

Perancangan Low Noise Amplifier Untuk Aplikasi Radar Pasif

Muhamad Ramdani¹, Antrisha Daneraici Setiawan², Atik Charisma³

Program Studi Teknik Elektro

Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI)

Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531

muhamamdani13@gmail.com¹, antrisha.daneraici@unjani.ac.id², atik.charisma@gmail.com³

Abstract

Passive Radar is a device used to detect and obtain positions using certain transmitted signal from the target. Signal on radar systems in microwave form has low input to process. Therefore the receiver system on the radar must have a high gain amplifier and low noise. The design of LNA is made using microstrip. The active component of the feeder is a transistor ATF-58143. ADS (Advanced Design System) software is used for designing LNA (Low Noise Amplifier). To obtain an impedance matching circuit, Smith-chart tools are used in ADS. The method used in the design is a single short stub. The LNA circuit is installed with bias circuit to get the value that meets the specifications. The final results has stability factor of 1.719, noise figure of 2.554, gain (S_{21}) of 12.090 dB, input return loss (S_{11}) of -26.861 dB, output return loss (S_{22}) of -13.563 dB, and VSWR value of 1.531. The transmission line length in the input impedance adjustment has a value of $W = 3.416540$ mm and $L = 20.405200$ mm in short stub, and the values $W = 3.416540$ and $L = 3.847260$ in the line stub. The channel length in the output channel impedance has a value of $W = 3.416540$ mm and $L = 10.683500$ mm in the short stub, and the values $W = 3.416540$ and $L = 3.847260$ in the line stub. LNA can be used in the 2 – 3 GHz frequency.

Keywords : ATF-58143 Transistor, Low Noise Amplifier, Passive Radar, Single Short Stub

Abstrak

Radar pasif adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi dan memperoleh posisi dengan menggunakan sinyal tertentu yang ditransmisikan oleh target. Sinyal pada sistem radar dalam bentuk gelombang mikro memiliki daya yang sangat rendah. Sehingga, sistem penerima pada radar harus mempunyai penguat dengan penguatan yang tinggi dan mampu meredam derau serendah-rendahnya. Perancangan *Low Noise Amplifier* (LNA) dibuat menggunakan mikrostrip dengan komponen aktif penyusunnya berupa transistor ATF-58143. Software ADS (*Advanced Desain System*) digunakan pada perancangan LNA. Untuk mendapatkan rangkaian matching impedansi, digunakan *tools Smith-chart* pada ADS. Metode yang digunakan dalam perancangan *matching impedance* adalah *single short stub*. Rangkaian LNA dipasang dengan rangkaian bias untuk mendapatkan nilai-nilai yang memenuhi spesifikasi. Hasil akhir perancangan pada frekuensi 2,5 GHz memiliki faktor kestabilan 1,719, noise figure sebesar 2,554, gain (S_{21}) 12,090 dB, input return loss (S_{11}) -26,861 dB, output return loss (S_{22}) -13,563 dB, dan VSWR bernilai 1,531. Panjang saluran transmisi di penyesuaian impedansi masukan memiliki nilai $W = 3,416540$ mm dan $L = 20,405200$ mm di *short stub*, dan nilai $W = 3,416540$ dan $L = 3,847260$ di *line stub*. Panjang saluran di impedansi saluran keluaran memiliki nilai $W = 3,416540$ mm dan $L = 10,683500$ mm di *short stub*, dan nilai $W = 3,416540$ dan $L = 3,847260$ di *line stub*. LNA dapat digunakan pada frekuensi 2 - 3 GHz.

Kata kunci : ATF-58143 Transistor, Low Noise Amplifier, Radar Pasif, Single Short Stub

I. PENDAHULUAN

Radar atau *Range Detection and Ranging* adalah suatu perangkat yang dapat mendeteksi dan menentukan jarak suatu benda atau target. Radar dibagi ke dalam dua jenis, radar aktif dan radar pasif. Radar aktif adalah radar yang menentukan target dengan cara menembakkan gelombang RF ke arah target dan menangkap gelombang pantulannya. Radar aktif digunakan untuk menentukan posisi dan jarak target terhadap

radar[1]–[3]. Karena membutuhkan pembangkitan gelombang, maka radar aktif lebih kompleks dan lebih mahal dalam pembuatannya. Radar pasif hanya diperlukan bagian penerima saja. Cara kerja radar pasif adalah menangkap gelombang yang dipancarkan oleh target namun tidak dapat menentukan jarak target. Untuk menentukan lokasi target diperlukan dua buah antenna yang menangkap gelombang datang secara hampir bersamaan. Perbedaan waktu datang gelombang pada kedua antenna dapat

dianalisis dengan korelasi silang untuk menentukan posisi target[4]–[6]. Hasil korelasi silang dikonversikan dalam bentuk arah atau sudut dan ditampilkan pada layar monitor.

