapat merubah parameter pemancar berdasarkan pada interaksi dengan lingkungan dimana dia sedang beroperasi [5]. Berdasarkan definisi tersebut disimpulkan bahwa *Cognitive Radio* dapat menilai kondisi lingkungan disekitarnya dan mengambil keputusan sesuai observasi agar bisa melakukan komunikasi di lingkungan tersebut.

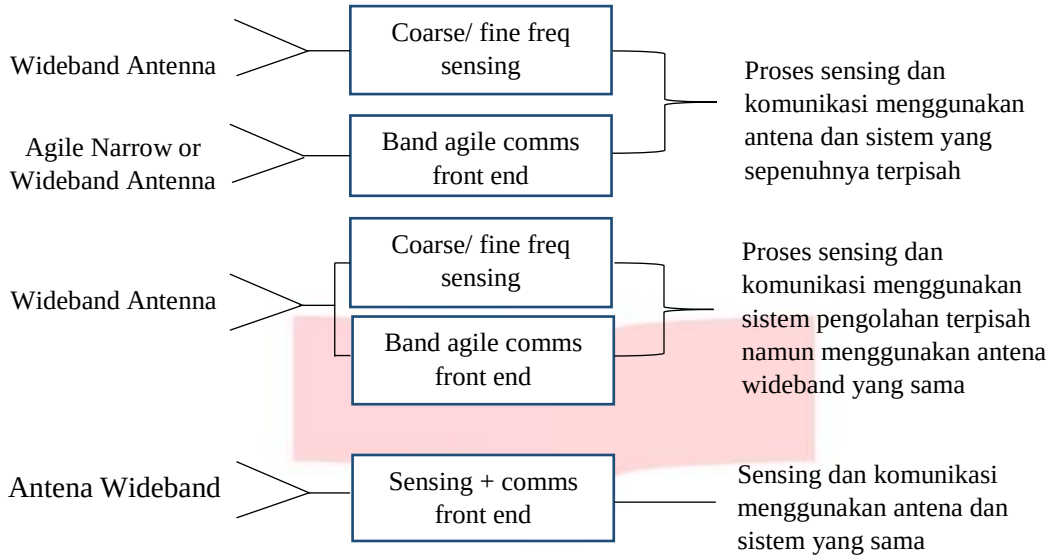
Cognitive Radio terdiri dari beberapa modul yaitu *sensing antena*, *spectrum sensing*, *spectrum decision*, *switch controller*, *reconfigurable antenna* [6]. Dengan demikian secara garis besar *Cognitive Radio* membutuhkan dua antena utama yaitu *sensing antena* dan *reconfigurable antena*. *Sensing antena* berfungsi sebagai antena yang mendeteksi adanya spektrum frekuensi yang dapat digunakan. Sedangkan *reconfigurable antena* berfungsi sebagai antena untuk berkomunikasi pada spektrum frekuensi yang telah dideteksi [6].

Didalam sistem *Cognitive Radio* dibutuhkan beberapa kemampuan, yaitu kemampuan untuk *sense the spektrum* yaitu yang dilakukan oleh sensing antena, kemampuan untuk berkomunikasi dilakukan oleh communication antena, dan kemampuan untuk *resense spektrum* dilakukan oleh sensing antena [1].

Cognitive Radio menggunakan dua jenis antena , yaitu *sensing antena* dan *reconfigurable antenna* [3]. *Sensing antenna* merupakan antena yang digunakan untuk memindai keadaan spektrum frekuensi di lingkungan sistem berada. Antena ini berkarakteristik *wideband*.

Reconfigurable antenna adalah antena yang digunakan sebagai antena komunikasi pada alokasi frekuensi tertentu. Karakteristik antena ini yaitu *narrowband* dengan pola radiasi terarah serta struktur antena harus direkonfigurasi agar memiliki beberapa frekuensi resonansi berbeda [3].

