

**DESAIN DAN REALISASI BI-DIRECTIONAL COUPLERS UNTUK
MENGURANGI ISOLASI PADA TRANSCEIVER 2.425 GHZ UNTUK
APLIKASI SISTEM NANO SATELIT**
*DESIGN AND REALIZATION OF BI-DIRECTIONAL COUPLERS TO
REDUCE AN ISOLATION ON THE 2.425 GHZ TRANSCEIVER FOR
NANO SATELLITE SYSTEM APPLICATION*

Varhantz Reinardy¹, Heroe Wijanto², Tengku Ahmad Riza³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

³Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹varhantz@telkomuniversity.ac.id, ²hero.e.wijanto@telkomuniversity.ac.id,

³tengku.ahmad.riza@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Bi-Directional Coupler merupakan komponen telekomunikasi yang memiliki fungsi untuk mengurangi isolasi antara bagian *transmitter* dan bagian *receiver*, agar sinyal *receiver* tidak dipengaruhi dari sinyal yang berasal dari perangkat *transmit* sendiri (siklus dalam), *Bi-Directional Coupler* yang akan direalisasikan diharapkan memiliki coupling isolasi sebesar 20 dB baik untuk *transmit* dan *receiver*, maupun sebaliknya (*Forward Coupling Isolation* dan *Reverse Coupling Isolation*). *Bi-Directional Coupler* yang direalisasikan memiliki frekuensi sebesar 2.425 GHZ. Dalam realisasinya sebuah *Bi-Directional Coupler* harus memiliki beberapa karakteristik yang harus dipenuhi seperti $VSWR \leq 1.5$, impedansi 50 Ω , coupling \pm -20 dB, isolasi \leq -20dB

Untuk itu dalam tugas akhir ini dirancang dan direalisasi *Bi-Directional Coupler* pada frekuensi 2.425 GHZ, *Bi-Directional Coupler* memiliki karakteristik yang harus dipenuhi khususnya pada *port coupling* akan menghasilkan nilai \pm -20 dB, RL \leq -20 dB, sedangkan hasil untuk *port* isolasi \leq -20 dB agar alat dapat diaplikasikan sesuai dengan tujuan. Pada simulasi didapatkan hasil *bandwidth* sesuai spesifikasi dengan nilai *return loss* sebesar -46.83 dB, isolasi sebesar -23.72 dB, *coupling* sebesar -28.93 dB. Hasil pengukuran dari *Bi-Directional Coupler* yang direalisasikan memiliki *bandwidth* sesuai spesifikasi, nilai *return loss* sebesar -43.12 dB, isolasi sebesar -23.08 dB, dan nilai *coupling* sebesar -23.68 dB.

Kata Kunci : *Isolasi, Bi-directional, Receiver* dan *Transmitter*

ABSTRACT

Bi-Directional Coupler is a component of telecommunications that has a function to reduce an isolation between the transmitter and the receiver, so the signal receiver is not influenced by the signals coming from the device transmits its own (deep cycle), *Bi-Directional Coupler* is to be realized are expected to have coupling isolation of 20 dB both for transmit and receiver, and otherwise (*Forward and Reverse Coupling Isolation*). *Bi-Directional Coupler* realized have a frequency of 2,425 GHz. In the realization of a *Bi-Directional Coupler* must have several characteristics that must be met such as $VSWR \leq 1.5$, 50 Ω impedance, coupling \pm 20 dB, isolation \leq -20dB.

Therefore in this final project designed and realized *Bi-Directional Coupler* at a frequency of 2,425 GHz, *Bi-Directional Coupler* has characteristics that must be met, especially in port coupling will produce a value of \pm -20 dB, \leq -20 dB RL, while the results for \leq -20 dB port isolation so that the coupler can be applied in accordance with the objectives. In the simulation results obtained in accordance bandwidth specifications with return loss of -46.83 dB, isolation of -23.72 dB, coupling of -28.93 dB. The measurement results of *Bi-Directional Coupler* realized bandwidth within specifications, return loss of -43.12 dB, isolation of -23.08 dB, and the coupling value of -23.68 dB.

Keywords: *Isolation, Bi-directional, Receiver* and *Transmitter*

1. Pendahuluan

Satelit merupakan salah satu teknologi yang tepat digunakan pada Negara kepulauan, seperti Indonesia. Banyaknya daerah-daerah terpencil yang jauh dari kota besar membutuhkan komunikasi agar dapat berinteraksi dan mendapatkan informasi dari kota, serta mendapatkan pendidikan secara *online* atau jarak jauh.