Salah satu komponen Radar Pasif adalah LNA. Sinyal yang diterima oleh sistem Radar umumnya terlalu lemah untuk diproses lebih lanjut dan sangat rentan terhadap gangguan derau. Sehingga, sinyal yang diterima perlu terlebih dahulu dikuatkan dan dalam waktu yang bersamaan meredam derau yang mengganggu sinyal tersebut. *Matching impedance* diperlukan pada LNA untuk mencegah terjadinya *loss* akibat pantulan yang tidak diinginkan pada perangkat. *Matching impedance* mikrostip pada LNA dapat berupa *single-stub* ataupun *multi-stub*, seri dan paralel[7].

LNA yang dirancang menggunakan komponen transistor ATF-58143 sebagai penguat dengan *matching impedance* berupa *single short stub*. LNA digunakan pada aplikasi radar pasif dengan frekuensi kerja 2 - 3 GHz. Untuk mendapatkan nilai sesuai spesifikasi, LNA dipasang rangkaian bias pasif. Bias pasif memiliki rangkaian yang lebih sederhana dibandingkan bias aktif. Bias pasif menggunakan beberapa topologi resistor seperti rangkaian pembagi tegangan yang dihubungkan dengan kaki gate (G) dan drain (D).

II. METODE

A. Spesifikasi LNA

LNA untuk Radar Pasif memiliki spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 1. LNA memiliki frekuensi kerja antara 2 - 3 GHz dan *noise figure* kurang dari 3 dB.

TABEL 1. SPESIFIKASI ANTENA

LNA Parameter	value
Frequency	2 – 3 GHz
Noise Figure	< 3 dB
Gain	> 10 dB
Stability Factor	> 1

Langkah penting untuk merancang LNA adalah memilih transistor yang dibutuhkan sesuai spesifikasi. Transistor ATF-58143 dengan bias DC $V_{DS} = 4$ V dan $I_{DS} = 30$ mA dipilih karena transistor ini dapat digunakan untuk aplikasi antenna dan memiliki rentang frekuensi antara 450 - 6000 MHz sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Titik kerja transistor ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. TITIK KERJA TRANSISTOR ATF-58143

LNA	value
V_{DD}	7 V
V_{DS}	4 V
V_{GS}	0.51 V
I_{DS}	30 mA
I_{BB}	2 mA

Untuk mendapatkan hasil sesuai spesifikasi digunakan rangkaian bias pada LNA. Rangkaian bias yang digunakan bersifat pasif dengan memanfaatkan rangkaian pembagi tegangan untuk menjaga nilai arus konstan pada kaki *drain*. Nilai resistor dihitung dalam Persamaan (1) - (3). Untuk merancang *matching impedance*, nilai S-parameter harus dihitung terlebih dahulu. Karakteristik impedansi dihitung dengan Persamaan. (4) - (6).

$$R_1 = \frac{V_{GS}}{I_{BB}} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{V_{DS} - V_{GS}}{I_{BB}} \quad (2)$$

$$R_3 = \frac{V_{DS} - V_{GS}}{I_{BB} + I_{DS}} \quad (3)$$

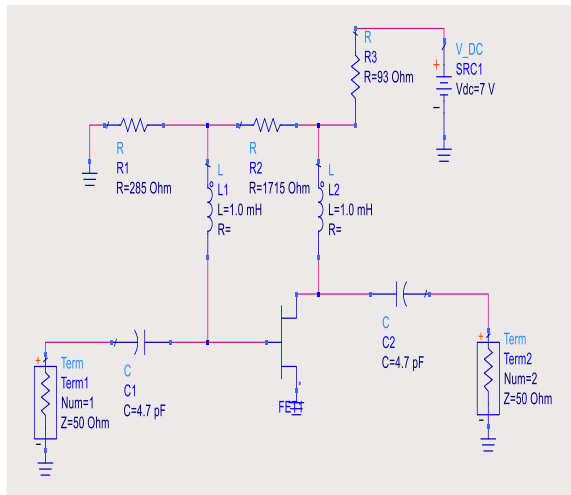
$$Y_S = \frac{1}{50} \left(\frac{1 - \Gamma_S}{1 + \Gamma_S} \right) \quad (4)$$