Struktur antena pada *Cognitive Radio* dapat dikategorikan dalam dua kategori, yaitu kategori A dan B [7]. Sistem kategori yang pertama (kategori A) terdiri dari modul *spectrum sensing* dan *communicating* yang terpisah dan bekerja secara paralel, dimana kategori ini memiliki dua tipe, Tipe pertama, *sensing antenna* dan *reconfigurable antenna* adalah antena yang berbeda dan terpisah sehingga fungsi *sensing* dan *communicating* di lakukan oleh antena berbeda dan yang bisa mereconfiguble hanya *communicating antenna* saja, sedangkan pada tipe kedua *sensing antenna* dan *reconfigurable antenna* adalah satu antenna *wideband* yang sama, oleh karena itu fungsi *sensing* dan *communicating* di lakukan oleh satu antenna yang dapat me-reconfigurable fungsi kerjanya. Sistem kategori kedua (kategori B), fungsi *spectrum* dan *communicating* dilakukan oleh satu modul, dimana *threshold* dari *link quality* menjadi penentu pelaksanaan fungsi keduanya [3].



Gambar 1 Skenario antena Cognitive Radio

Pada tugas akhir ini *sensing antena* dan *reconfigurable antenna* dibuat berdasarkan kategori A tipe pertama, yaitu antena dibuat terpisah, namun kedua antena tetap berada pada *substrat* yang sama. Agar mendapat dua resonansi yang diinginkan pada *reconfigurable antenna* maka akan diberikan *switch*.

3. PERANCANGAN

Rancang bangun antena yang akan dibuat pada tugas akhir ini berbentuk mikrostrip dengan modifikasi menggunakan teknik printed monopole antena untuk memperlebar bandwidthnya. Rancangan terdiri dari dua buah antena yang tergabung dalam satu substrat FR-4 (εr = 4,6). Antena pertama berfungsi sebagai sensing antena dan memiliki bandwidth lebar. Antena kedua berfungsi sebagai antena komunikasi, memiliki bandwidth sempit serta bisa direkonfigurasi frekuensi kerjanya menggunakan kombinasi *switch*.

Antena sensing memiliki *bandwidth* 200 MHz untuk tiap frekuensi 1.8, 2.1, 2.3 dan 2.6 GHz pada batas VSWR < 2 atau setara dengan *Return Loss* < -10 dB. Sedangkan *communicating antenna* dirancang dengan kemampuan rekonfigurasi frekuensi kerja dan memiliki 4 bagian patch yang dihubungkan oleh 3 switch. Kombinasi ON-OFF dari ketiga switch ini akan memberikan 4 frekuensi kerja pada *communicaring antenna*, yaitu pada frekuensi 1.8, 2.1, 2.3 dan 2.6 GHz dengan *bandwidth* 200 MHz yang dihitung pada batas VSWR < 2. Frekuensi ini dipilih karena umum digunakan pada teknologi *wireless* komunikasi seluler.

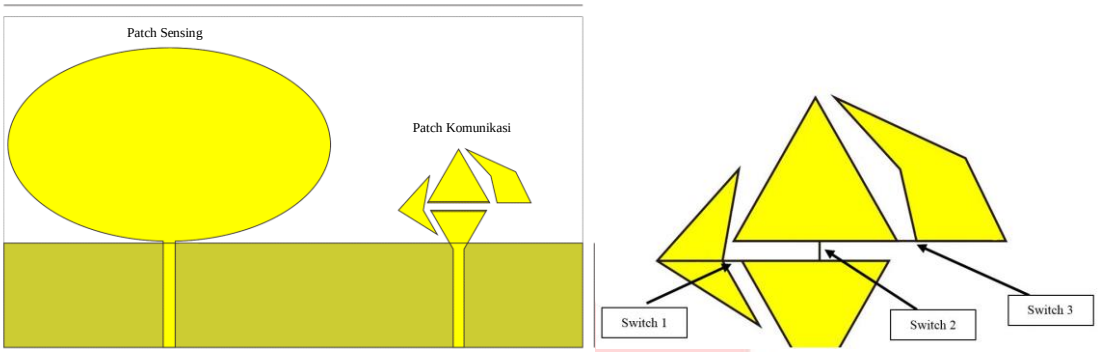
1. Antena Sensing
   a. Frekuensi kerja : 1.8, 2.1, 2.3 dan 2.6 GHz
   b. Bandwidth : ≥ 200 MHz
   c. VSWR : < 2
   d. Return Loss : -10 dB
2. Antena Komunikasi
   a. Frekuensi kerja : 1.8, 2.1, 2.3 dan 2.6 GHz
   b. Bandwidth : ≥ 200 MHz
   c. VSWR : < 2
   d. Return Loss : -10 dB