Dalam penelitian tugas akhir ini penulis berharap dapat mengembangkan *directional coupler* yang dapat bekerja dengan mengurangi isolasi dan *coupling* pada bagian *transmit* dan *receiver*.

Directional coupler adalah perangkat pasif yang berguna untuk membagi dan mengkopling daya, namun proses pembagian daya tersebut dilakukan pada kondisi dimana *insertion loss* pada *port* yang satu jauh lebih besar dibandingkan dengan *insertion loss* pada *port* lain [3]. *Directional coupler* merupakan rangkaian empat *port*

dimana satu port yang terisolasi dari port input [3]. Ketika terdapat dua saluran yang unshielded yang berdekatan, daya dapat dikopel diantara saluran tersebut, karena adanya interaksi medan elektromagnetik.

Pada Tugas Akhir ini telah dibuat Bi-Directional Coupler dengan menggunakan bahan dielektrik yaitu FR4 pada frekuensi 2.425 GHZ. Diharapkan dengan metode ini akan memperbaiki kinerja Bi-Directional Coupler pada penelitian sebelumnya dan mendapatkan nilai isolasi dan coupling yang sesuai dengan kebutuhan.

2. DASAR TEORI DAN METODE PERANCANGAN

2.1 Directional Coupler

Directional coupler memegang peranan penting dalam rangkaian microwave pasif. Device ini di implementasikan dalam banyak kaidah untuk mendapatkan sejumlah kemampuan dengan batasan-batasannya. Salah satu fungsinya adalah sebagai pembagi daya atau penggabung daya. Secara umum, directional coupler dapat didefinisikan sebagai rangkaian multi port (biasanya terdiri dari 4 port) yang idealnya bersifat matched, lossless dan timbal balik, yang memiliki suatu port yang terisolasi berdasarkan letak port sinyal inputnya.

2.2 Parameter Umum Coupler

Kinerja dari suatu coupler ditentukan oleh parameter-parameter berikut ini [7] :

- Return loss atau Reflection loss menunjukkan suatu nilai kesesuaian dari impedansi input. Jika input match nya baik maka koefisien refleksi input akan rendah dan berarti hanya sedikit daya masuk yang dipantulkan kembali. Dengan demikian nilai return loss akan tinggi.

$$Return\ loss = -20\log|S_{11}|$$

- Insertion loss menunjukkan suatu jumlah daya yang memasuki coupler namun gagal melewati direct portnya. Bila sebagian besar daya mengalami coupled, maka dikatakan adanya daya yang hilang pada direct portnya.

$$Insertion\ loss = -20\log|S_{21}|$$

- Koefisien Coupling menunjukkan suatu jumlah daya yang dikopel dari direct port nya dan ini menentukan jenis couplernya. Sebuah 3 dB coupler merupakan coupler yang memiliki daya yang dikopel sebesar setengah dari daya yang diberikan. Daya tersebut dibagi dua antara coupled port dan direct port.

$$Coupling = -20\log|S_{31}|$$

- Isolation menunjukkan seberapa besar kemampuan coupler mampu mempertahankan daya sehingga tidak keluar melalui isolated port. Untuk sebuah coupler yang ideal, isolation akan sama dengan tak hingga (∞).

$$Isolation = -20\log|S_{41}|$$

2.3 S-Parameter

Scattering parameter atau disingkat S-parameter berhubungan dengan penggunaan 2 port input/output. S parameter menghasilkan pengukuran gelombang berjalan yang dihamburkan atau dipantulkan ketika sebuah jaringan dimasukkan kedalam sebuah jalur saluran transmisi yang mempunyai parameter impedansi tertentu (Zl). S parameter diukur dalam dB (deciBell).

