

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ANTENA ARRAY MIMO 2 X 2 MIKROSTRIP PATCH RECTANGULAR SINGLE BAND PADA PERANGKAT CPE (COSTUMER PREMISES EQUIPMENT) DENGAN FREKUENSI KERJA 2,3 GHZ

Rangga Fandyka Dahlan¹, Heroe Wijanto², Dr. Rina Pudji Auti.³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Saat ini, perangkat telekomunikasi nirkabel (wireless) mengalami perkembangan yang signifikan pada tiap bagiannya. Salah satu perangkat telekomunikasi yang mengalami perkembangan signifikan adalah customer premises equipment (CPE), khususnya pada teknologi wimax. CPE adalah perangkat yang terletak pada user terminal dan sekaligus menjadi penghubung antara user dengan provider. Untuk mengimbangi perkembangan teknologi CPE dan untuk memenuhi kebutuhan komunikasi teknologi wimax maka dibutuhkan sebuah antena dengan bit rate yang baik dan bandwidth yang lebar. Oleh karena itu, sistem antena yang memenuhi kebutuhan teknologi wimax adalah MIMO (Multiple Input Multiple Output).

Pada tugas akhir ini, dirancang antena MIMO dengan dua elemen dimana tiap elemen antena dilakukan array. Antena array memiliki tujuan untuk mendapatkan peningkatan gain yang diinginkan. Penentuan letak antena dan power divider akan mempengaruhi hasil pola radiasi dan polarisasi antena. Selain itu pada tugas akhir ini, digunakan teknik pencatutan antena transmission line dan patch rectangular array yang dapat menghasilkan polarisasi sirkular dengan menggunakan power divider quadrature hybrid. Optimalisasi return loss dan VSWR pada antena realisasi dilakukan dengan cara menambahkan lempeng logam yang bersifat kompensator (pengurang nilai reaktansi) pada stripline input.

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah rancangan dan realisasi dari dua buah antena mikrostrip untuk MIMO dengan bentuk patch rectangular yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz, bandwidth sebesar 20 MHz untuk VSWR $\leq 1,5$, dan return loss $\leq -9,54$ dB. Pola radiasi yang dihasilkan mengarah ke segala arah (omnidirectional) yang bertujuan untuk fleksibilitas gerak pengguna dalam menggunakan perangkat CPE tersebut. Selain itu, polarisasi antena yang dirancang adalah polarisasi sirkular.

Kata Kunci : MIMO, Quadrature Hybrid, VSWR, Pola radiasi, Polarisasi, Return

Telkom
University

Abstract

In this time, wireless telecommunication device has been developed with fast growth for each part system. Which one of telecommunication device has fast growth is customer premises equipment (CPE), especially for wimax technology. CPE is device where located at user terminal and be a liaison between user and provider. For balancing development of CPE technology and satisfy necessary for wimax technology then we need antenna with high bit rate data and wide bandwidth. Therefore, system that satisfy necessary wimax technology is MIMO (Multiple Input Multiple Output).

In this final project, i am design MIMO antenna with two element where each element is array antenna. Array antenna have purpose to improve gain antenna. Determination of position antenna and power divider will influence the result form pattern radiation and polarization antenna. Furthermore in this final project, antenna using transmission line technique for feed line and array patch rectangular that will be circular polarization with using power divider quadrature hybrid. Optimization return loss and VSWR in antenna realization do with add metal plate with compensator characteristic (decrease reactance value) on stripline input.

Result obtained from this final project is design and realization from two microstrip MIMO antenna with rectangular patch that work in frequency 2,3 GHz, wide bandwidth 20 MHz for $VSWR \leq 1,5$, and return loss $\leq -9,54$ dB. Pattern radiation is omnidirectional to purpose user flexibility movement in use CPE device. Furthermore, antenna polarization that our design is circular polarization.

Keywords : MIMO, Quadrature Hybrid, VSWR, Pattern radiation, Polarization,

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kebutuhan untuk berkomunikasi secara *mobile*, cepat dan handal sudah menjadi kebutuhan yang sangat penting. Salah satu perangkat yang berperan penting dalam komunikasi *wireless* adalah antena. Antena yang diharapkan adalah yang memiliki massa ringan dan bentuk yang *compact* seperti antena mikrostrip. Ukuran antena mikrostrip yang kecil bisa diaplikasikan pada perangkat-perangkat telekomunikasi *portable* yang biasanya memiliki desain yang kecil.