Bahan dielektrik yang digunakan sebagai substrat pada antena ini adalah FR-4 Epoxy dengan karakteristik sebagai berikut :

1. Permitivitas relatif (εr) : 4.6
2. Ketebalan dielektrik (h) : 1.6 mm
3. Temperatur kerja : -50 s/d 120° C
4. Ketebalan konduktor (t) : 0,035 mm

Bahan ini dipilih karena relatif murah dan mudah untuk didapatkan. Proxy FR-4 juga memiliki harga Permitivitas Relatif (εr) dan ketebalan dielektrik (h) cukup besar sehingga dapat diperkirakan akibat substrat

yang tebal, *bandwidth* yang dihasilkan dapat lebih lebar, tetapi efisiensinya lebih rendah dan dimensi antena lebih kecil.



(a) *(b)*

Gambar 2 (a) Rancang Bangun Antena Keseluruhan, (b) Patch Antena Komunikasi

4. VERIFIKASI HASIL, PENGUKURAN DAN ANALISIS

Hasil pengukuran realisasi antena dibandingkan dengan hasil simulasi untuk setiap parameter yang diukur.

4.1 Pengukuran VSWR dan *Bandwidth*

Berikut analisis dari perbandingan VSWR dan Bandwidth hasil simulasi dengan hasil pengukuran realisasi.

Tabel 1 Perbandingan VSWR Simulasi dengan Pengukuran

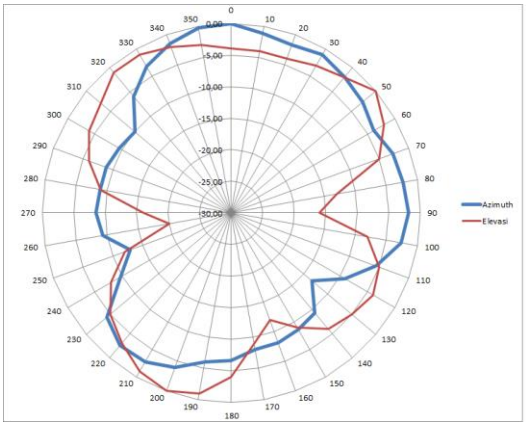
State	Frekuensi (GHz)	VSWR		Bandwidth (MHz)	
		Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran
Sensing	1.8, 2.1, 2.3, 2.6	1.08, 1.16, 1.26, 1.41	1.15, 1.46, 1.62, 1.5	1730	1500
State 1	2.6	1.15	1.155	682	770
State 2	2.3	1.27	1.406	661	620
State 3	2.1	1.32	1.428	471	540
State 4	1.8	1.57	1.610	286	210

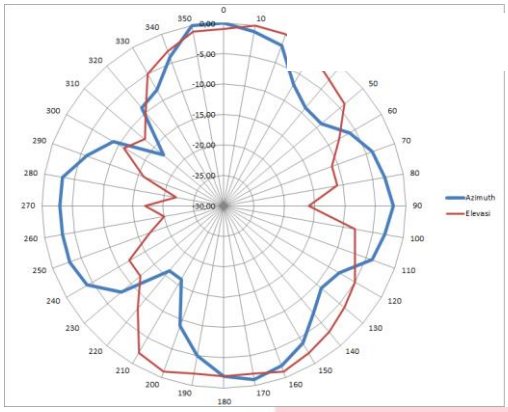
Pada pengukuran VSWR terdapat perbedaan hasil simulasi dengan realisasi dimana nilai-nilai keduanya relatif *matching*. Dapat disimpulkan bahwa gelombang yang dipantulkan kembali ke arah generator relatif bernilai kecil.