2.4 Panjang Gelombang ¼ λ

Quarter wave transformer (transformator ¼ λ) merupakan potongan saluran tranmisi dengan panjang ¼ λ yang memiliki kemampuan dapat mentransformasikan suatu impedansi riil ke impedansi riil yang lain. Selain itu, penambahan transformator λ/4 bertujuan untuk memperlebar bandwidth saluran. Panjang gelombang dalam saluran transmisi mikrostrip tergantung pada konstanta dielektrik efektif yaitu :[10]

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \tag{2.1}$$

$$\epsilon_{eff} = \epsilon_r \frac{1 + \frac{1}{2n}}{2 + \frac{1}{n}} \tag{2.2}$$

Dimana :

λ₀ = panjang gelombang dalam ruang bebas

ε_r = panjang saluran transmisi pada section n

c = 3.10⁸ m/s

2.5 Parameter VSWR dan Bandwidth

a. VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)

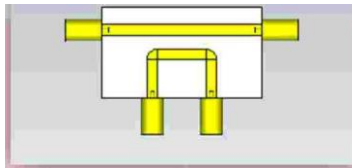
VSWR adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan tidak matching-nya impedansi *input* antenna dengan saluran feeder.

b. *Bandwidth*

Bandwidth sebuah coupler adalah daerah/*range* frekuensi dimana performansi coupler, yang bergantung pada beberapa karakteristik, berada pada standar tertentu. Biasanya, bandwidth coupler dibatasi oleh $SWR \leq 1.5$.

3. DESAIN DAN REALISASI SISTEM

3.1 Perhitungan Dimensi Bi-Directional Coupler dengan substrat FR-4



Gambar 1. Desain *Bi-Directional Coupler* dengan substrat FR-4

Gambar desain diatas ini merupakan hasil simulasi dengan menggunakan CST *microwave studio* 2014 dengan tahapan perhitungan dimensi pada *directional coupler* yang dibuat. Dengan ketentuan *factor coupling* adalah 20 dB = 0,1 (*numeric*), $Z_0 = 50\Omega$ dan permitivitas substrat adalah 4,6.

3.1.1 Perhitungan Lamda Bahan (λ_g) Panjang Gelombang Merambat di Material.

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

$$\lambda_c = \frac{3 \times 10^8}{(1,495 \times 10^9) \times \sqrt{4,6}} = 0,057 \approx 57,68 \text{ mm}$$

dimana :

- c = kecepatan cahaya
- (ϵ_r) = Permittivitas
- f = Frekuensi

lamda bahan (λ_g) dikali $\frac{1}{4}$, untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (phase) di 90° .

$$\frac{1}{4} \times \lambda_c = 14,4201 \text{ mm}$$

3.1.2 Perhitungan Permittivitas Dielektrik Relatif Efektif

Mencari $z_0 = 50 \text{ Ohm}$

$$W_{mm} = \frac{30}{\sqrt{\epsilon_r}} \times B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{30}{\sqrt{\epsilon_r}} \times \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{30}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Dimana : $B = \frac{z_0 \times \sqrt{\epsilon_r}}{30}$

$$B = \frac{50 \times \sqrt{4,6}}{30} = 5,522 \quad \frac{4,6 - 1}{0,61}$$

$$\times 1,6$$

$$W_{mm} = \frac{2}{\pi} \times [5,52 - 1 - \ln(2 \times 5,52 - 1)] + \frac{2}{2 \times 4,6} \times [\ln(5,52 - 1) + 0,39 - \frac{30}{4,6}]$$

$$W_{mm} = 2,8779 \text{ mm}$$

Jika $\frac{z_0}{30} > 1$ dan $\frac{z_0}{30} < 1$

$\frac{z_0}{30} > 1$, Maka : $\epsilon_{eff} = \frac{z_0^2 + 30^2}{z_0^2} \times \epsilon_r$

$\frac{z_0}{30} < 1$, Maka : $\epsilon_{eff} = \frac{z_0^2 + 30^2}{30^2} \times \epsilon_r + 0,04 \times [1 - \frac{z_0^2}{30^2}]$

$$\frac{Q_{air}}{Q_{air}} = \frac{0,0000}{0,0000} = 1,798 \text{ } h > 1, \text{ maka}$$

Karena

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \frac{h}{h + 0.473 \times \sqrt{1 + 0.0412 \times \epsilon_r}} \times \frac{1}{1 + 0.0708 \times \epsilon_r}$$

$$\epsilon_{\text{eff}} = 3,33 \text{ f/m}$$

Dan Lamda Bahan yang memiliki ϵ_{eff} pada suatu material dinyatakan dengan (λd)

$$\lambda d = \frac{c}{f \times \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} = \frac{3 \times 10^8}{(2.425 \times 10^9) \times \sqrt{3,33}} = 0,067 \text{ Meter} = 67,79 \text{ mm}$$

Lamda Bahan memiliki ϵ_{eff} (λd) dikali 1/4 , untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (*Phase*) di 90°

$$\frac{1}{4} \times \lambda d = 16,9475 \text{ mm.}$$

3.2 Perhitungan Dimensi Awal

Bi-Directional Couplers ini dirancang menggunakan bahan substrat FR4 yang memiliki konstanta dielektrik relative sebesar 4,6 dan ketebalan substrat (h) sebesar 1.66 mm.

