

PERANCANGAN DAN REALISASI COMPACT BUTLER MATRIX 4X4 PADA FREKUENSI 2.4 GHZ

Achyar Junaedi¹, Bambang Setia Nugroho², Nachwan Mufti³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Dewasa ini perkembangan teknologi komunikasi mobile wireless semakin cepat dan didukungnya oleh perkembangan antena cerdas atau yang sering disebut Smart Antenna. Smart Antenna adalah sistem yang berupa kombinasi susunan antena sejenis yang dilengkapi dengan kemampuan signal processing yang dapat mengoptimasikan pola radiasi atau pola penerima secara otomatis yang akan direpson oleh sinyal di sekitarnya.

Pada Tugas Akhir ini dirancang, direalisasikan, dan dilakukan pengukuran terhadap Butler Matrix pada frekuensi 2.4GHz-2.5GHz. Ada dua buah desain yang dibuat yaitu Compact Butler Matrix 4x4 dan Conventional Butler Matrix 4x4. Komponen penyusun Compact Butler Matrix 4x4 terdiri dari empat buah Hybrid 90o, dua buah Phase Shifter 450, dan dua buah Phase Shifter 3600. Komponen penyusun Conventional Butler Matrix 4x4 terdiri dari empat buah Hybrid 900, dua buah Crossover, Phase Shifter 450, dan Phase Shifter 3600. Setelah mendapatkan ukuran dari elemen tersebut, kemudian dilakukan simulasi menggunakan Ansoft HFSS 12. Elemen-elemen tersebut dibuat menggunakan microstrip dengan jenis substrat FR4 dengan ketebalan 1,6 mm.

Realisasi dengan desain Compact Butler Matrix 4x4 memiliki ukuran 15,7cm x 8,4cm dan besar bandwidth 200MHz pada frekuensi 2.4GHz-2.6GHz. Sedangkan pada desain Conventional Butler Matrix 4x4 memiliki 17cm x 13cm dan besar bandwidth 85MHz pada frekuensi 2.46GHz-2.545GHz. Kesalahan fasa Compact Butler Matrix 4x4 pada port masing-masing masukan secara berturut-turut 11.181560, 12.525970, 9.761143510, 6.64110. Sedangkan kesalahan fasa Conventional Butler Matrix 4x4 pada masing-masing port masukan secara berturut-turut 13.99510080, 12.577930, 15.026440, 11.233828670. Pada kedua desain tersebut, parameter return loss dan isolasi antar port sudah memenuhi spesifikasi yang besarnya ≤ -10 dB. Tetapi untuk insertion loss masih terdapat nilai ≤ -10 dB. Salah satu penyebab tidak sesuai nilai insertion loss adalah ukuran Butler Matrix yang besar. Apabila ukuran dimensi bertambah maka rugi-rugi saluran pada stripline menjadi besar.

Kata Kunci : Hybrid 900, Crossover, Phase Shifter 450, Phase Shifter 3600, Butler Matrix, Beamforming, Smart Antenna, Bandwidth

Telkom
University

Abstract

Nowadays the development of wireless mobile communications technology is getting faster and supported by the development of intelligent antenna or what is often called the Smart Antenna. Smart Antenna is a system that is a combination type antenna array is equipped with signal processing capability which can optimize the radiation pattern or patterns that will be the recipient automatically responded by a signal in the vicinity.

In this final project are designed, implemented, and conducted measurements on Compact Butler Matrix at a frequency of 2.4GHz-2.5GHz. There are two designs that made the Compact Butler Matrix 4x4 and Conventional Butler Matrix 4x4. Components of Compact Butler Matrix 4x4 consists of four Hybrid 900, two Phase Shifter 450, and two Phase Shifter 3600. components of Conventional Butler Matrix 4x4 consists of four Hybrid 900, two Crossover, Phase Shifter 450, and Phase Shifter 3600. After getting the size of the element, then performed simulations using Ansoft HFSS 12. Elements are made using FR4 microstrip with type substrate with a thickness of 1.6 mm.

