

PERANCANGAN DAN REALISASI PENGUAT DAYA PADA FREKUENSI 1,265 – 1,275 GHZ UNTUK SYNTHETIC APERTURE RADAR

DESIGN AND REALIZATION OF HIGH POWER AMPLIFIER IN FREQUENCY 1,265 – 1,275 GHZ FOR SYNTHETIC APERTURE RADAR

Hanimaulia¹, Heroe Wijanto², Budi Syihabuddin³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹hanimaulia@students.telkomuniversity.ac.id ²heroewijanto@telkomuniversity.ac.id ³

budisyihabuddin@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Synthetic Aperture Radar (SAR) merupakan salah satu teknologi RADAR yang digunakan untuk aplikasi penginderaan permukaan bumi (*remote sensing*) yang memanfaatkan prinsip kerja gelombang elektromagnetik. Teknologi ini bekerja pada frekuensi 1,265-1,275 GHz. Sinyal dikirimkan oleh SAR menuju permukaan bumi, lalu ditangkap kembali sinyal pantulan tersebut oleh SAR untuk diolah. Karena jarak yang ditempuh sinyal tersebut dari *transmitter* ke *receiver* cukup jauh dan adanya pengaruh interferensi, maka diperlukan penguat daya. Penguat daya ini berfungsi untuk meningkatkan sinyal level daya keluaran dari *transmitter* agar daya yang sampai dapat masih diterima oleh *receiver*. Pada tugas akhir ini dirancang dan direalisasikan penguat daya yang dapat beroperasi pada frekuensi 1,27 GHz. Teknik yang digunakan yaitu *balanced amplifier* dengan terdapat *coupler* disisi input dan output dengan menggunakan *quadrature branch-line coupler*. Penyempadan impedansi menggunakan *single stub open circuit*. Dalam perancangan penguat daya digunakan software *Advanced Design System 2011.10* untuk mensimulasi rangkaian penguat daya. Komponen aktif yang digunakan adalah *Monolithic Microwave Integrated Circuit GALI 74+*. Pengujian kinerja penguat daya dilakukan dengan membandingkan data hasil pengukuran dengan spesifikasi awal. dan Dari hasil pengukuran pada frekuensi 1,27 GHz, penguat daya pada satu tingkat ini memiliki penguatan sebesar 16.025 dB, dan penguatan pada dua tingkat sebesar -8,1888 dB.

Kata Kunci : SAR, HPA, *balanced amplifier*, *Monolithic Microwave Integrated Circuit*

Abstract

Synthetic Aperture Radar (SAR) is one of RADAR technology that used to sensing application earth surface utilizing electromagnetic waves technology which works in 1,265-1,275 GHz. Signal will be sent from SAR to earth surface then the reflect signal will be received again by SAR to be treated. Hence the range that reflected signal taken from transmitter to receiver quite far and there is interference effect, then power amplifier is needed. Power amplifier function is to enhance power signal level output from transmitter so the power still can be received by receiver. In this final project will be design and realization of power amplifier which can operate in 1,27 GHz frequency. The design in this final project is power amplifier will made into two stage. The method is balanced amplifier which consist of coupler at input and output and using quadrature branch-line coupler. Matching impedance using single stub open circuit. In power amplifier design will be using advanced design system 2011.10 software to simulate power amplifier design. Component active that used in thi final project is Monolithic Microwave Integrated Circuit GALI 74+. Power amplifier performance examination will be done by comparing the measurement result with outset specification. From measurement result from 1,27 GHz, power amplifier for one stage have enhancement as big as 16.025 dB, in othe hand for double stage can reach -8.1888 dB.