$$Y_L = \frac{1}{50} \left(\frac{1 - \Gamma_L}{1 + \Gamma_L} \right) \quad (5)$$

$$\Gamma_L = \left(S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_{opt}}{1 - S_{11}\Gamma_{opt}} \right) \quad (6)$$

B. Perancangan LNA

Dari spesifikasi pada Tabel 2, nilai resistor untuk rangkaian bias dihitung berdasarkan Persamaan (1) - (3). Didapatkan Nilai R_1 sebesar 285 Ω , R_2 sebesar 1715 Ω , dan R_3 sebesar 93 Ω sebagai pembagi tegangan untuk menjaga arus *drain* konstan. Sirkuit bias untuk LNA ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk memeriksa kestabilan transistor digunakan software CST. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3. Terlihat bahwa faktor stabilitas berada di bawah 1 pada frekuensi 1 - 3,8 GHz. Namun nilai ini dapat berubah ketika rangkaian bias dan *matching impedance* dipasang ke transistor.

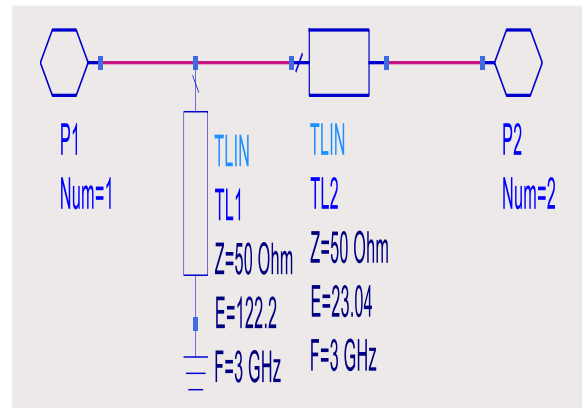


Gambar 1. Perancangan Rangkaian Bias LNA

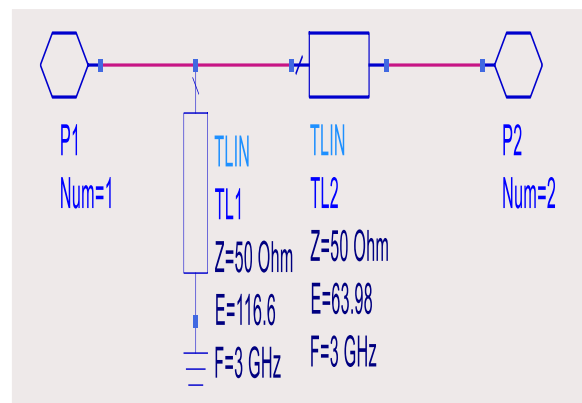
Untuk merancang *matching impedance* pada LNA, diperlukan nilai S-Parameter. Simulasi bias ATF-58143 pada ADS akan menghasilkan nilai S-Parameter. Pada 2,5 GHz nilai return loss (S_{11}) adalah $0,690\angle 173,500$, refleksi (S_{12}) adalah $0,060\angle 21,700$, gain (S_{21}) adalah $5,400\angle 59,600$, keluaran *return loss* (S_{22}) adalah $0,180\angle -117,350$, dan S_{opt} adalah $0,283\angle 128,983$. *Matching impedance* dipengaruhi oleh nilai admitansi transistor, S_{opt} . Nilai kompleks dari admitansi dihitung dengan Persamaan (4) - (6). Dengan Smith Chart, impedansi akan bergeser ke 50Ω dengan rangkaian *short parallel single-stub*. Prosedur yang sama diterapkan untuk *matching impedance* masukan dan keluaran. Nilai ini ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 berturut-turut.

Hasil ini akan diubah ke dalam bentuk jalur mikrostrip karena mudah untuk difabrikasi, tidak mahal, tipis, dan mudah dipasang ke rangkaian bias. Roger 4350B digunakan sebagai substrat mikrostrip. Dari hasil *matching impedance* masukan, saluran transmisi short-stub memiliki E_{eff} 122,2. Nilai yang sebanding dalam jalur mikrostrip adalah dengan lebar 3,416540 mm dan panjang 20,405200 mm.