Rancangan antena yang tepat sangat dibutuhkan untuk menyesuaikan jenis antena dengan jenis komunikasinya yang dalam hal ini adalah komunikasi pada perangkat CPE (*costumer premises equipment*) indoor pada teknologi *wimax*. Untuk fleksibilitas pergerakan pengguna dalam komunikasi secara *wireless* ini, dibutuhkan antena dengan pola radiasi *omnidirectional*. Selain itu, untuk meningkatkan *bit rate* data dan mereduksi fading dipenerima maka, dapat digunakan sistem MIMO (*multiple input multiple output*). Sistem MIMO merupakan sistem penggunaan multi antena disisi pengirim dan penerima yang membutuhkan *space time block code* dipengirim dan *combiner* dipenerima.

Kemudian, untuk meningkatkan ketahanan sinyal terhadap *noise* (*signal to noise ratio*) maka, dilakukan *array* antena pada tiap elemen MIMO agar mendapatkan *array gain*. Untuk meningkatkan level penerimaan daya pada antena penerima dapat dilakukan dengan cara memperkecil *power loss factor*. *Power loss factor* dapat diminimalisir apabila polarisasi antena berupa polarisasi sirkular yang dapat menerima lebih baik dibandingkan polarisasi lainnya. Polarisasi sirkular dapat dihasilkan apabila dua buah medan listrik memiliki amplitudo yang sama dan beda fasa 90° . *Power divider quadrature hybrid* merupakan *coupler* 3dB yang dapat menghasilkan perbedaan fasa 90° diantara kedua *port outputnya*. Hal ini merupakan keuntungan dari *quadrature hybrid* jika dibandingkan dengan *power divider* lainnya (*T-Junction, Wilkinson, Ring Hybrid*), yang membutuhkan perpanjangan lengan output sepanjang $\frac{1}{4} \lambda$ yang akan mengakibatkan dimensi antena yang semakin besar. Selanjutnya, pemilihan FR4 epoxy sebagai bahan substrat yang terletak diantara elemen peradiasi dan elemen pentanahan karena bahannya mudah didapatkan dipasaran dan memiliki harga yang relatif murah.

Saat ini telah banyak *software* aplikasi yang dapat membantu para teknisi telekomunikasi untuk mengembangkan keterampilan dan pengetahuannya di bidang

antena. Salah satunya adalah CST (*Computer Simulation Technology*) Studio 2010 yang memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Dalam tugas akhir ini, saya menggunakan *software* CST Studio 2010 karena hasil perhitungan dan analisis parameter sangat akurat hingga mencapai resolusi -80dB. Selain itu, kemudahan dalam penggunaan tools dan koreksi kesalahan *design* secara sistematis dapat menjadi kemudahan dalam melakukan optimalisasi parameter antenna.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat membuat antenna MIMO dengan spesifikasi parameter yang diinginkan.
2. Dapat melakukan perancangan *power divider* yang menghasilkan polarisasi sirkular.
3. Dapat menentukan *power divider* yang menghasilkan *gain array* yang tinggi.
4. Dapat melakukan optimalisasi parameter antenna.
5. Dapat menentukan jenis *feeding* yang akan digunakan pada antenna MIMO.
6. Dapat melakukan pengukuran antenna secara akurat.

1.3 PERMASALAHAN

Terdapat beberapa permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini.

1.3.1 RUMUSAN MASALAH

Perumusan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana membuat antenna MIMO dengan spesifikasi parameter yang diinginkan?
2. Bagaimana perancangan *power divider* yang menghasilkan polarisasi sirkular?
3. Bagaimana menentukan *power divider* yang menghasilkan *gain array* yang tinggi?
4. Bagaimana cara melakukan optimalisasi parameter antenna?
5. Bagaimana menentukan jenis *feeding* yang akan digunakan pada antenna MIMO?
6. Bagaimana cara melakukan pengukuran antenna secara akurat?

1.3.2 BATASAN MASALAH

Pada tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Jenis antenna yang disimulasikan adalah antenna mikrostrip berbentuk *patch rectangular* ganda pada tiap elemen.
2. Simulasi menggunakan *software* CST studio 2010.
3. Frekuensi kerja antenna direncanakan pada 2,3 GHz.
4. Polarsasi antenna yang berupa polarisasi sirkular.
5. Parameter penelitian antenna mikrostrip MIMO adalah pada polaradiasi, *gain*, frekuensi kerja, *return loss*, *bandwidth*, impedansi, dan VSWR.
6. Teknik pencatutan menggunakan *transmission line*.