Keywords : SAR, HPA, *balanced amplifier*, *Monolithic Microwave Integrated Circuit*

1. Pendahuluan

Synthetic Aperture Radar (SAR) merupakan salah satu proyek pengembangan dari *Aerospace and Exploration Center (AXC)* Universitas Telkom sebagai wahana pembelajaran mengenai satelit. SAR merupakan salah satu teknologi radar yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan *optical camera* yang telah lebih dahulu digunakan untuk aplikasi penginderaan permukaan bumi dalam jarak jauh (*remote sensing*). SAR menggunakan pemrosesan sinyal dengan mengirimkan pulsa elektromagnetik dengan daya tinggi dan menerima kembali sinyal pantulan secara berurutan. Karena jarak yang ditempuh sinyal tersebut dari *transmitter* ke *receiver* cukup jauh dan adanya pengaruh interferensi, maka diperlukan penguat daya. Penguat daya ini berfungsi untuk meningkatkan sinyal level daya

keluaran dari *transmitter* agar daya yang sampai dapat masih diterima oleh *receiver*. Pada pengaplikasiannya, sebelum ditempatkan pada satelit mikro, terlebih dahulu dimulai dengan menemukannya pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV) pada ketinggian 1 hingga 4 km. Subsistem yang mendukung komponen SAR adalah penguat daya atau *High Power Amplifier* (HPA). Penguat dibuat dengan dua tingkat dengan menggunakan komponen aktif yang sama. Untuk mendapatkan amplifier yang bekerja pada *bandwidth* yang cukup lebar, maka menggunakan teknik *balanced amplifier*. *Balanced Amplifier* ini disusun secara parallel lalu di input dan output terdapat coupler. Teknik ini menghasilkan *gain* yang datar dan VSWR pada masukan dan keluaran mempunyai nilai yang bagus. Pada pematchingannya, digunakan stub open circuit. Hasil output dari penguat ini pada satu tingkat sebesar 16.025 dB dan pada dua tingkat sebesar -8.188 dB.

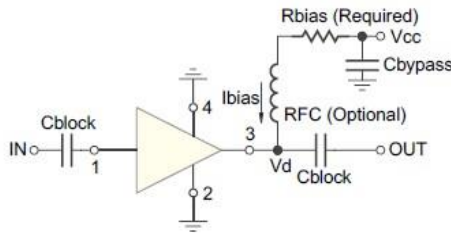
2. Landasan Teori

A. Penguat Daya dan Komponen Aktif

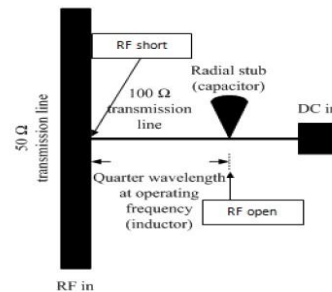
Penguat daya merupakan salah satu komponen penting dalam sistem komunikasi. Penguat daya menerima daya inputan lalu daya tersebut diperkuat untuk dapat mengoperasikan suatu perangkat sehingga daya yang ditransmisikan bisa diterima pada sisi yang lain (*receiver*) dengan maksimal^[1]. Komponen aktif yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah *Microwave Integrated Circuit* (MIC). MIC memiliki ukuran yang lebih kecil, bobot yang lebih ringan, kebutuhan daya yang rendah, dan biaya yang lebih rendah. MIC ini menggabungkan jalur transmisi, resistor, kapasitor, dan inductor serta perangkat aktif seperti diode dan transistor. *Microwave Integrated Circuit* (MIC) pada tugas akhir ini, dalam perancangannya menggunakan *monolithic MIC*^[4].

B. Rangkaian Prategangan

Agar dapat bekerja, komponen aktif diberikan rangkaian prategangan. Pada Tugas Akhir ini digunakan rangkaian prategangan. Untuk mencegah arus DC keluar dari rangkaian prategangan, maka ditempatkan DC *block* pada bagian masukan dan keluaran rangkaian prategangan. Sedangkan untuk mencegah sinyal AC menginterferensi rangkaian prategangan, maka ditempatkan RF *Choke* pada rangkaian^[5].



Gambar 2.1 Rangkaian Prategangan^[3]



Gambar 2.2 Model RF Chokes^[2]

C. Broadband Amplifier Design

Penguat ideal akan memiliki *gain* konstan dan penyempadanan masukan yang bagus pada frekuensi yang diinginkan. *Conjugate matching* akan memberikan *gain* maksimum pada *bandwidth* yang sempit, atau dengan merancang pada *gain* yang kurang maksimal namun akan meningkatkan *bandwidth*. Beberapa pendekatan umum untuk meningkatkan *bandwidth* yang ingin dicapai dengan mengorbankan *gain*, dan juga kompleksitas. Dengan pertimbangan khusus, maka harus diberikan solusi dengan merancang desain amplifier. Broadband amplifier pada tugas akhir ini, dalam perancangannya menggunakan *balanced amplifier*^[4]. Penggunaan *balanced amplifier* adalah metode praktis untuk mengimplementasikan *broadband amplifier* yang memiliki keuntungan *gain* yang datar dan VSWR yang bagus baik di input dan output. *Balanced amplifier* terdiri dari dua tingkat komponen aktif beserta pematchingannya dan couplers pada sisi input dan output^[1].