3.3 Perancangan Simulasi Berdasarkan Hasil Perhitungan

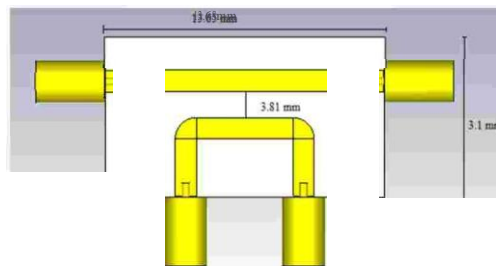
Sebelum masuk ke tahap pabrikasi, langkah selanjutnya setelah melakukan perhitungan dimensi adalah melakukan simulasi menggunakan bantuan perangkat lunak simulator CST Microwave studio 2014. Setelah mendapatkan nilai nilai parameter *Bi-Directional Coupler* maka didapatkan layout seperti pada gambar 3.3 Berdasarkan perhitungan dimensi *Bi-Directional Coupler* didapatkan ukuran-ukuran seperti dibawah ini

Material	FR-4 (Efoxy)
Frekuensi	2.425 GHz
Permittivitas (ϵ_r)	4,6
Ketebalan (h)	1,66 mm
Ketebalan tembaga	0.035 mm
Kecepatan cahaya (c)	3×10^8
Z_0	50 ohm

Tabel 1. Hasil perhitungan dimensi *Bi-Directional Coupler*

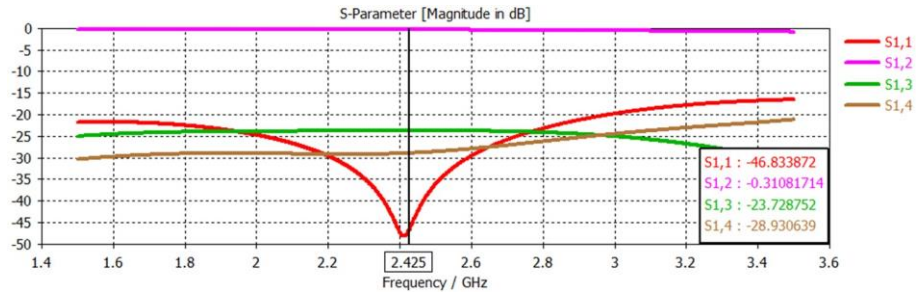
3.4 Analisa Hasil Simulasi dan Hasil Optimasi

Bentuk layput filter setelah dilakukan optimasi yaitu menjadi seperti gambar 2.



Gambar 2. Layout hasil optimasi

Bi-Directional coupler yang telah dirancang menggunakan simulator CST 2014 telah memenuhi kriteria spesifikasi. Berikut tabel 2 menjelaskan perbandingan spesifikasi *Bi-Directional Coupler* dengan hasil simulator CST 2014.



Gambar 3. Nilai S-Parameter setelah optimasi

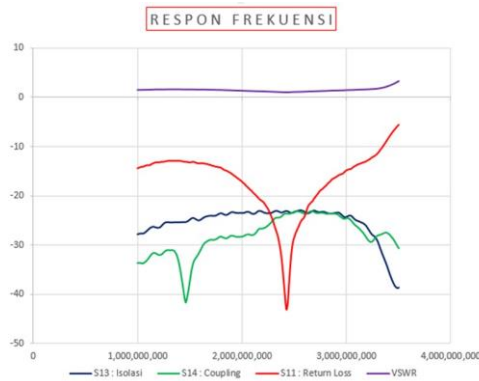
PARAMETER	SPESIFIKASI	HASIL SIMULASI
BANDWIDTH	≥ 40 MHz	17.545 GHz
RETURN LOSS	≤ -15 Db	-46.83 dB
VSWR	≤ 1.5	1
COUPLING (S14)	± 20 dB	-28.93 dB
ISOLASI (S13)	≤ -20 dB	-23.72 dB