Realization of the design Compact Butler Matrix 4x4 has a size 15.7 cm x 8.4 cm and the large bandwidth of 200MHz to 2.4GHz-2.6GHz. While at Conventional Butler Matrix 4x4 design has a 17cm x 13cm and the large bandwidth of 85MHz at a frequency of 2.46GHz-2.545GHz. Phase error of Compact Butler Matrix 4x4 at each input port, respectively 11.181560, 12.525970, 9.761143510, 6.64110. While the phase error Conventional Butler Matrix 4x4 on each input port, respectively 13.99510080, 12.577930, 15.026440, 11.233828670. In both designs, the parameters of return loss and isolation between ports already meet the specifications of the magnitude ≤ -10 dB. But for the insertion loss is still there value ≤ -10 dB. One cause of inappropriate insertion loss value is a measure of the Butler Matrix. If the size of dimensions increases, losses in the stripline channel becomes large.

Keywords : Hybrid 900, Crossover, Phase Shifter 450, Phase Shifter 3600, Butler Matrix, Beamforming, Smart Antenna, Bandwidth

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

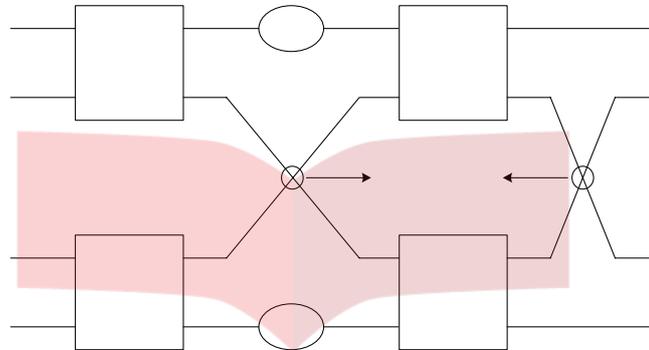
Dewasa ini perkembangan teknologi komunikasi *mobile wireless* semakin cepat dan didukungnya oleh perkembangan antenna cerdas atau yang sering disebut *Smart Antenna*. *Smart Antenna* adalah sistem yang berupa kombinasi susunan antenna sejenis yang dilengkapi dengan kemampuan *signal processing* yang dapat mengoptimasikan pola radiasi atau pola penerima secara otomatis yang akan direspon oleh sinyal di sekitarnya. Pada pengaplikasian *Smart Antenna* dibutuhkan suatu pengatur *fasa* yang akan membuat antenna memberikan penguatan maksimum pada arah yang tepat (*beamforming*) yaitu tergantung pada posisi *user* sehingga didapatkan parameter *signal to interference plus noise ratio* (SINR) yang besar. Salah satu bagian dalam *Smart Antenna* adalah *Antenna Array* (Susunan Antena) dan *Beamforming* (Pengarahan Berkas), yang bisa didapat dengan menggunakan *Butler Matrix*.

Butler Matrix adalah rangkaian pasif yang digunakan untuk mencatu susunan antenna linear ataupun sirkular. *Butler Matrix* ini merupakan bagian dari sistem *Smart Antenna* yang punya kemampuan untuk membelokan fasa untuk mendapatkan sinyal yang terbaik. Idealnya *Butler Matrix* terdiri dari 3 bagian, yaitu; *crossover* yang berfungsi untuk meneruskan fasa dan juga dapat disebut *Phase shifter 0°*, *hybrid* untuk menggeser fasa sejauh 90° , dan *phaseshifter* untuk menggeser fasa sejauh *phaseshifter* itu sendiri. Untuk kondisi ideal, yaitu pada *port* tanpa rugi-rugi dan semua *port* dalam keadaan *matched*, daya keluaran pada tiap *port* keluaran adalah seperempat daya masukan, seperti tabel berikut;

Tabel 1.1 Perbedaan fasa secara teori

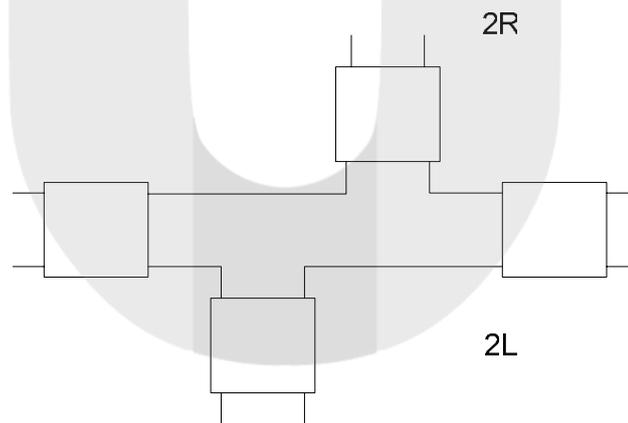
	Masukan Port 1	Masukan Port 2	Masukan Port 3	Masukan Port 4
Keluaran Port 5	-45°	-135°	-90°	-180°
Keluaran Port 6	-90°	0°	-225°	-135°
Keluaran Port 7	-135°	-225°	0°	-90°
Keluaran Port 8	-180°	-90°	-135°	-45°
$\Delta\emptyset$	-45°	135°	-135°	45°