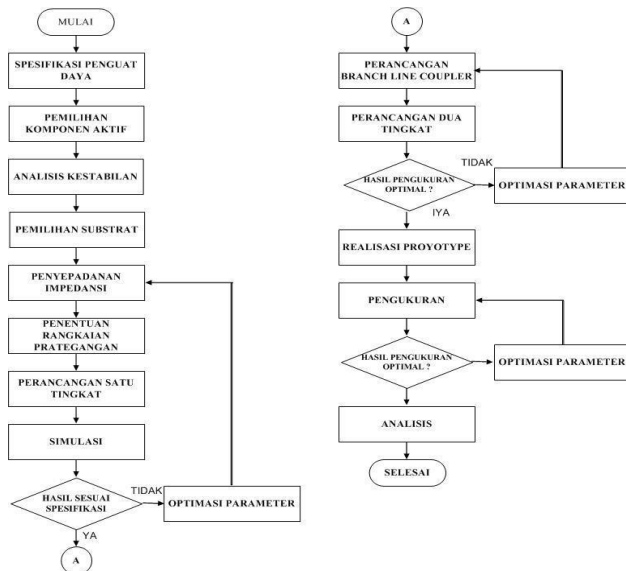
D. Directional Coupler

Directional coupler adalah perangkat pasif yang mempresentasikan jaringan 4 port dengan menggabungkan bagian dari input dan output *coupler*^[7]. Quadrature hybrid coupler adalah *directional coupler* khusus dimana sinyal pada 2 output port sama dan berbeda fasa 90 derajat. Ada beberapa tipe yang berbeda dari quadrature hybrids tapi yang paling sering digunakan adalah *branch line couplers*. Komponen ini mempunyai struktur simetris yang mengandung 4 jalur transmisi yang terdapat seperempat panjang gelombang yang terhubung dalam konfigurasi berbentuk persegi^[6].

3. Perancangan dan Implementasi Sistem

A. Diagram Alir Perancangan Penguat Daya

Berikut adalah diagram blok dari perancangan penguat daya



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Penguat Daya

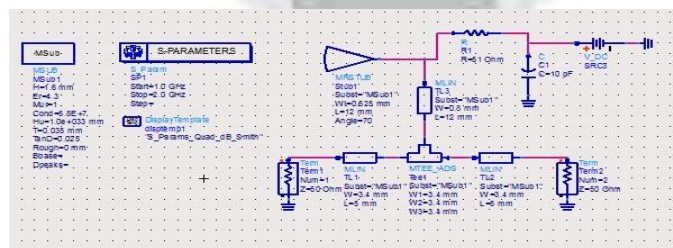
B. Spesifikasi Penguat Daya

Penguat daya yang dirancang dalam Tugas Akhir ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Bapak Josaphat Tetuko Sri Sumantyo di Chiba University, Jepang. Berikut spesifikasi penguat daya yang telah ditentukan^[8]:

- a. Frekuensi kerja : 1,265 – 1,275 GHz
- b. Frekuensi tengah : 1,27 GHz
- c. Daya masukan : 0 dBm
- d. Daya keluaran : 23 dBm
- e. Penguatan satu tingkat : ≥ 20 dB
- f. Penguatan dua tingkat : ≥ 23 dB
- g. Impedansi masukan : 50 Ω
- h. Impedansi keluaran : 50 Ω
- i. VSWR : ≤ 1.5
- j. Daya konsumsi : ≤ 5 watt

