

DESAIN DAN REALISASI MIKROSTRIP HYBRID COUPLER 90°
FREKUENSI 2300 MHZ TIME DIVISION DUPLEX (TDD) UNTUK APLIKASI
4G LTE

DESIGN AND REALIZATION OF HYBRID COUPLER MICROSTRIP 90°
FREQUENCY 2300 MHZ TIME DIVISION DUPLEX (TDD) FOR LTE 4G
APPLICATION

Ryo Wisman Fransiscus Gultom¹ Heroe Wijanto, Ir., MT.², Yuyu Wahyu, Ir., MT.³
Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Elektro, Universitas Telkom

1yozill.student.telkomuniversity.ac.id, 2heroe.wijanto@telkomuniversity.ac.id 3yuyuwahyusr@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan akan komunikasi bergerak semakin mengalami peningkatan dalam dunia teknologi yang ada saat ini, dan kini telah hadir teknologi terbaru yaitu Long Term Evolution (LTE). Dengan teknik duplex jenis Frequency Division Duplex (FDD), dirancanglah duplexer yang mampu melakukan proses pengiriman dan penerimaan dalam satu waktu dengan frekuensi yang berbeda antara uplink dan downlink. Pada penelitian ini penulis mencoba merancang dan merealisasikan sebuah mikrostrip hybrid coupler 90°. Dimana salah satu tujuan jangka panjang dari penelitian ini yaitu penulis bisa memasarkan alat ini kepada para operator seluler.

Tugas akhir ini dimulai dengan menghitung dimensi coupler sesuai rumus yang ada. Dimensi hasil perhitungan akan digunakan pada proses simulasi. Modifikasi dimensi coupler digunakan sebagai cara untuk mendapatkan hasil yang optimum dalam simulasi, kemudian dimensi optimum tersebut digunakan dalam proses pabrikan. Hybrid Coupler yang dirancang menggunakan metode Hybrid Coupler 90°, yaitu Coupler yang memiliki kopling -3 dB serta beda fasa 90° pada keluarannya. Dengan frekuensi resonan berada pada 2300 MHz. Pada tugas akhir ini, secara keseluruhan hasil simulasi dan pengukuran sudah sesuai dengan spesifikasi awal. Semoga ada kelanjutan dari penelitian ini, sehingga ada perkembangan yang lebih baik dari penelitian ini.

Kata Kunci : Coupler, Uplink, Downlink dan Hybrid

Abstract

The need for mobile communication increasingly has increased in the world of technology that exists today, then exist the latest technology, Long Term Evolution (LTE). With the technique of duplex type of Frequency Division Duplex (FDD), was designed duplexer that is capable of sending and receiving process in one time with different frequencies between uplink and downlink. In this research, the authors try to design and realize a microstrip hybrid coupler 90°. Where one long-term goal of this research is the writer's bias marketing tool for mobile operators.

This final project started with calculate the dimension of the coupler with all pattern, The result will used in the simulation process. Modify the coupler dimensions is the way to get the optimum result in the fabrication. Hybrid Coupler which designed using the Hybrid Coupler 90°, the coupler which has a -3 dB coupling and 90° phase difference of outputs. With a resonant frequency is at 2300 MHz. In this final project, all the simulation and realization result already as expected in the specification. Hopefully there will be another improvement from this research.