Butler Matrix dalam Tugas Akhir (TA) sebelumnya, yaitu “*perancangan dan realisasi Butler Matrix 4x4 pada frekuensi 2,3GHz untuk aplikasi mobile*”^[1], memiliki dimensi sebesar 28 x 25 cm, kesalahan fasa lebih besar dari 10^0 , serta *insertion loss* kurang dari -10 dB.



Gambar 1.1 *Butler Matrix* Desain Awal^[1]

Dalam Tugas Akhir ini akan dibuat *Butler Matrix* 4x4 dengan desain yang lebih kecil dari sebelumnya dengan cara menghilangkan *crossover* dan merubah bentuk jalur pada saluran *microstrip* tanpa merubah hasil urutan perbedaan fasa



Gambar 1.2 *Butler Matrix* Desain Baru^[1]

Desain ini akan diverifikasi dengan menggunakan simulator Ansoft HFSSv12 kemudian akan dibandingkan hasil simulasi dengan hasil pengukuran.

1.2 Rumusan Permasalahan

Dari Tugas Akhir sebelumnya yang berjudul “*Perancangan dan Realisasi Butler Matrix 4x4 pada Frekuensi 2,3GHz untuk Aplikasi Mobile Wimax*”^[1], telah diketahui besar dimensi *Butler Matrix* 28cm x 25cm dan kesalahan fasa lebih besar dari 20^0 . Dengan menghilangkan *crossover* diharapkan hasil kesalahan fasa lebih

kecil dari 20° , *insertion loss* lebih besar dari -10 dB dan dimensi *Butler Matrix* menjadi lebih kecil.

1.3 Hipotesis

Jika *Butler Matrix* dibuat dengan menghilangkan *crossover*, maka akan ada perubahan pada desain awal dan ukuran akan mejadi lebih kecil sehingga menyebabkan kualitasnya akan menjadi lebih baik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat merancang dan merealisasikan *Butler Matrix 4x4* tanpa *crossover* dengan spesifikasi berikut ini :
 - a. Frekuensi kerja : 2,4- 2,5 GHz
 - b. VSWR : $\leq 1,5$
 - c. Kesalahan fasa : $< 20^\circ$
 - d. Insertion loss : > -10 dB
2. Membuat desain *Butler Matrix 4x4* dengan ukuran yang lebih kecil dan kualitas yang lebih bagus dibandingkan dengan *Conventional Butler Matrix*.

1.5 Batasan Masalah

1. Bahan yang dipakai adalah substrat *epoxy FR-4* ($\epsilon_r = 4,4$) dengan ketebalan 1,6 mm dan konektor menggunakan *coaxial SMA*
2. Pencatuan ke *Butler Matrix* dilakukan dengan menggunakan pencatuan tunggal langsung melalui saluran mikrostrip
3. Analisa *Butler Matrix* menggunakan prinsip *Finite Element Method* dan proses perhitungan metode tersebut dilakukan dengan bantuan *software* Ansoft HFSS 12
4. Proses pabrikasi dilakukan dengan cara dengan *fotoetching*

1.6 Metodologi Penelitian

Beberapa metodologi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu;

1. Pengukuran numerik

Pengukuran numerik dilakukan dengan menggunakan 2 rumus, kemudian dibandingkan hasil yang terbaik untuk melakukan perancangan *Butler Matrix* kedalam simulator.

2. Simulasi

Simulasi dilakukan dengan simulator Ansoft HFSS 12 yang memiliki prinsip *Finite Element Method*. Beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam hasil simulasi adalah *insertion loss*, VSWR, dan kesalahan fasa yang terdapat pada setiap port. Kemudian hasil simulasi dianalisis dan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

3. Pengukuran Implementasi

Pengukuran dilakukan dengan pencatatan tunggal, yaitu dari *Network Analyser* langsung disambungkan *Butler Matrix 4x4*.