C. Rangkaian Prategangan

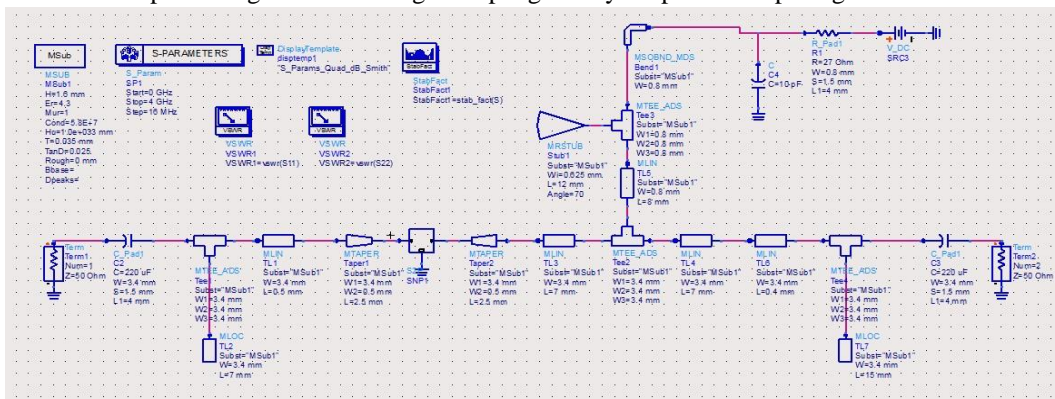
Pada *datasheet* diketahui, dan akan digunakan $V_{cc} = 7$ Volt. Pada rangkaian prategangan terdapat komponen resistor, kapasitor dan RF Chokes. Nilai resistor pada rangkaian prategangan diambil sesuai nilai catuan yang diinginkan. Dengan besar catuan sebesar 7 V, maka nilai transistor yang digunakan sebesar 28.7 Ω . Nilai ini sesuai dengan data yang ada di *datasheet*. Nilai kapasitor didapatkan dari perhitungan MMIC GALI 74+ yang terdapat pada *bias calculator for MiniCircuit Monolithic Amplifier* dengan nilai sebesar 0.0025 pF. Dengan melakukan optimasi dengan nilai komponen yang ada di pasaran maka didapatkan



Gambar 3.2 Skematik Prategangan

D. Perancangan Satu Tingkat

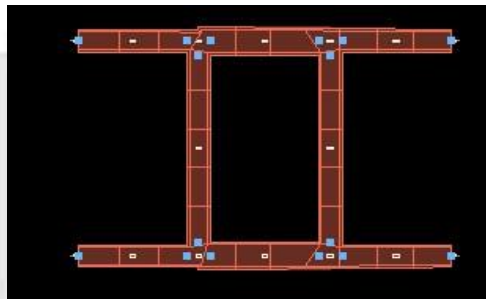
Setelah selesai membuat rangkaian prategangan, maka perancangan penguat daya untuk satu tingkat telah selesai. Setelah itu dilakukan simulasi secara keseluruhan untuk mengetahui apakah rangkain sudah memenuhi target spesifikasi awal perancangan. Desain rangkaian penguat daya dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.3 Desain Penguat Optimasi

E. Branch Line Coupler

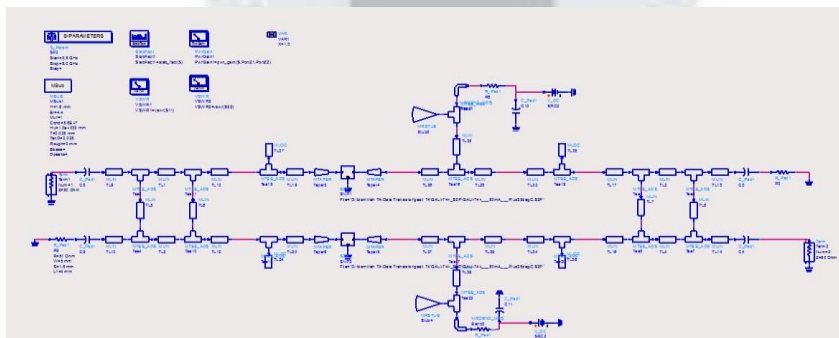
Desain *branch line coupler* terdapat dua saluran impedansi yang digunakan dalam merancang *microstrip branch line coupler* yaitu Z_0 dan Z_A dimana besarnya $Z_A = Z_0/\sqrt{2}$, = 35.35 Ω . Dengan menghitung parameter fisik lebar (*width*) dan panjang (*length*) untuk mikrostrip didapatkan panjang saluran impedansi untuk 50 Ω dan 35.35 Ω dan untuk lebar diperoleh nilai 3.112 mm untuk 50 Ω dan 10.653 Ω untuk 35.35 Ω . Dengan melakukan optimasi didapatkan layout branch line copuler pada gambar 3.4