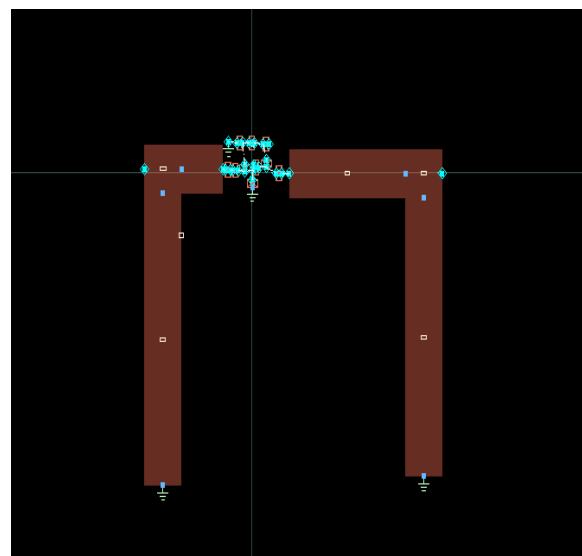
Pada keluaran impedansi, Saluran transmisi memiliki E_{eff} sebesar 23,040. Nilai ini, pada jalur mikrostrip, memiliki kesebandingan dengan dengan lebar 3,416540 mm dan panjang 3,847260 mm. Diagram skematik akhir perancangan LNA ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar tersebut telah memasukkan rangkaian bias dan *matching impedance*.



Gambar 2. Hasil Simulasi *Matching Impedance* Masukan LNA



Gambar 3. Hasil Simulasi *Matching Impedance* Keluaran LNA



Gambar 4. Diagram Skematik LNA dengan *matching impedance*

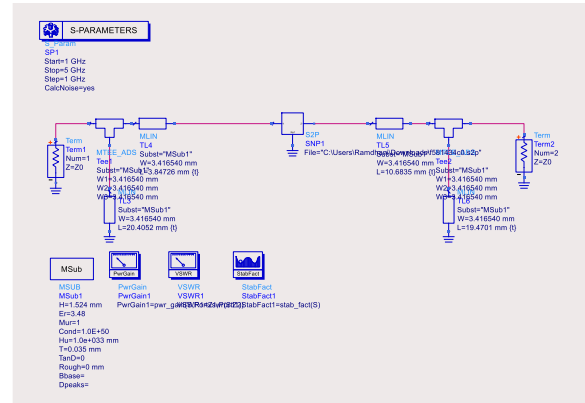
TABEL 3. FAKTOR KESATABILAN TRANSISTOR
 ATF-58143

freq	StabFact1	PwrGain1
1.000 GHz	0.398	21.798
1.100 GHz	0.421	21.304
1.200 GHz	0.449	20.780
1.300 GHz	0.480	20.223
1.400 GHz	0.518	19.627
1.500 GHz	0.562	18.988
1.600 GHz	0.590	18.563
1.700 GHz	0.621	18.116
1.800 GHz	0.656	17.645
1.900 GHz	0.696	17.147
2.000 GHz	0.657	16.777
2.100 GHz	0.685	16.391
2.200 GHz	0.716	15.987
2.300 GHz	0.750	15.563
2.400 GHz	0.789	15.117
2.500 GHz	0.832	14.648
2.600 GHz	0.841	14.353
2.700 GHz	0.852	14.049
2.800 GHz	0.865	13.733
2.900 GHz	0.878	13.405
3.000 GHz	0.894	13.064
3.100 GHz	0.905	12.869
3.200 GHz	0.917	12.669
3.300 GHz	0.930	12.465
3.400 GHz	0.943	12.256
3.500 GHz	0.957	12.041
3.600 GHz	0.971	11.821
3.700 GHz	0.987	11.596
3.800 GHz	1.003	11.364
3.900 GHz	1.020	11.126
4.000 GHz	1.039	10.881
4.100 GHz	1.030	10.731
4.200 GHz	1.025	10.578
4.300 GHz	1.022	10.423
4.400 GHz	1.022	10.264
4.500 GHz	1.026	10.103