Keywords: Coupler, Uplink, Downlink and Hybrid

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan komunikasi bergerak semakin mengalami peningkatan dalam dunia teknologi yang ada pada saat ini. Dengan semakin berkembangnya dunia telekomunikasi maka hadirilah teknologi terbaru yang disebut Long Term Evolution (LTE). LTE menawarkan berbagai kelebihan dibandingkan sistem sebelumnya, antara lain kecepatan akses data yang tinggi, peningkatan jumlah kapasitas kanal, dan dapat melayani komunikasi bergerak dengan performasi yang baik serta dapat menunjang kerja sama antar teknologi. Sistem komunikasi dalam hal teknik pengiriman dibedakan menjadi 3 jenis yaitu, teknik dengan menggunakan Simplex, Half Duplex, dan Full Duplex. Full Duplex adalah system komunikasi dimana proses pengiriman dan penerimaan dapat dilakukan secara simultan. Untuk sistem komunikasi full duplex dibutuhkan sebuah duplexer. Ada dua jenis sistem full duplex : Time Division Duplex (TDD) dan Frequency Division Duplex (FDD). Pada TDD digunakan frekuensi uplink dan downlink yang sama, hanya waktu pengiriman dan penerimaan yang berbeda. Sebaliknya pada FDD waktu pengiriman dan penerimaan bersamaan tapi dengan frekuensi yang berbeda antara uplink dan downlink.

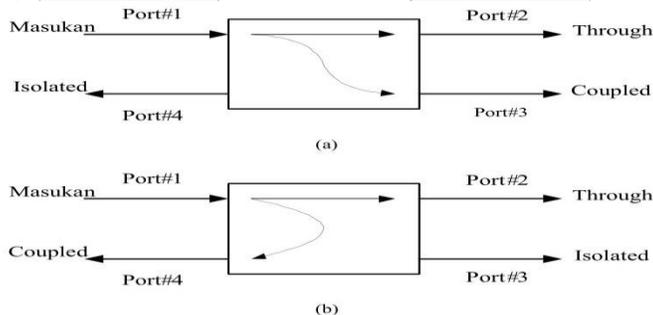
Pada tahun 2016 beberapa operator yang dimana salah satunya yaitu Telkomsel yang juga menargetkan pengembangan spektrum di frekuensi 2300 MHz untuk 4G yang merupakan ekosistem Time Division Duplex (TDD). Dengan lebar pita sebesar 30 MHz.

Tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk merancang suatu microstrip Hybrid coupler untuk aplikasi 4G LTE time division duplex (TDD), pada frekuensi 2,3 Ghz dengan menggunakan bantuan software CST. Kinerja microstrip yang diinginkan dinyatakan oleh nilai kedua output sebesar -3dB dengan beda fasa 90°. Dari metode Hybrid coupler, dibandingkan karekteristik yang paling Optimum.

Proses simulasi dan perancangan antenna di lakukan dengan menggunakan software CST 2010 untuk memudahkan dalam proses perhitungan dan mendapatkan ukuran yang ideal untuk antenna jenis tersebut. Setelah proses simulasi dengan software antenna di rancang dalam bentuk hardware.

2. Mikrostrip Coupler

Perancangan pada Coupler diharapkan memiliki kopleng -3 dB juga menghasilkan beda fasa 90° pada keluarannya, ini merupakan metode yang digunakan yaitu Hybrid Coupler 90°. Gambar 3 menunjukkan Coupler beserta arah input dan outputnya.



Gambar 1 Four - port sebagai coupler (a) forward , (b) backward

Dimensi panjang atau length (L) pada coupler pada Hybrid dan series line biasanya dipilih ¼ dari desain wavelenghtnya atau disebut quarterwavelength. Formula untuk wavelenght dengan memberikan spesifikasi frekuensinya adalah.

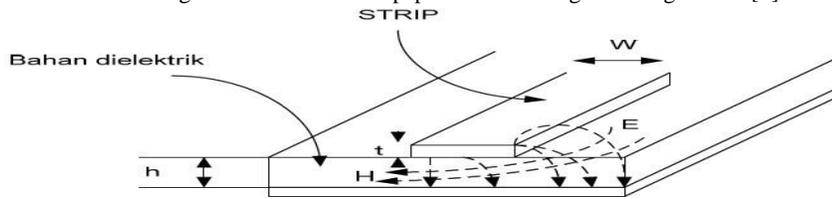
$$\lambda = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_r}} \tag{1}$$

Dimana :