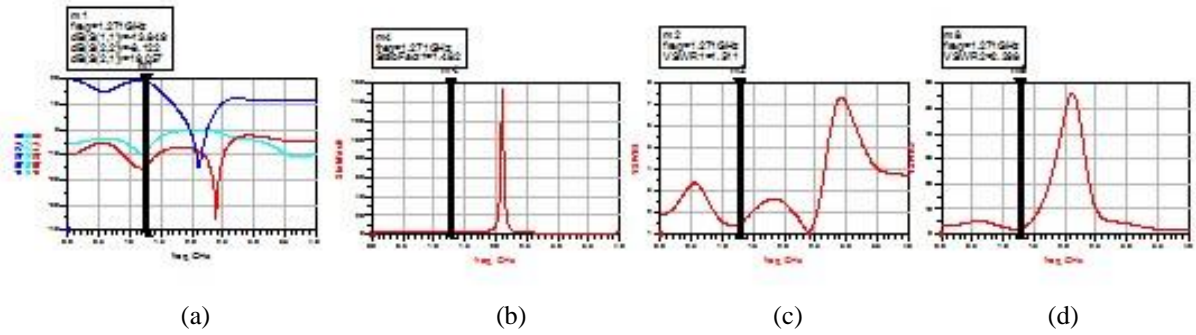
Gambar 3.4 Layout Optimasi Mikrostrip Branch Line Coupler

F. Perancangan Dua Tingkat

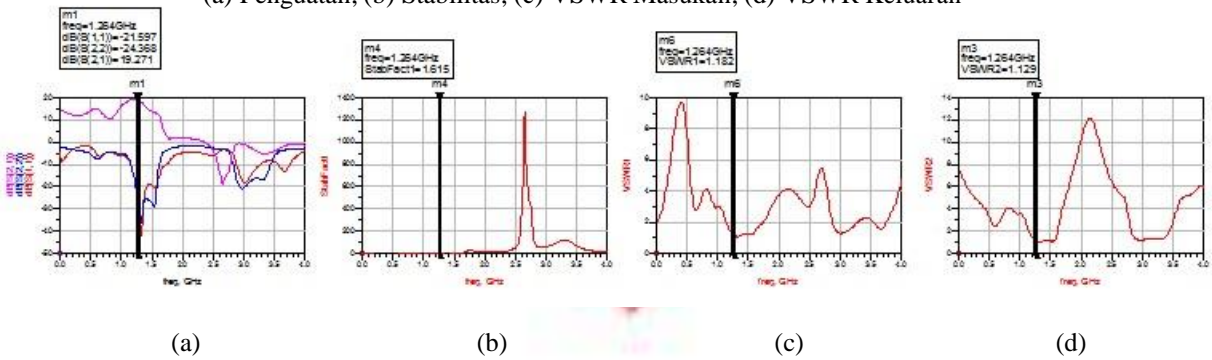
Berikut adalah hasil dari perancangan dua tingkat beserta hasil terdapat pada Gambar 3.5, 3.6 dan 3.7.