4. Analisis

Analisis terakhir dilakukan metode perbandingan, yaitu membandingkan hasil pengukuran dengan teori dan hasil simulasi. Setelah dibandingkan kemudian dianalisis untuk setiap penyimpangan yang terjadi, dan bagaimana cara mengatasi masalah tersebut.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini terdiri dari 5 bab yaitu :

1. Bab I. Pendahuluan

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, hipotesis, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab II. Landasan Teori

Pada bab ini dibahas tentang konsep-konsep *mikrostrip*, *Butler Matrix 4x4*, *Hybrid*, *Phaseshifter*, dan *Smart Antena* yang digunakan.

3. Bab III. Perancangan Dan Simulasi Butler Matrix 4x4

Pada bab ini dibahas tentang perancangan dan simulasi *Butler Matrix 4x4*, yaitu *Conventional Butler Matrix* (dengan 2 *crossover*) dan *Compact Butler Matrix* (tanpa *crossover*)

4. Bab IV. Pengukuran Dan Analisa

Pada bab ini dibahas tentang pengukuran dan analisa *Butler Matrix* serta perbandingan hasil simulasi dengan hasil pengukuran masing-masing *Butler Matrix*

5. Bab V. Kesimpulan Dan Saran

Bab ini membahas kesimpulan-kesimpulan serta saran yang dapat ditarik dari keseluruhan Tugas Akhir ini dan kemungkinan pengembangan topik yang bersangkutan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir “Perancangan Dan Realisasi Compact Butler Matrix 4x4 Pada Frekuensi 2.4GHz” antara lain:

- 1) Pengukuran *Compact Butler Matrix* menghasilkan kualitas yang lebih bagus dibanding *Conventional Butler Matrix*. *Bandwidth* pengukuran pada *Compact Butler Matrix* 200 MHz sedangkan pada *Conventional Butler Matrix* hanya mencapai 85 MHz. Kesalahan fasa rata-rata hasil pengukuran pada *Compact Butler Matrix* mencapai 12.52° sedangkan pada *Conventional Butler Matrix* mencapai 15.02° . Untuk *insertion loss* hasil pengukuran pada *Compact Butler Matrix* mencapai -10.0069 dB sedangkan pada *Conventional Butler Matrix* mencapai -12,894 dB.
- 2) Desain *Compact Butler Matrix* dengan ukuran 15,7cm x 8,4cm memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan *Conventional Butler Matrix* yang hanya memiliki ukuran 17cm x 13cm, tetapi diperlukan rangkaian tambahan jika ingin digabungkan dengan antena yang linear.

5.2. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut sebaiknya *Compact Butler Matrix* digabungkan dengan rangkaian control dengan algoritma agar terbentuk sistem *smart antenna* yang utuh.

Telkom
University

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pamungkas, Adiyanto. 2010. *PERANCANGAN DAN REALISASI BUTLER MATRIX 4x4 PADA FREKUENSI 2.3 GHz UNTUK APLIKASI MOBILE WiMAX*. Bandung. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Telekomunikasi. ITTelkom
- [2] Agustian Putra, Deny. *DESAIN DAN REALISASI WIDEBAND BUTLER MATRIX 4X4 UNTUK SWITCHED BEAM ADAPTIVE ANTENNA*. Bandung. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Telekomunikasi. ITTelkom. 2011.
- [3] Mahaputra, I Gede Mahera. 2011. *STUDI PERANCANGAN BUTLER MATRIX 4x4 UNTUK ANNTENA ARRAY BEAMFORMING*. Bandung. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Telekomunikasi. ITTelkom
- [4] Balanis, Constantine A. 2005. *Antenna Theory Analysis and Design 3rd*. Wiley-Interscience, hal.728.
- [5] P. Q Mariadoss, M.K. A. Rahim, M.Z.A. Abd Aziz. 2005. IEEE. Butler Matrix Using Circular and Mitred Bends at 2,4 Ghz. Universitas Teknologi Malaysia (http://eprints.utm.my/2207/1/MariadossRahimAziz2005__ButlerMatrixUsingCircularMiteredBends.pdf)
- [6] Ying, Cheung King. 2007. Multi Band Hybrid For WiFi. City University Of Hong Kong