- c adalah kecepatan cahaya pada udara (3 x 10⁸ m/s)
- f adalah frekuensi kerja pada coupler
- ε_r adalah konstanta dielektrik dari substrat yang digunakan

2.1 Saluran Mikrostrip

Saluran transmisi Mikrostrip terdiri dari potongan konduktor dan sebuah ground plane yang dipisahkan oleh dielektrik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.16. Saluran mikrostrip banyak dipakai dalam penguat daya gelombang mikro, filter gelombang mikro, mixer gelombang mikro karena mudah dibuat dengan teknik cetak rangkaian (printed-circuit). Penggantian induktansi dan kapasitansi yang kecil biasa dipakai dalam rangkaian matching dan dengan mudah dapat direalisasikan dengan saluran mikrostrip pada frekuensi gelombang mikro [8].



Gambar 2 Penampang melintang saluran mikrostrip dan distribusi medan magnetik H dan medan listrik E

Pada mikrostrip, medan listrik dan medan magnet tidak memenuhi substrat sepenuhnya, sehingga mode propagasinya bukan mode propagas Transverse Electromagnetic Mode (TEM) murni melainkan mode quasi TEM. Hal ini terjadi karena mikrostrip hanya terdiri dari sebuah ground plane saja. Sehingga hanya bagian yang terdiri dari dielektrik saja yang dipenuhi oleh medan listrik dan magnet [4].

3. Parameter VSWR dan Bandwidth

a. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio):

VSWR adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan tidak matching-nya impedansi input antenna dengan saluran feeder.

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma(z)|}{1 - |\Gamma(z)|} \tag{13}$$

Dengan $|\Gamma(z)| = 1$, sehingga nilai VSWR adalah $VSWR = \infty$

$$Return Loss = (S_{detektor} + S_{port})$$

$$Return loss = 20 \log |\Gamma|$$

Dimana: $S_{detektor}$ = Scatter parameter detektor = 0 dB

S_{port} = Scatter parameter pengukuran (dB)

Γ = Koefisien refleksi

b. Bandwidth

Bandwidth dari antenna mikrostrip adalah jangkauan frekuensi antara kenaikan nilai VSWR dari satu sampai batas nilai yang dapat ditoleransi. Bandwidth juga dapat diartikan sebagai rentang frekuensi dimana karakteristik antenna tidak berubah secara signifikan. Besar bandwidth ini tergantung dari nilai faktor kualitas (Q_0) dan VSWR (S) yang dapat dituliskan :

$$BW = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{avg}} \times 100\% \tag{14}$$

dimana : f_{max} = frekuensi tertinggi

f_l = frekuensi terendah

f_c = frekuensi tengah

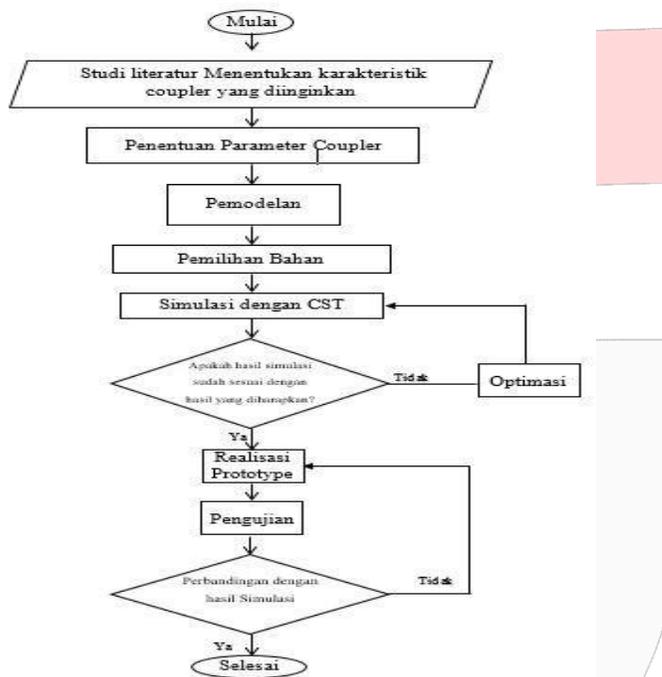
4. Pemilihan Bahan

Konstanta dielektrik relative ϵ_r , sebagian besar akan mempengaruhi bandwidth, toleransi fabrikasi, impedansi transformasi dan saluran transmisi. Ukuran setiap jalur/strip juga dipengaruhi oleh konstanta dielektrik. Untuk jalur/strip yang beroperasi pada frekuensi (f), ketebalan (h), maka substrat harus memenuhi [9]:

$$h \leq \frac{0.3c}{2\pi f \sqrt{\epsilon_r}}$$

5. PERANCANGAN

Langkah Perancangan

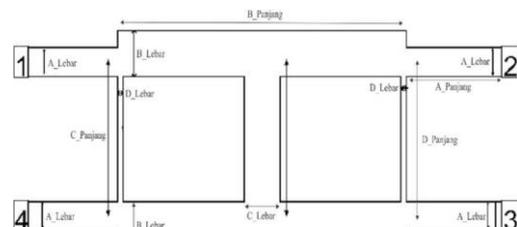


Gambar 3. Diagram Alur Pengerjaan

6. ANALISA PERHITUNGAN, SIMULASI, DAN PENGUKURAN

Analisa Perhitungan Dimensi Coupler

Frekuensi	: 2.300 MHz
Material	: FR-4 (Efoxy)
Permitivitas (ϵ_r)	: 4,6
Ketebalan (h)	: 1,6 mm
Ketebalan Tembaga	: 0.035 mm
Kecepatan Cahaya (c)	: 3×10^8
dimana Z_0	: 50 ohm
$Z_0 / \sqrt{2}$: 35,35 ohm
$Z_0 \times \sqrt{3}$: 86,602 ohm



Gambar 4. Penamaan bagian-bagian Hybrid Coupler

λ_g Lamda Bahan (ϵ_r) panjang gelombang merambat di material

$$\lambda_g = \frac{c}{f \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\lambda_g = \frac{3 \times 10^8}{2.3 \times 10^6 \times \sqrt{4.6}} = 0,0608 \text{ Meter} = 60,81 \text{ mm}$$

◻ Lamda Bahan (λ_g) dikali ϵ_r , untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 90°
 $\lambda_g \times \epsilon_r = 15,203 \text{ mm}$ (B Panjang)

◻ Mencari ϵ_r (Zin / Zout)

$$W_{in} = \frac{2 \times h}{\pi} \times B - 1 - \ln |2B - 1| + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \times \ln |B - 1| + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}$$

Dimana: $B = \frac{\lambda_g \times \epsilon_r}{\lambda_0 \times \sqrt{\epsilon_r}}$
 $B = \frac{15,203 \times \epsilon_r}{300 \times \sqrt{\epsilon_r}} = 5,522$

$$W_{in} = \frac{2 \times 1,6}{\pi} \times 5,52 - 1 - \ln |2 \times 5,52 - 1| + \frac{4,6 - 1}{2 \times 4,6} \times \ln |5,52 - 1| + 0,39 - \frac{0,61}{4,6}$$

$W_{in} = 0,0000$ (A Lebar)

Jika $W_{in} > 0$ atau $W_{in} < 0$

$W_{in} > 0$, Maka : ϵ_r

$W_{in} < 0$, Maka : ϵ_r

Karena $W_{in} = 0,0000 > 0$, maka :

$$\epsilon_r = \frac{W_{in}}{\dots} \times \dots$$

$$\epsilon_r = \frac{0,0000}{\dots} \times \dots$$

$\epsilon_r = 3,33$

◻ Dan Lamda Bahan yang memiliki ϵ_r pada suatu material dinyatakan dengan (d)

$$d = \frac{300}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{300}{\sqrt{3,33}} = 0,033 \text{ Meter} = 33,3236 \text{ mm}$$