Tabel 2. Perbandingan hasil Bi-Directional Coupler hasil simulasi dengan spesifikasi

4.PENGUJIAN SISTEM

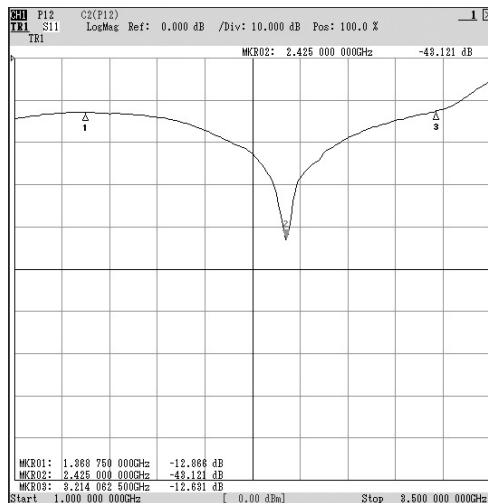
4.1 Hasil Pengukuran Spesifikasi Bi-Directional Coupler

Hasil pengukuran menunjukkan nilai Return loss, Isolasi, Coupling dan VSWR dari Bi-Directional Coupler yang telah direalisasikan. Data dari hasil pengukuran S-Parameter dapat dilihat pada bentuk grafik yang ditunjukkan gambar



Gambar 4. Respon Frekuensi Bi-Directional Coupler

4.2 Pengukuran Return Loss



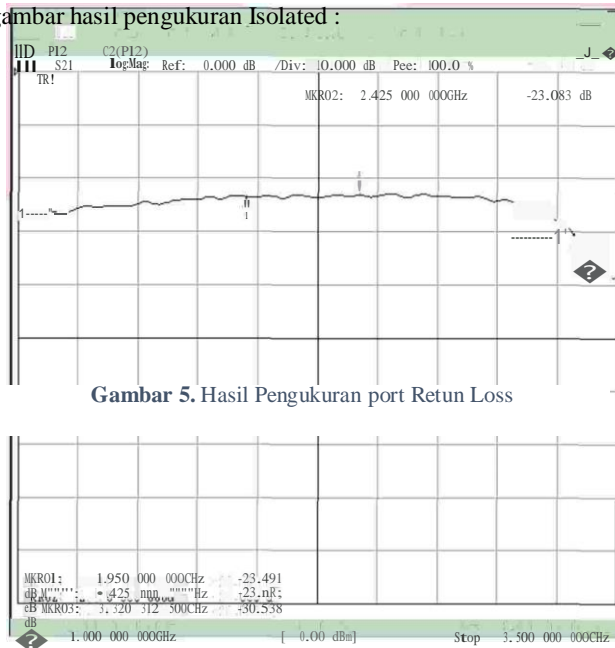
Return Loss menunjukkan karakteristik sinyal yang dipantulkan kembali menuju sumber, semakin kecil nilai daya atau return loss maka semakin kecil pula daya yang kembali menuju sumber, sehingga daya yang tersalurkan menuju beban semakin maksimal.

Gambar 5 menjelaskan hasil pengukuran Return Loss pada Bi-Directional Coupler berada pada frekuensi 2.425 GHz Sebesar -43.12 dB yang ditandai pada marker 2. Nilai Return Loss pada Bi-Directional Coupler ini ≤ -15 dB yang berarti sesuai dengan spesifikasi Bi-Directional Coupler.

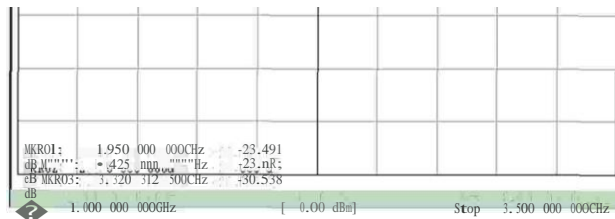
4.3 Pengukuran Isolated

Pengukuran *Isolation* menunjukkan seberapa besar kemampuan *coupler* mampu mempertahankan daya sehingga tidak keluar melalui *isolated port*. Untuk sebuah *coupler* yang ideal, *isolation* akan sama dengan tak hingga.