Gambar 3.5 Skematik Dua Tingkat



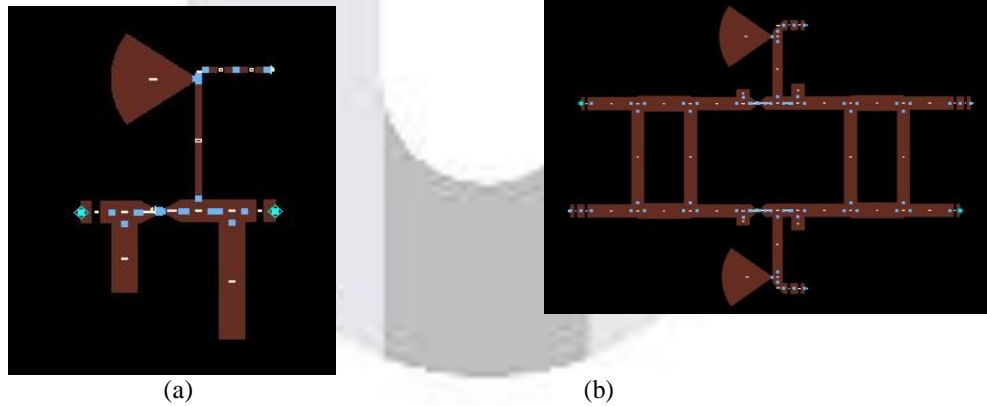
(a) (b) (c) (d)
Gambar 3. 6 Hasil Simulasi Optimasi Satu Tingkat
 (a) Penguatan; (b) Stabilitas; (c) VSWR Masukan; (d) VSWR Keluaran



(a) (b) (c) (d)
Gambar 3. 7 Hasil Simulasi Optimasi Dua Tingkat
 (a) Penguatan; (b) Stabilitas; (c) VSWR Masukan; (d) VSWR Keluaran

G. Perancangan Printed Circuit Board (PCB)

Gambar PCB dari rangkaian penguat daya satu tingkat dan dua tingkat dengan menggunakan software ADS dapat dilihat pada Gambar 3.8

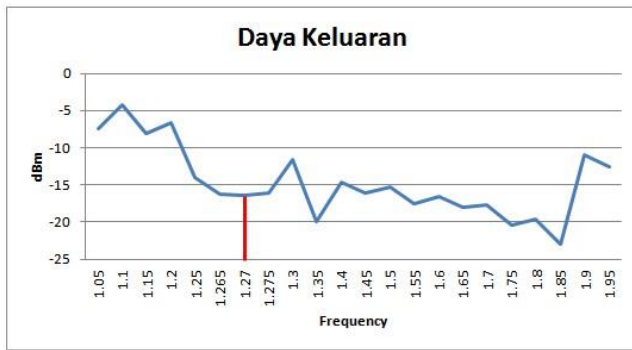


(a) (b)
Gambar 3.8 Desain PCB pada Layout ADS 2011
 (a) Layout Satu Tingkat; (b) Layout Dua Tingkat

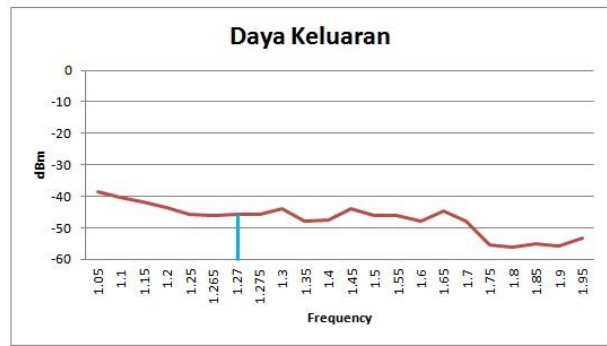
4. Pengukuran Dan Analisis

A. Daya Keluaran

Hasil pengukuran daya keluaran pada penguat daya satu tingkat dan dua tingkat untuk frekuensi 1 – 2 GHz dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini :



(a)



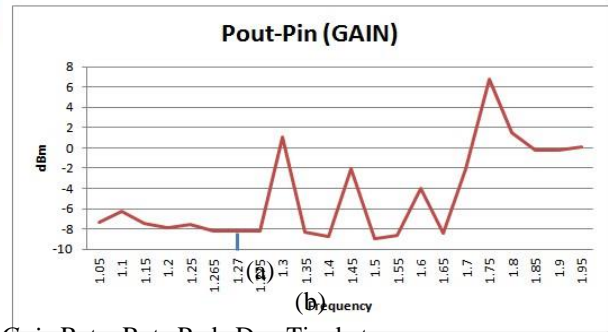
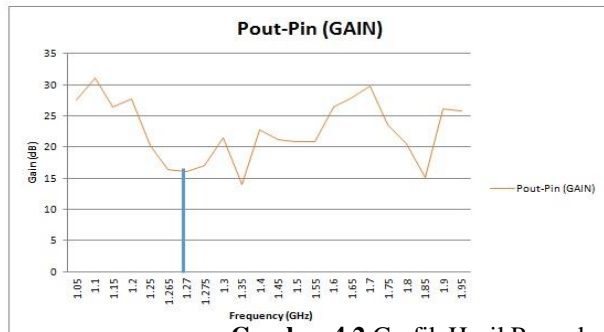
(b)