◻ Lamda Bahan memiliki ϵ_r (d) dikali λ_0 , untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 90°

$$\lambda_0 \times \epsilon_r = 8,33091 \text{ mm}$$
 (A Panjang)

◻ Mencari ϵ_r (ZR)

$$W_{in} = \frac{2 \times h}{\pi} \times B - 1 - \ln |2B - 1| + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \times \ln |B - 1| + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}$$

Dimana: $B = \frac{\lambda_g \times \epsilon_r}{\lambda_0 \times \sqrt{\epsilon_r}}$
 $B = \frac{8,33091 \times \epsilon_r}{300 \times \sqrt{\epsilon_r}} = 7,802$

$$W_{in} = \frac{2 \times 1,6}{\pi} \times 7,802 - 1 - \ln |2 \times 7,802 - 1| + \frac{4,6 - 1}{2 \times 4,6} \times \ln |7,802 - 1| + 0,39 - \frac{0,61}{4,6}$$

$W_{in} = 0,0000$ (B Lebar)

Jika $W_{in} > 0$ atau $W_{in} < 0$

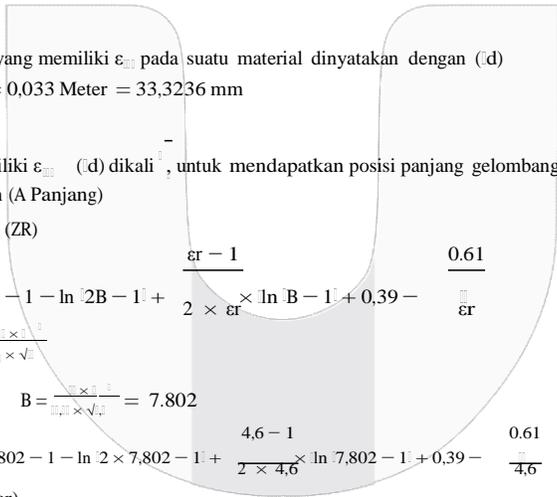
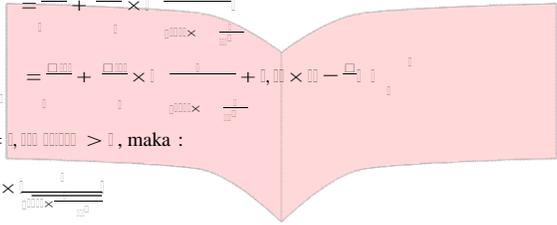
$W_{in} > 0$, Maka : ϵ_r

$W_{in} < 0$, Maka : ϵ_r

Karena $W_{in} = 0,0000 > 0$, maka :

$$\epsilon_r = \frac{W_{in}}{\dots} \times \dots$$

$$\epsilon_r = \frac{0,0000}{\dots} \times \dots$$



$$\epsilon_{11} = \frac{1}{E} + \nu \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{E}$$

$$\epsilon_{00} = 3,4773$$

□ C Lebar = B Lebar (5,067)

□ Dan Lamda Bahan yang memiliki ϵ_{00} pada suatu material dinyatakan dengan (d)

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300}{89} = 3,371 \text{ m}$$

□ Lamda Bahan memiliki ϵ_{00} (d) dikali λ , untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 90°
 $\lambda \times \epsilon_{00} = 8.1525 \text{ mm}$ (C Panjang)

$$\frac{W}{2} + \sqrt{h} = 0,00000 \text{ (ZT)}$$

$$W = \frac{\pi}{2} \times B - 1 - \ln |2B - 1| + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \times \ln |B - 1| + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}$$

Dimana : $B = \frac{W \times \sqrt{\epsilon_r}}{2 \times \sqrt{h}}$

$$B = \frac{0,00000 \times \sqrt{4,6}}{2 \times \sqrt{1,6}} = 3,184$$

$$W = \frac{\pi}{2} \times 3,184 - 1 - \ln |2 \times 3,184 - 1| + \frac{4,6 - 1}{2 \times 4,6} \times \ln |3,184 - 1| + 0,39 - \frac{0,61}{4,6}$$