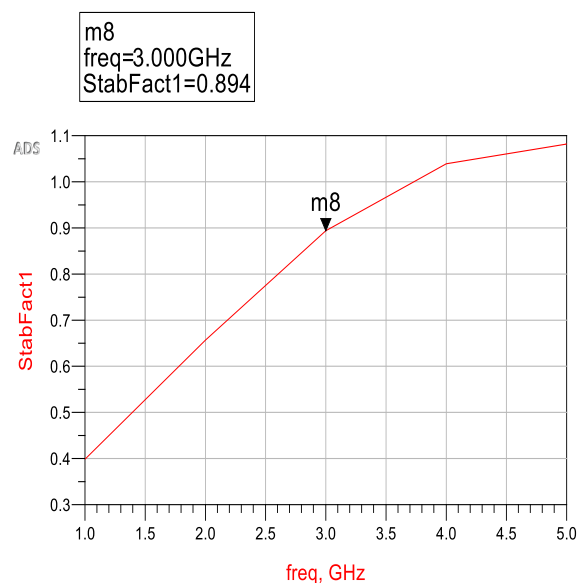
III. HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Simulasi Tanpa Rangkaian Bias

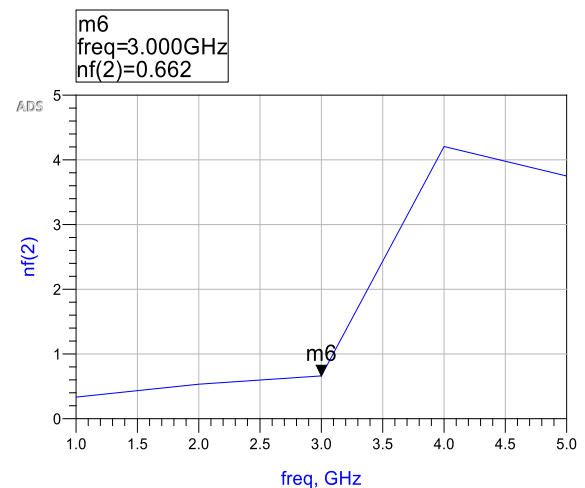
LNA yang dirancang tanpa rangkaian bias disimulasikan oleh perangkat lunak ADS. LNA yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 5. Dari simulasi didapatkan hasil faktor kestabilan yaitu K pada frekuensi 3 GHz adalah 0,894. Nilai ini kurang dari 1 sesuai spesifikasi dan dapat dilihat pada Gambar 6. Nilai *noise figure*, *gain*, input dan output return loss, dan VSWR ditunjukkan pada Gambar 7 - 10 berturut-turut. Terlihat bahwa LNA memiliki *noise figure* sebesar 0,662 pada 3 GHz. Nilai tersebut telah memenuhi kriteria spesifikasi yaitu kurang dari 3. LNA memiliki gain sebesar 14,803 pada 3 GHz. Nilai ini lebih besar dari 10 dB. Return loss input memiliki nilai -4,469 dB, sedangkan return loss output memiliki nilai -26,376 dB. VSWR LNA memiliki nilai 3,973. Terlihat bahwa nilai return loss dan VSWR memiliki hasil yang kurang baik. dibutuhkan return loss kurang dari -10 dB dan VSWR kurang dari 2 agar LNA dapat digunakan.