7. Teknik *power divider* menggunakan *quadrature hybrid*.

1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian pada tugas akhir ini adalah eksperimen dengan tahapan pengerjaan sebagai berikut:

1. Studi literatur

Merupakan proses pencarian dan pengumpulan literatur berupa buku referensi artikel serta jurnal-jurnal yang mendukung dalam penyusunan teori dasar dan penjelasan mengenai antena mikrostrip MIMO pada teknologi *wimax* dan *power divider quadrature hybrid*.

2. Simulasi

Merupakan proses mensimulasikan model antena dengan *software* CST studio 2010.

3. Realisasi dan pengukuran

Merupakan proses pembuatan antena dan pengukuran sehingga memiliki spesifikasi yang sesuai dengan yang diinginkan.

4. Analisis

Merupakan proses analisis terhadap hasil spesifikasi yang didapat dari pengukuran.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

BAB I. Pendahuluan

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang pembuatan tugas akhir, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II. Landasan Teori

Bab ini membahas tentang konsep dasar antena mikrostrip, parameter radiasi, dan VSWR pada antena dan konsep sistem antena cerdas.

BAB III. Perancangan dan Implementasi

Pada bab ini disajikan bagaimana proses perancangan dilakukan serta merealisasikan antena yang telah di simulasikan.

BAB IV. Pengukuran dan Analisis

Bab ini berisikan tentang pengukuran antena yang telah direalisasikan dan dianalisis perbandingannya dengan antena simulasi.

BAB V. Kesimpulan dan saran

Bab ini membahas tentang kesimpulan-kesimpulan serta saran yang dapat ditarik dari keseluruhan tugas akhir ini dan memungkinkan pengembangan topik yang bersangkutan.

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Hasil Pengukuran

Elemen	Parameter	Spesifikasi Awal	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
1	Frekuensi Kerja	2,3 GHz	2,3 GHz	2,3 GHz
	Bandwidth	20 MHz dengan VSWR \leq 1,5	20 MHz dengan VSWR \leq 1,3	20 MHz dengan VSWR \leq 1,202
	VSWR Pada Frekuensi 2,3 GHz	\leq 1,5	1,1557	1,190
	Return Loss Pada Frekuensi 2,3 GHz	\leq -9,54 dB	-22,822 dB	-20,327 dB
	Impedansi Pada Frekuensi 2,3 GHz	50 Ohm	45,06 + j3,03	41,55 - j0,164
	Gain	\geq 3 dBi	4,626 dBi	4,594 dBi
	Polaradiasi	Omnidirectional	Omnidirectional	Omnidirectional
	Polarisasi	Sirkular	Elips dengan AR = 1,03	Elips dengan AR = 1,31
2	Frekuensi Kerja	2,3 GHz	2,3 GHz	2,3 GHz
	Bandwidth	20 MHz dengan VSWR \leq 1,5	20 MHz dengan VSWR \leq 1,29	20 MHz dengan VSWR \leq 1,381
	VSWR Pada Frekuensi 2,3 GHz	\leq 1,5	1,1613	1,244
	Return Loss Pada Frekuensi 2,3 GHz	\leq -9,54 dB	-22,441 dB	-19,586 dB
	Impedansi Pada Frekuensi 2,3 GHz	50 Ohm	44,79 + j3,3	46,253 - j9,7
	Gain	\geq 3 dBi	5,007 dBi	3,646 dBi
	Polaradiasi	Omnidirectional	Omnidirectional	Omnidirectional
	Polarisasi	Sirkular	Elips dengan AR = 1,05	Elips dengan AR = 1,25

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi ini adalah sebagai berikut:

1. Semua parameter antenna yang dirancang memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu, $VSWR \leq 1,38$ untuk bandwidth 20 MHz, polarisasi omnidirectional, polarisasi sirkular dengan axial ratio 1,05 untuk port 1 dan 1,25 untuk port 2, serta dapat diaplikasikan diperangkat user seperti laptop 14 inchi.
2. Pemilihan *quadrature hybrid* sebagai *power divider* merupakan hal yang tepat jika diinginkan polarisasi sirkular. Namun, karena penggunaan substrat FR4 epoxy yang memiliki permitivitas 4,4 membuat dimensi *quadrature hybrid* jadi terlalu besar yang secara tidak langsung membuat dimensi antenna juga semakin membesar sehingga, belum bisa diaplikasikan pada perangkat elektronik yang kecil seperti *tablet PC* ataupun *ipad*.
3. Pemilihan *quadrature hybrid* sebagai *power divider* memiliki korelasi antar *output* yang kecil karena kedua *port outputnya* terisolasi, sehingga *gain array* yang dihasilkan antar antenna dalam satu elemen yang sama kecil.
4. Penggunaan lapisan logam dengan sifat kompensator (lempeng kuningan) *distripline input* antenna dapat meningkatkan nilai *VSWR*, *return loss*, dan *gain* karena dapat memperkecil koefisien pantul yang membuat transfer daya maksimum dapat terjadi. Namun dengan penambahan logam nilai impedansi *port input* dan *port terminasi quadrature hybrid* tidak sesuai dengan *port outputnya*, sehingga polarisasi yang terjadi tidak sirkular sempurna melainkan eliptik
5. Teknik pencatuan *transmission line* memiliki kemudahan dalam simulasi dan realisasi antenna dibandingkan teknik pencatuan lainnya. Namun, sulitnya melakukan *matching* impedansi pada teknik ini menyebabkan efisiensi antenna menjadi kecil dan berakibat pada nilai *gain* antenna yang kecil.
6. Pengukuran antenna tidak sepenuhnya akurat karena dilakukan diruang yang tidak ideal dan pengamatan dilakukan manual sehingga memungkinkan terjadi kesalahan dalam hasil pengukuran.

5.2 Saran

1. Untuk memperkecil dimensi antenna dan meningkatkan *gain array* dapat dilakukan perancangan antenna dengan *power divider* jenis *T-junction* dan teknik *transmission line dual orthogonal feeding* untuk menciptakan polarisasi sirkular. Selain itu. Untuk

- memperkecil dimensi dapat dilakukan dengan cara menggunakan jenis substrat selain FR4 epoxy yang memiliki permitivitas lebih kecil dari 4,4.
2. Menggunakan bahan logam sebagai pelapis *copper* dengan sifat kompensator (memperkecil nilai reaktansi impedansi) untuk meningkatkan *gain*.
 3. Memperhatikan jenis PCB yang ada dipasaran sebelum melakukan perancangan, terutama ukuran tebal *substrat*, tebal *patch*, dan nilai konstanta dielektrik relatif dari substrat agar perancangan dapat dilakukan secara tepat dan hasil yang didapat maksimal.
 4. Menempatkan lapisan logam yang bersifat kompensator (lempeng kuningan) disemua *port* pada *quadrature hybrid* untuk membuat impedansi tiap port pada *quadrature hybrid* menjadi sama sehingga antenna akan memiliki polarisasi sirkular.
 5. Melakukan perancangan dengan teknik pencatutan *coaxial probe* untuk meningkatkan nilai efisiensi antenna. Dengan teknik pencatutan *coaxial probe*, port antenna akan dipasang melalui ground plane kemudian menembus substrat dan sampai ke patch tanpa bantuan *stripline*. Hal ini membuat *loss* yang terjadi antara port antenna dengan *stripline* dan *stripline* dengan patch tidak ada, sehingga membuat efisiensi antenna meningkat.
 6. Pengambilan data sinyal terima sebaiknya dilakukan lebih dari dua kali untuk menghasilkan pengukuran yang lebih tepat. Selain itu, pengukuran sebaiknya dilakukan diruang *anechonic chamber*, sehingga tidak ada *multipath* sinyal yang mengakibatkan fluktuasi daya (*fading*) dipenerima.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Grag, R., Bhartia, P., Bahl, I., Ittipiboon, A., "Microstrip Antenna Design Handbook", Artech House, Inc, 2001.
- [2] Riyadi, T., Gamantyo, H., Setijadi, E., "Perancangan dan Pengukuran Antena Mikrostrip Dual Band pada Frekuensi 144MHz/430 MHz untuk Perangkat Portable *Transciever* Satelit Nano", Surabaya, 2011.
- [3] Constantine A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design 3th Edition", A John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [4] Fauzi, I., "Perancangan Antena MIMO Mikrostrip Array Dengan Diversitas Maximum 2,4 GHz, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2010.