Gambar 4.1 Grafik Daya Keluaran Pada Penguat Daya (a) Satu Tingkat; (b) Dua Tingkat

Dari Gambar 4.1(a), penguat daya memberikan daya keluaran maksimum sebesar -4.2325 dBm pada frekuensi 1.1 GHz. Sedangkan pada frekuensi 1,27 GHz dapat memberikan daya keluaran sebesar -16.45 dBm. Gambar 4.1(b), penguat daya memberikan daya keluaran maksimum sebesar -38.512461 dBm pada frekuensi 1.05 GHz. Sedangkan pada frekuensi 1,27 GHz hanya dapat memberikan daya keluaran sebesar -45.6573 dBm.

B. Penguatan (Gain)

Hasil pengukuran penguatan (*gain*) pada penguat daya satu tingkat dan dua tingkat, untuk frekuensi 1 – 2 GHz dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran *Gain* Rata-Rata Pada Dua Tingkat (a) Satu Tingkat; (b) Dua Tingkat

Dari Gambar 4.2(a) penguat daya memberikan penguatan (*gain*) maksimum sebesar 31.0925 dB pada frekuensi 1.1 GHz. Sedangkan pada frekuensi 1,27 GHz dapat memberikan penguatan (*gain*) sebesar 16.025 dB. Dari Gambar 4.2(b) penguat daya memberikan penguatan (*gain*) maksimum sebesar 6.73363 dB pada frekuensi 1.75 GHz. Sedangkan pada frekuensi 1,27 GHz hanya dapat memberikan penguatan (*gain*) sebesar -8.1888 dB dan ini masih jauh dari nilai yang diinginkan perancangan sebesar 23 dB. Hasil pengukuran dapat dikatakan berbeda dari perancangan awal dan dari hasil simulasi dan terjadi pergeseran frekuensi. Karena gain terbesar pada frekuensi 1,75 GHz.

C. VSWR Dan Impedansi

Hasil pengukuran VSWR pada penguat daya satu tingkat, untuk frekuensi 1 – 2 GHz didapatkan nilai VSWR *input* = 3.142 dan VSWR *output* = 4.928 dan ini masih jauh dari nilai yang diinginkan perancangan ≤ 1.5 . Sedangkan VSWR terbaik pada sisi *input* bernilai 1.345 pada frekuensi 1.695 GHz dan VSWR terbaik pada sisi *output* bernilai 1.221 pada frekuensi 1.1 GHz. Hasil pengukuran VSWR pada penguat daya dua tingkat, untuk frekuensi 1 – 2 GHz didapatkan nilai VSWR *input* = 3.363 dan VSWR *output* = 2.529 dan ini masih jauh dari nilai yang diinginkan perancangan ≤ 1.5 . Sedangkan VSWR terbaik pada sisi input bernilai 1.446 pada frekuensi 765 MHz dan VSWR terbaik pada sisi output bernilai 1.471 pada frekuensi 765 MHz.

Pada penguatan satu tingkat, nilai impedansi *input* pada frekuensi 1,27 GHz sebesar $37.93+24.70j$ Ω dan nilai impedansi *output* sebesar $95.79-112,3j$ Ω . Nilai impedansi *input* terbaik diperoleh pada frekuensi 1.487 GHz dengan nilai $45.21-63,41j$ Ω , sedangkan nilai impedansi *output* terbaik diperoleh pada frekuensi 1.17 GHz dengan nilai $26.38+48,76j$ Ω . Pada penguatan dua tingkat, nilai impedansi *input* pada frekuensi 1,27 GHz sebesar $94.71-28,34j$ Ω

dan nilai impedansi output sebesar $85.28+20,07j \Omega$. Nilai impedansi *input* terbaik diperoleh pada frekuensi 765 MHz dengan nilai $39.86-14,73j \Omega$, sedangkan nilai impedansi *output* terbaik diperoleh pada frekuensi 765 MHz dengan nilai $34.82-5,87j \Omega$.