Sedangkan hasil pengukuran *bandwith* simulasi dengan realisasi memiliki perbedaaan disebabkan oleh pabrikasi yang tidak sempurna yang menyebabkan *bandwidth* realisasi state 1,2 dan 3 lebih lebar dari simulasi tetapi pada state 4 lebih sempit dari simulasi. Bandwidth yang didapatkan yaitu ≥ 1500 MHz untuk antena sensing dan ≥ 200 MHz untuk antena komunikasi. Bandwidth yang lebar dapat menyebabkan interferensi frekuensi yang berdekatan, akan tetapi dapat diatasi dengan menggunakan memanfaatkan *filter*.

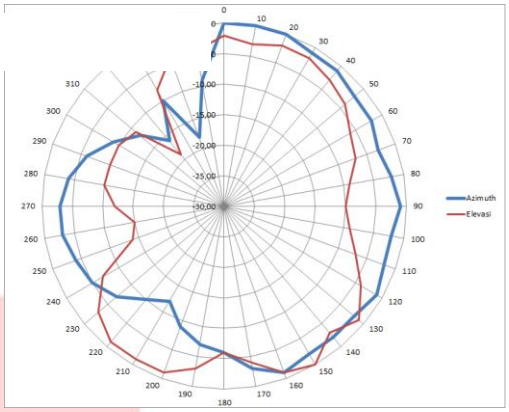
4.2 Pola Radiasi

Berikut hasil pengukuran pola radiasi antena. Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran didapatkan hasil pola radiasi yang relatif sama cenderung berbentuk *omnidirectional*.

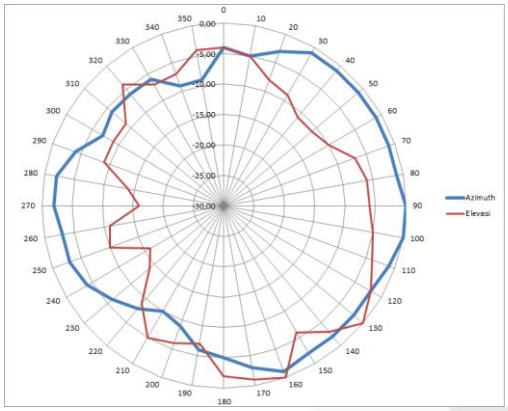


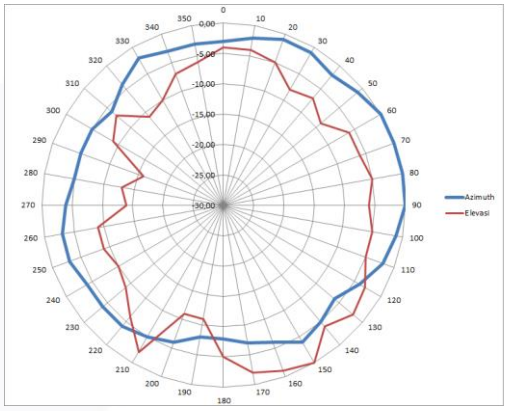


(a)



(b) (c)



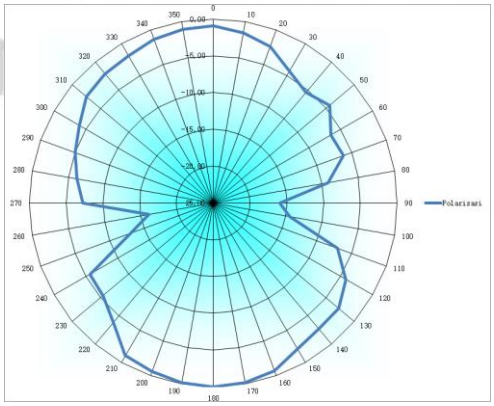


(d) (e)