Berikut adalah gambar hasil pengukuran Isolated :

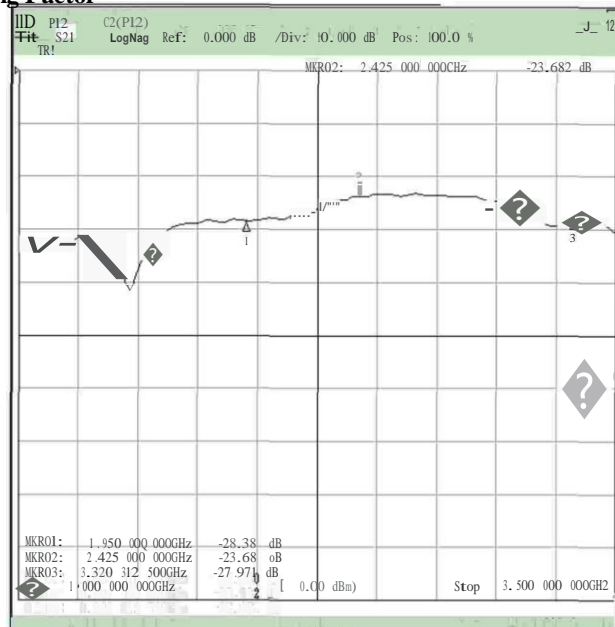


Gambar 5. Hasil Pengukuran port Return Loss



Gambar 6. Hasil Pengukuran Isolated

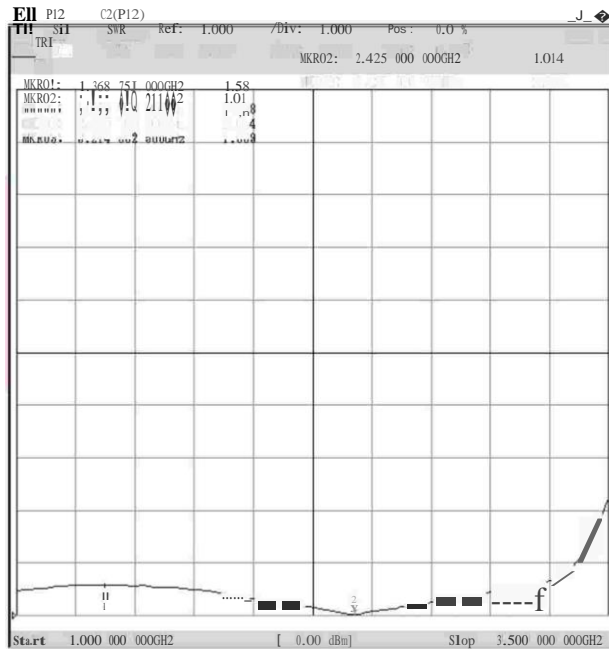
4.4 Pengukuran Coupling Factor



Gambar 7. Hasil Pengukuran port Coupling

Pengukuran Coupling menunjukkan suatu jumlah daya yang dikopel dari *direct port* nya dan ini menentukan jenis *couplernya*. Sebuah 3 dB *coupler* merupakan *coupler* yang memiliki daya yang dikopel sebesar setengah dari daya yang diberikan. Daya tersebut dibagi dua antara *coupled port* dan *direct port*. Berikut adalah gambar hasil pengukuran *Coupling Factor* :

4.5 Pengukuran VSWR



Gambar 8. Hasil pengukuran VSWR

Grafik diatas menunjukkan nilai VSWR yang didapat pada *port S11* berkisar antara 1.0, nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil VSWR masuk dalam spesifikasi yang dirancang yaitu ≤ 1.5

4.6 Analisa Hasil Pengukuran Spesifikasi Bi-Directional Coupler

Setelah dilakukan pengukuran spesifikasi *Bi-Directional Coupler* ternyata terdapat perbedaan bila dibandingkan dengan hasil simulasi. Tabel 4.1 menunjukkan perbedaan hasil simulasi dan hasil pengukuran.