5. Penutup

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengukuran dan analisis pada penguat daya satu dan dua tingkat yang telah direalisasikan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Realisasi
Frekuensi Kerja	1,265 – 1,275 GHz	1,265 – 1,275 GHz	1,265 – 1,275 GHz
Frekuensi Tengah	1,27 GHz	1,27 GHz	1,27 GHz
Impedansi <i>Input</i> Satu Tingkat	50 Ω	50 Ω	37,93 + 24.70j Ω
Impedansi <i>Output</i> Satu Tingkat	50 Ω	50 Ω	95,79 + 112,3j Ω
Impedansi <i>Input</i> Dua Tingkat	50 Ω	50 Ω	94.71 - 28,34j Ω
Impedansi <i>Output</i> Dua Tingkat	50 Ω	50 Ω	85.28 + 20,07j Ω
VSWR <i>Input</i> Satu Tingkat	$\leq 1,5$	1.509	3.142
VSWR <i>Output</i> Satu Tingkat	$\leq 1,5$	2.292	4.928
VSWR <i>Input</i> Dua Tingkat	$\leq 1,5$	1.276	3.363
VSWR <i>Output</i> Dua Tingkat	$\leq 1,5$	1.235	2.529
Penguatan (<i>Gain</i>) Satu Tingkat	20 dB	19.596	-1.385
Penguatan (<i>Gain</i>) Dua Tingkat	23 dB	19.795	-8.1888

1. Penguatan terbesar pada single stage sebesar 31.0925 dB pada frekuensi 1.1 GHz, dan penguatan pada frekuensi 1,27 GHz sebesar 16.025 dB
2. Penguatan terbesar pada double stage sebesar 6.7336 dB pada frekuensi 1,75 GHz, dan penguatan pada frekuensi 1,27 GHz sebesar -8.1888 dB
3. VSWR *input* terbaik pada satu tingkat berada pada frekuensi 1.69 GHz sebesar 1.345 dan nilai VSWR *output* terbaik pada satu tingkat sebesar 1.221. Sedangkan, VSWR *input* terbaik pada dua tingkat berada pada frekuensi 765 MHz sebesar 1,446 dan nilai VSWR *output* terbaik pada dua tingkat sebesar 1,471.
4. Impedansi *input* terbaik pada satu tingkat berada pada frekuensi 1,487 GHz sebesar $45,21-63,41j \Omega$ dan impedansi *output* terbaik pada satu tingkat sebesar $26,38-48,76j \Omega$. Impedansi *input* terbaik pada dua tingkat berada pada frekuensi 765 MHz sebesar $39.86-14,73j \Omega$ dan impedansi *output* terbaik pada dua tingkat sebesar $34.82-5,87j \Omega$

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gonzales, Guillermo. 1997. *Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design*. 2nd Edition. Prentice-Hall.
- [2] Mahyuddin, Nur Muzlifah. 2013. *A 10 GHz Low Phase Noise Split-Ring Resonator Oscillator*. International Journal Of Information and Electronics Engineering, Vol 3, No. 6
- [3] Mini-Circuit Datasheet. *Monolithic Amplifier GALI 74+*. North America.
- [4] Pozar, David M. 2011. *Microwave Engineering*. 4th Edition. John Wiley & Sons
- [5] Rahmi, Mira Hanafiah. 2013. *Perancangan dan Implementasi Penguat Berderau Rendah untuk Aplikasi Stasiun Bumi Penerima Satelit Nano pada Frekuensi 2,4-2,45 GHz Berbasis Mikrostrip*. Bandung: Institut Teknologi Telkom.
- [6] Riyanti, Indah. 2010. *Perancangan Microstrip Branch Line Coupler dengan T-Junction Untuk Mobile WiMAX Pada Frekuensi 2,3 GHz*. Depok: Universitas Indonesi.
- [7] Sanchez, Rafael Hernando Medina. 2003. *Design Of Tunable Balanced Amplifier Using Ferroelectric Materials*. University Of Puerto Rico Mayaguez.