$W = 0,00000$ (D Lebar)

Jika $\frac{W}{2} > 0,00000$ maka $\epsilon = \frac{W}{2} + \sqrt{h}$

Jika $\frac{W}{2} < 0,00000$ maka $\epsilon = \frac{W}{2} + \sqrt{h} + \frac{W}{2} \times \frac{1}{\sqrt{h}}$

Karena $\frac{W}{2} = 0,00000 < 0,00000$, maka :

$$\epsilon_{00} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \frac{W}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \frac{W}{2} \times \frac{1}{\sqrt{h}}$$

$$\epsilon_{00} = \frac{4,6 + 1}{2} + \frac{4,6 - 1}{2} \times 0,00000 + \frac{4,6 - 1}{2} \times 0,00000 \times \frac{1}{\sqrt{1,6}}$$

$$\epsilon_{00} = 3,1375$$

□ Lamda Bahan memiliki ϵ_{00} (d) dikali λ , untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 90°
 $\lambda \times \epsilon_{00} = 8.5826 \text{ mm}$ (D Panjang)

Simulasi dan Pengukuran

Setelah dilakukannya simulasi serta dua kali optimasi, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Hasil simulasi pertama tidak terlalu baik untuk digunakan sebagai perbandingan dengan hasil pengukuran, karena masih mengacu pada rumus-rumus dan perhitungan manual. Untuk itu dilakukan optimasi yang tujuannya untuk mendapatkan parameter sesuai dengan spesifikasi awal, dengan melakukan beberapa perubahan pada dimensi dari coupler. Hasil optimasi pertama lebih baik dari hasil simulasi. Walaupun keseluruhan parameter belum sesuai dengan spesifikasi awal yang ingin dicapai, ada parameter yang sudah baik yaitu VSWR. Dengan nilai 1.5163, VSWR sudah sangat mirip dengan spesifikasi awal VSWR. Coupling adalah satu-satunya parameter yang sudah sesuai dengan spesifikasi awal pada proses optimasi pertama ini. Untuk itu perlu dilakukan optimasi kedua dengan tujuan agar semua parameter sesuai dengan spesifikasi awal.

Hasil optimasi kedua lebih baik lagi dari hasil optimasi pertama. Pada optimasi kedua, semua parameter sudah sesuai dengan spesifikasi awal. Memang ada beberapa parameter yang nilainya tidak sebagus optimasi pertama. Hal tersebut terjadi karena adanya perubahan dimensi coupler, yang dimana tujuan perubahan dimensi

coupler ini adalah agar parameter yang belum sesuai dengan spesifikasi awal, menjadi lebih baik hingga sesuai dengan spesifikasi awal. Pada optimasi kedua nilai coupling dan impedansi memang menurun dibanding optimasi pertama. Namun penurunan tidak menyebabkan adanya parameter yang tidak sesuai dengan spesifikasi awal. Untuk itu penurunan nilai tersebut masih bisa dikorbankan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada parameter yang lainnya.

Perbandingan dimensi Simulasi, Optimasi Pertama, dan Optimasi kedua pada CST 2014

Name	Value	Description	Type
A_Lebar	3		None
A_Panjang	15		None
B_Lebar	5		None
B_Panjang	15		None
C_Lebar	6		None
C_Panjang	15		None
D_Lebar	1		None
D_Panjang	15		None
Ground_Konektor	1		None
Iner	1.2		None

Gambar 5. Dimensi Simulasi

Name	Value	Description	Type
A_Lebar	3.4		None
A_Panjang	18.5		None
B_Lebar	5.56		None
B_Panjang	18.5		None
C_Lebar	5.01		None
C_Panjang	23		None
D_Lebar	0.8		None
D_Panjang	C_Panjang		None
Ground_Konektor	1		None
Iner	1.2		None