PARAMETER	SPESIFIKASI	HASIL SIMULASI	HASIL PENGUKURAN
BANDWIDTH	≤ 40 MHz	17.545 GHz	18.46 GHz
RETURN LOSS	≤ -20 dB	-46.83 dB	-43.121 dB
VSWR	≤ 1.5	1.009	1.014
COUPLING (S14)	± -20 dB	-28.93 dB	-23.682 dB
ISOLASI (S13)	≤ -20 dB	-23.72 dB	-23.083 dB

Tabel 3. Perbandingan parameter hasil pengukuran dengan simulasi pada Bi-Directional Coupler

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari seluruh proses perancangan, realisasi dan pengukuran *Bi-Directional Coupler* dapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai *Return loss* yang diperoleh pada hasil simulasi adalah -46.83 dB, sedangkan pada hasil realisasi nilai *Return loss* adalah -43.12 dB. Nilai *Return loss* pada *Bi-Directional Coupler* memenuhi spesifikasi awal yaitu ≤ -20 dB.
2. Nilai *Coupling* yang diperoleh pada hasil simulasi adalah -28.93 dB, sedangkan pada hasil realisasi nilai *Coupling* adalah -23.62 dB. Nilai *coupling* pada *Bi-Directional Coupler* memenuhi spesifikasi awal yaitu ± -20 dB.
3. Nilai *Isolasi* yang diperoleh pada hasil simulasi adalah -23.72 dB, sedangkan pada hasil realisasi nilai *Isolasi* adalah -23.08 dB. Nilai *Isolasi* pada *Bi-Directional Coupler* memenuhi spesifikasi awal yaitu ≤ -20 dB.

4. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) yang diperoleh pada hasil simulasi adalah 1.009 sedangkan pada saat pengukuran nilai VSWR adalah 1.014.
5. *Bandwidth* yang diperoleh pada saat simulasi adalah 17.545 GHz dan pada hasil realisasi *bandwidth Bi-Directional Coupler* yang diperoleh sebesar 18.46 GHz.
6. Hasil perancangan pada saat simulasi dan realisasi mengalami perbedaan karena terdapat beberapa factor yang menyebabkan perubahan tersebut, yaitu pensolderan konektor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. C. Koo, Y. K. Chan, V. Gobi, M. Y. Chua, H. C. Lim, C. S. Lim, C. C. Thum, T. S. Lim, Z. Ahmad, K. A. Mahmood, M. H. Shadid, C. Y. Ang, W. Q. Tan, P. N. Tan, K. S. Yee, W. G. Cheaw, H. S. Boey, A. L. Choo and B. C. Sew, A NEW UNMANNED AERIAL VEHICLE SYNTHETIC APERTURE RADAR FOR ENVIRONMENTAL MONITORING, Faculty of Engineering & Technology Multimedia University, 2012.
- [2] E. Sulaiman, Diktat Saluran Planar, Bandung, 2006.
- [3] S. Y. Liao, Microwave Devices and Circuits, Prentice Hall, 2000.
- [4] Bahl, Mongia and Bhartia, RF and Microwave Coupled Line Circuits, London: Artech House, 1999.
- [5] "wiki/satelit," [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Satelit>.
- [6] R. Fernandez, "file/digital," 2010. [Online]. Available: <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/131587-T%2027564-Microstrip%20quadrature-HA.pdf>.
- [7] X.-z. Xiong, Y.-l. Wu, L.-p. Wang, H.-q. Xiao and Q. Yang, "Design of Microstrip Tapped-Hairpin Dual-Band Pass Filter for Ku-Band Application," in *Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT), 2010 International Conference on*, Chengdu, 2010.
- [8] D. K. Misra, Radio-Frequency and Microwave Communication Circuit, Analysis and Design Second Edition., 2004.
- [9] J. Marimuthu, M. Esa and S.-K. Yusof, "Single-Stage Parallel Coupled Microstrip Line Bandpass Filter using Weak Coupling Technique," in *RF and Microwave Conference, 2008. RFM 2008. IEEE International*, Kuala Lumpur, 2008.
- [10] R. Garg, P. Bhartia and A. Ittipiboon, Microstrip antenna design handbook, Boston: Boston (Mass.) : Artech house, 2001., 2001.
- [11] E. G. Cristal and S. Frankel, "Design of Hairpin-Line and Hybrid Hairpin-Parallel-Coupled-Line Filters," in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques (Volume:20, Issue: 11)*, 1972.
- [12] J. Stiles, "5.7 - Chebyshev Multi-section," 19 4 2010. [Online]. Available: http://www.itc.ku.edu/~jstiles/723/handouts/section_5_7_Chebyshev_Multisection_Matching_Transformer_package.pdf.
- [13] D. M. Pozar, Microwave Engineering 3rd Edition, John Willey & Sons, 2005.