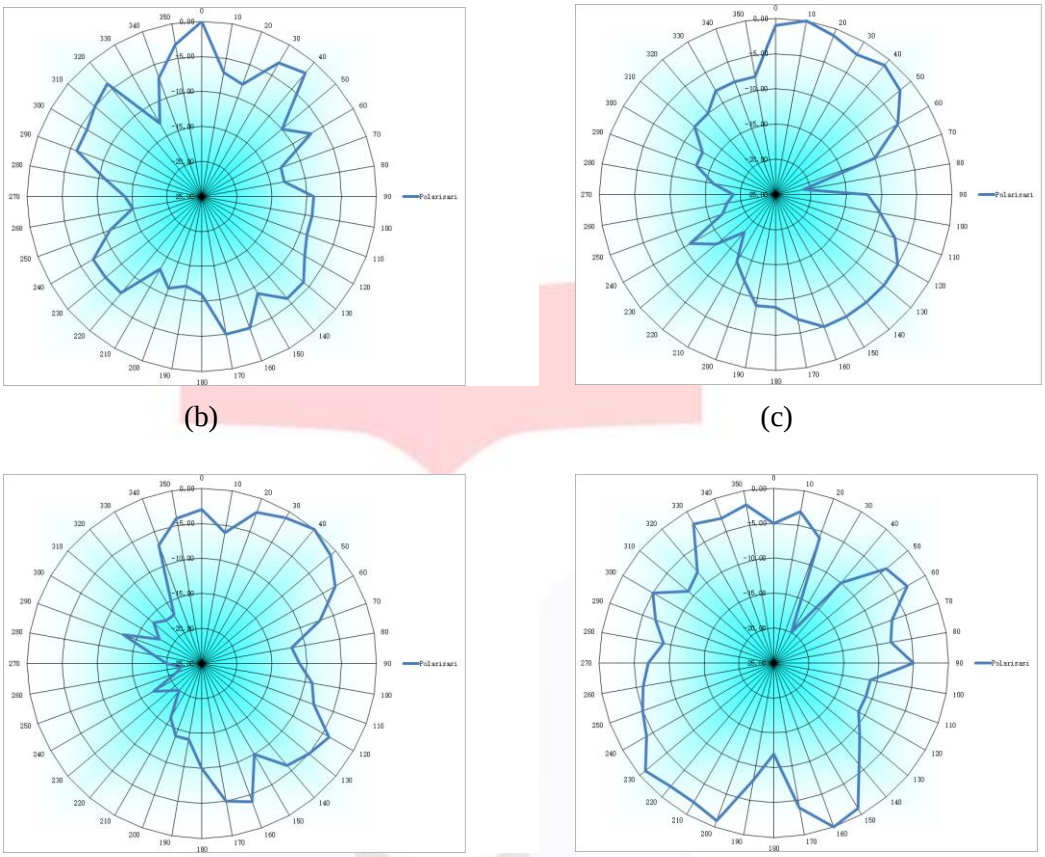
Gambar 3 (a) Pola Radiasi Antena Komunikasi State Sensing, (b) Pola Radiasi Antena Komunikasi State 1, (c) Pola Radiasi Antena Komunikasi State 2, (d) Pola Radiasi Antena Komunikasi State 3, (e) Pola Radiasi Antena Komunikasi State 4

4.3 Polarisasi

Berikut hasil pengukuran polarisasi antena. Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran didapatkan hasil polarisasi yang relatif sama, yaitu berbentuk *elips.*



(a)



Gambar 4 (a) Polarisasi Antena Komunikasi State Sensing, (b) Polarisasi Antena Komunikasi State 1, (c) Polarisasi Antena Komunikasi State 2, (d) Polarisasi Antena Komunikasi State 3, (e) Polarisasi Antena Komunikasi State 4

4.4 Gain

Berdasarkan hasil pengukuran gain menggunakan analisis *link budget* didapatkan nilai gain sebagai berikut.