Gambar 6. Dimensi Optimasi Pertama

Name	Value	Description	Type
A_Lebar	3.4		None
A_Panjang	18.5		None
B_Lebar	5.56		None
B_Panjang	18.5		None
C_Lebar	5.01		None
C_Panjang	23		None
D_Lebar	0.8		None
D_Panjang	C_Panjang		None
Ground_Konektor	1		None
Iner	1.2		None

Gambar 7. Dimensi Optimasi Kedua

Analisa Perbandingan Spesifikasi awal Hasil Simulasi dengan Hasil Pengukuran

Berikut adalah tabel perbandingan parameter antenna berdasarkan spesifikasi awal yang dibutuhkan, hasil simulasi dan hasil pengukuran langsung antenna realisasi pada frekuensi S-band.

Tabel 4.1 Tabel perbandingan parameter hybrid coupler pada simulasi dan pengukuran

Parameter	Spesifikasi Awal	Hasil Simulasi	Hasil pengukuran
Frekuensi Kerja (GHz)	2 – 2,6	2 – 2,6	2 – 2,6
Frekuensi Tengah	2.3 GHz	2.3 GHz	2.3 GHz
VSWR	≤ 1.5	1.3127	1.252
Return Loss (dB)	< -15	-17.381 -17.382 -17.382 -17.388	-16.138 -17.434 -17.891 -17.113
Insertion Loss	≥ -6	-5.4229	-3.497
Coupling	≤ -10	-14.42	-14.424
Impedansi	50	51.09 51.09 51.09 51.09	59.565 45.924 47.604 48.102

Jika dianalisa dari VSWR nya, hasil simulasi yang telah dioptimasi 1.3127 dibandingkan dengan hasil pengukuran 1.252, terlihat perbedaan yang tidak terlalu jauh dari spesifikasi awal yaitu $VSWR \leq 1.5$. Baik hasil simulasi maupun pengukuran, keduanya sudah sesuai dengan spesifikasi awal. Dan jika dibandingkan dari hasilnya atau nilainya, VSWR pada pengukuran memiliki hasil yang lebih bagus dibandingkan hasil dari simulasi walaupun dengan perbedaan yang tidak terlalu jauh, dan kedua hasilnya sangat bagus. Kemudian jika dianalisa dari Return loss, hasil simulasi yang telah dioptimasi dibandingkan dengan hasil dari pengukuran sangatlah mirip. Dan kedua hasilnya sudah memenuhi spesifikasi awal untuk coupler ini yaitu Return Loss < -15. Untuk nilainya, keempat nilai return loss cenderung stabil, sedangkan di pengukuran, ada nilai yang berada di bawah rata-rata yaitu nilai pada pengukuran -16.138. Ini adalah nilai terendah dari pengukuran dan simulasi jika dibandingkan. Namun nilai terbaik juga ditemukan pada hasil pengukuran yaitu -17.891. Nilai tersebut adalah yang terbaik jika dibandingkan antara nilai hasil simulasi dengan nilai dari hasil pengukuran.

Kemudian jika dianalisa dari Insertion loss, hasil simulasi yang telah dioptimasi dibandingkan dengan hasil dari pengukuran juga tidak terlalu jauh. Jika spesifikasi awal untuk parameter Insertion Loss < -6 , simulasi memiliki nilai -5.4229 , sedangkan pengukuran memiliki nilai -3.497 . Kedua nilai sudah baik, dan sesuai dengan spesifikasi awal. Jika dibandingkan dari segi nilainya, nilai dari pengukuran lebih baik dari nilai simulasi.

Dari nilai couplingnya, kedua nilai, baik dari simulasi maupun pengukuran sangatlah identik. Perbedaannya sangat tipis. Dan keduanya sudah sesuai dengan spesifikasi awal yaitu Coupling ≤ -10 . Untuk itu dari nilai couplingnya, nilai hasil simulasi dan pengukuran sama bagusnya.