- memperkecil dimensi dapat dilakukan dengan cara menggunakan jenis substrat selain FR4 epoxy yang memiliki permitivitas lebih kecil dari 4,4.
2. Menggunakan bahan logam sebagai pelapis *copper* dengan sifat kompensator (memperkecil nilai reaktansi impedansi) untuk meningkatkan *gain*.
 3. Memperhatikan jenis PCB yang ada dipasaran sebelum melakukan perancangan, terutama ukuran tebal *substrat*, tebal *patch*, dan nilai konstanta dielektrik relatif dari substrat agar perancangan dapat dilakukan secara tepat dan hasil yang didapat maksimal.
 4. Menempatkan lapisan logam yang bersifat kompensator (lempeng kuningan) disemua *port* pada *quadrature hybrid* untuk membuat impedansi tiap port pada *quadrature hybrid* menjadi sama sehingga antenna akan memiliki polarisasi sirkular.
 5. Melakukan perancangan dengan teknik pencatutan *coaxial probe* untuk meningkatkan nilai efisiensi antenna. Dengan teknik pencatutan *coaxial probe*, port antenna akan dipasang melalui ground plane kemudian menembus substrat dan sampai ke patch tanpa bantuan *stripline*. Hal ini membuat *loss* yang terjadi antara port antenna dengan *stripline* dan *stripline* dengan patch tidak ada, sehingga membuat efisiensi antenna meningkat.
 6. Pengambilan data sinyal terima sebaiknya dilakukan lebih dari dua kali untuk menghasilkan pengukuran yang lebih tepat. Selain itu, pengukuran sebaiknya dilakukan diruang *anechonic chamber*, sehingga tidak ada *multipath* sinyal yang mengakibatkan fluktuasi daya (*fading*) dipenerima.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Grag, R., Bhartia, P., Bahl, I., Ittipiboon, A., "Microstrip Antenna Design Handbook", Artech House, Inc, 2001.
- [2] Riyadi, T., Gamantyo, H., Setijadi, E., "Perancangan dan Pengukuran Antena Mikrostrip Dual Band pada Frekuensi 144MHz/430 MHz untuk Perangkat Portable *Transciever* Satelit Nano", Surabaya, 2011.
- [3] Constantine A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design 3th Edition", A John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [4] Fauzi, I., "Perancangan Antena MIMO Mikrostrip Array Dengan Diversitas Maximum 2,4 GHz, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2010.

99

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ANTENA ARRAY MIMO 2x2 MIKROSTRIP PATCH RECTANGULAR SINGLE BAND PADA PERANGKAT CPE (COSTUMER PREMISES EQUIPMENT) DENGAN FREKUENSI KERJA 2,3GHz

- [5] Fauzi, A., “Antena Mikrostrip Slot Lingkaran Untuk Memperlebar Bandwidth Dengan Teknik Pencatu Coplanar Waveguide Pada Frekuensi 2,3 Ghz, Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [6] Ezio, B., Calderbank, R., Constantinides, A., Goldsmith, A., Paulraj, A., Poor, H.V., “MIMO Wireless Communication”, Cambridge University Press, 2007.
- [7] Darwis, R., S., Setiaji, E., Hendranto, G., “Perancangan dan Pembuatan Antena UHF 436.5 MHz Berpolarisasi Sirkular Untuk Downlink Stasiun Bumi Satelit Inusat-01”, Institut Sepuluh November, Surabaya, 2010.
- [8] Emelya, S., D., Setiaji, E., Gamantyo, H., “Desain Antena Mikrostrip Untuk satelit S-Band pada frekuensi 2.4 GHz”, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya, 2010.
- [9] www.tomiabuzairi.blogspot.com [diakses tanggal 8 april 2012].
- [10] www.digilib.ittelkom.ac.id [diakses tanggal 10 april 2012].
- [11] www.antenna-theory.com [diakses tanggal 12 april 2012].
- [12] www.3bp.blogspot.com [diakses tanggal 13 april 2012].
- [13] Gustiani. M., Prasetya, B., Wahyu, Y., “Perancangan dan Implementasi Antena Mikrostrip Dual Band Pada Frekuensi Kerja 1,5 GHz dan 2,5 GHz”, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2010.
- [14] Cahyo, R., D., Crishtyono, Y., Santoso, I., “Perancangan dan Analisis Antena Mikrostri Array Pada Frekuensi 850 MHz Untuk Aplikasi Praktikum Antena”, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [15] Harty, D., D., “NOVEL DESIGN OF A WIDEBAND RIBCAGE-DIPOLE ARRAY AND ITS FEEDING NETWORK”, Worcester Polytechnic Institute, USA, 2010.
- [16] Pozar, D., M., “Microwave Engineering 3th Edition”, A John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [17] Nugroho, A., Santoso, I., Ajulian, A., “PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA JARINGAN AREA LOKAL NIRKABEL 2,4 GHz”, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [18] Wahyu Nur Saputra, “Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Segitiga Susun Dua Dengan Lapisan Emas Pada Frekuensi 2400-2450 MHz Untuk Satelit Nano Berbentuk Heksagonal”, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2012.
- [19] Rudy Fernandez, “Microstrip Quadrature”, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [20] Rambe, A., H., “Rancang Bangun Literatur Antena Mikrostrip”, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2008.