Tabel 2 Perbandingan VSWR Simulasi dengan Pengukuran

State	Frekuensi (GHz)	Simulasi	Pengukuran	Selisih
Sensing	1.8	1,3	1,23	0,07
State 1	2.6	3,52	3,24	0,28
State 2	2.3	2,45	2,16	0,29
State 3	2.1	2,21	1,28	0,93
State 4	1.8	0,24	0,17	0,07

Dari hasil simulasi dan pengukuran terdapat perbedaan. Perbedaan nilai gain yang terjadi disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak ideal saat melakukan pengukuran sehingga pengukuran menjadi kurang akurat

5. KESIMPULAN

Dari seluruh proses perancangan, realisasi dan pengukuran antena *reconfigurable* untuk aplikasi *cognitive* radio, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. *Sensing antenna* bekerja pada frekuensi 1.8, 2.1, 2.3, 2.6 GHz pada VSWR ≤ 2 dengan bandwidth 1500 MHz, memiliki karakteristik *wideband*, pola radiasi *omnidirectional* dan polarisasi *elips*
2. *Communicating antenna* bekerja pada empat state kombinasi switch. State pertama saat semua *switch OFF*, bekerja pada frekuensi 2.6 GHz dengan *bandwidth* 770 MHz. State kedua saat *switch 1 ON* dan *switch 2, 3 OFF*, bekerja pada frekuensi 2.3 GHz dengan *bandwidth* 620 MHz. State ketiga saat *switch*

2 ON dan *switch 1, 3 OFF*, bekerja pada frekuensi 2.1 GHz dengan *bandwidth* 540 MHz dan state terakhir saat *switch 2,3 ON* dan *switch 1 OFF* bekerja pada frekuensi 1.8 GHz dengan *bandwidth* 210 MHz.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y.Tawk and C.G. Christodoulo, *A new reconfigurable Antenna design for Cognitive Radio*, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letter,Vol.8, pp1378-1381.2009

[2] Ebram Elbrahimi and Peter S. Hall. *A dual Port Wide-Narroeband Antenna for Cognitive Radio*. In Proceeding of Third European Conference on Antennas and Propagation pp. 809-812. March 2009.

[3] Widiastri,Anne, 2011, *Rancang bangun Antena untuk Aplikasi Cognitive Radio pada Alokasi Spektrum 1,8 GHz dan 2,35 Ghz*, Depok: Universitas Indonesia.

[4] IEEE Standard Definitions and Concepts for Dynamic Spectrum Access: Terminology Relating to Emerging Wireless Networks, System Functionally and Spectrum management. 26 September 2008 IEEE Std 1900.1^{TM}-2008.

[5] FCC. Report of The Spectrum Efficiency Working Group. FCC Spectrum Policy Task Torce, Tech. Rep., Nov. 2002.

[6] Khalilpour, Nourinia, and Ghobadi, " An Optimized monopole Microstrip patch Antenna with Gradual Steps for Ultrawidebanf Applications ", Departement of Electrical Engineering, Urmia University, Iran.

[7] Hall, P.S. , P. Gardner, J. Kelly, E. Ebrahimi, M.R. Hamid, and F. Ghanem, *Antenna Challenges in Cognitive Radio*.UK. University of Birmingham.

[8] Constantine A. Balanis. *Antenna Theory Analysis and Design* (2nd ed). New York: John Willey & Sons, Inc, 1997.

[9] Kartika Fitriyanti. 2014. Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Reconfigurable* Pola Radiasi Untuk Aplikasi *Wi-Fi*. Bandung: Tugas Akhir Universitas Telkom.

[10] Antena, Laboratorium. 2007. *Modul Konsep Dasar Antena dan Pengukurannya*. Bandung: Institut Teknologi Telkom.

[11] Balanis, Constatine A. 2005. *Antenna Theory Analysis and Design Third Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Ic.

[12] Fauzi,Ahmad, "*Antena Mikrostrip Slot Lingkaran Untuk Memperlebar Bandwidth Dengan Teknik Pencatuan Coplanar Waveguide Pada Frekuensi 2,3 GHz".*Tugas Akhir Universitas Indonesia.2010.

[13] Girish Kumar and K. P. Ray. *Broadband Mikrostrip Antenna*. Boston: Artech House, Inc, 2003.

[14] W.E Doherty Jr., R.D. Joos. 1998. *The PIN Diode Circuit Designers' Handbook*. Watertown: Microsemi Corp.

Telkom University