Dari Impedansinya, hasil simulasi lebih stabil, dan lebih bagus dibandingkan dengan hasil pengukuran. Keempat hasil pengukuran impedansi tidak sebagus hasil dari simulasi. Dan ada 1 nilai impedansi yang sedikit lebih jauh dari spesifikasi awal.

7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini, dari seluruh proses perancangan dan realisasi hybrid coupler 90° dengan frekuensi 2300 MHz adalah sebagai berikut:

Dari spesifikasi $VSWR \leq 1.5$ pada frekuensi 2,3 GHz, telah didapatkan hasil simulasi dengan nilai VSWR 1.3127 pada frekuensi 2,3 GHz, dan hasil realisasi menghasilkan VSWR 1.252 pada frekuensi 2,3 GHz. Return loss yang di hasilkan berdasarkan hasil pengukuran yaitu -16.138 , -17.434 , -17.891 , -17.113 dan hasil simulasi sebesar -17.381 , -17.382 , -17.382 , -17.388 dimana hasil pengukuran dan simulasi tersebut sesuai dengan spesifikasi awal yaitu < -15 . Insertion loss yang dihasilkan dari hasil simulasi sebesar -5.4229 dan dari pengukuran menghasilkan -3.497 .

Coupling yang dihasilkan dari simulasi sebesar $-14,42$ dan dari pengukuran dihasilkan $-14,424$. Impedansi yang dihasilkan dari simulasi sebesar 51.09 , 51.09 , 51.09 , 51.09 dan hasil dari pengukuran 59.565 , 45.924 , 47.604 , 48.102 . Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran, ternyata tidak jauh berbeda dari yang diharapkan. Dan hybrid coupler ini sangat baik untuk digunakan.

Saran

Untuk mendapatkan performansi hybrid coupler yang lebih baik lagi, maka beberapa hal yang akan menjadi saran untuk penelitian berikutnya antara lain, untuk mendapatkan hasil mikrostrip hybrid coupler yang lebih baik, disarankan untuk lebih selektif dalam memilih bahan substrat yang akan digunakan dan penentuan dimensi antenna. Untuk meningkatkan performansi antenna, selain beberapa faktor di atas, disarankan juga untuk memperhatikan faktor-faktor lain, seperti: ketelitian dalam pemasangan konektor dan menggunakan alat yang ukur yang ideal. Fabrikasi antenna sebaiknya dilakukan dengan lebih presisi agar didapatkan hasil realisasi antenna yang sesuai dengan simulasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saputera, Y.P. ; Wahyu, Y. ; Wahab, M., "Development of Phase Inverter for Performance Improvement of FM-CW Radar, IEEE, Tencen 2015 Macau, China.
- [2] Samuel Y. Liao, "Microwave Devices and Circuits", Third Edition, Electrical Engineering of California State University, Fresno.
- [3] Pozar, David . "Microwave Engineering", 3rd ed., John Wiley and Sons, 2005.
- [4] Tamasi Moyra, Susanta Kumar Parui, and Santanu Das, "Modeling and Validation of Loose Coupler by using DGS in Branch Line Coupler", journal of radio electronics No. 11, 2012.
- [5] Changjiang You* and Xiaowei Zhu "A Novel Planar Dual-Band Branch Line Coupler Using Defect Ground Structure" IEEE MTT-S International pp. 1227-1230, 2008.
- [6] Mashury Wahab, Yuyu Wahyu, and Yusi Perdana Saputera, "Research and Development of Transportable Coastal Radar at S-Band Frequency with FM-CW Technology fo Supporting C4ISR", EEIC, Hongkong, 2013
- [7] Mashury Wahab, Yuyu Wahyu, and Yusi Perdana Saputera, "Small Antenna using Transmission Line Uniform for X-band Navigation RADAR", IWAT 2015, Korea.
- [8] Chang, kai. Bahl, Inder and Nair, Vijay., "RF and Microwave Circuit and Component Design for wireless system", John wiley and son 2002