Gambar 5. Hasil Perancangan LNA tanpa rangkaian bias

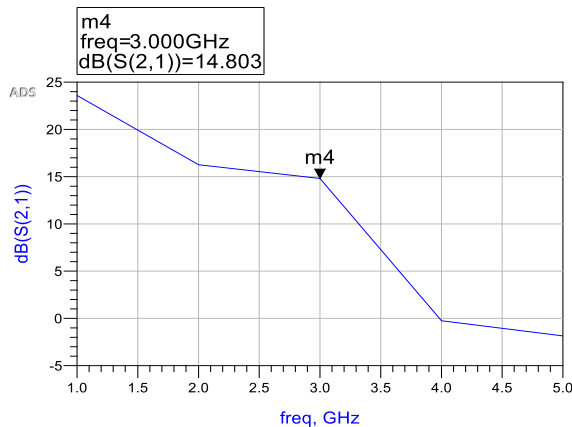


Gambar 6. Hasil Simulasi Faktor Kestabilan Tanpa Rangkaian Bias

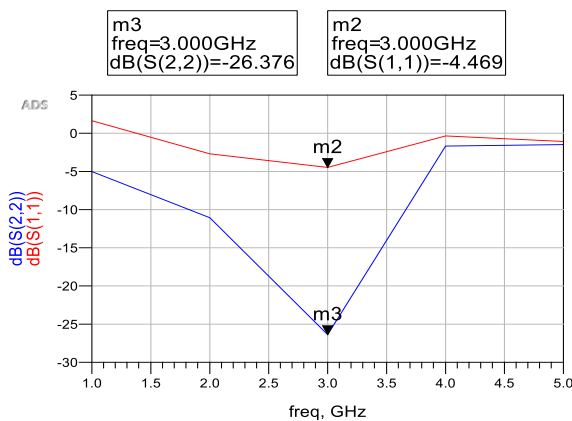


Gambar 7. Hasil Simulasi Noise Figure Tanpa Rangkaian Bias

Perancangan Low Noise Amplifier Untuk Aplikasi Radar Pasif
(Muhamad Ramdani, Antrisha Daneraici Setiawan, Atik Charisma : 6 - 11)



Gambar 8. Hasil Simulasi Gain Tanpa Rangkaian Bias



Gambar 9. Hasil Simulasi *return loss* Masukan dan Keluaran Tanpa Rangkaian Bias

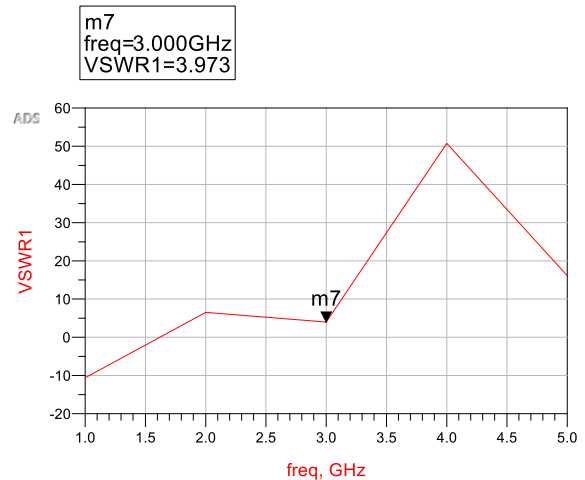
B. Hasil Simulasi dengan Rangkaian Bias

Untuk mendapatkan faktor kestabilan yang lebih baik yaitu kurang dari 1, rangkaian bias diimplementasikan pada LNA. LNA yang dirancang dengan rangkaian bias ditunjukkan pada Gambar 11. Setelah rangkaian bias dipasang pada LNA, faktor kestabilan meningkat. Pada 3 GHz, LNA memiliki faktor kestabilan 1,719. Sedangkan pada 2 GHz, LNA memiliki faktor kestabilan 1,23. Faktor kestabilan berada pada nilai lebih dari 1 sesuai spesifikasi yang dibutuhkan. Grafik faktor kestabilan terhadap frekuensi ditunjukkan pada Gambar 12.

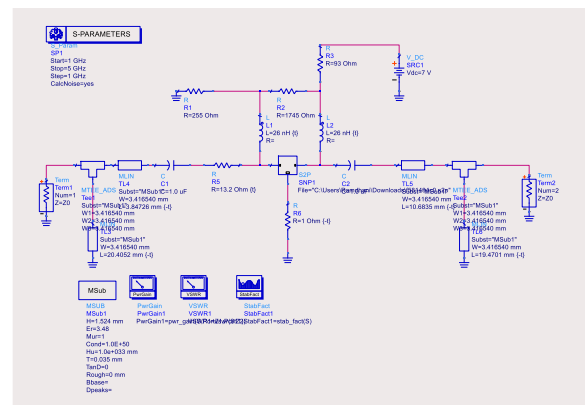
Hasil noise figure, gain, input dan output return loss, dan VSWR ditunjukkan pada Gambar 13 - 15. Pada range frekuensi kerja di 2 - 3 GHz, noise figure tertinggi berada pada 3 GHz dengan nilai 2.544 dB. Nilai ini naik sebelum dipasang rangkaian bias, namun masih dibawah nilai batas 3 dB.

Penguatan LNA dengan sirkuit bias berkurang dari LNA tanpa sirkuit bias menjadi 12,090 dB. Tetapi masih lebih tinggi dari 10 dB seperti spesifikasi yang diinginkan. Dengan rangkaian

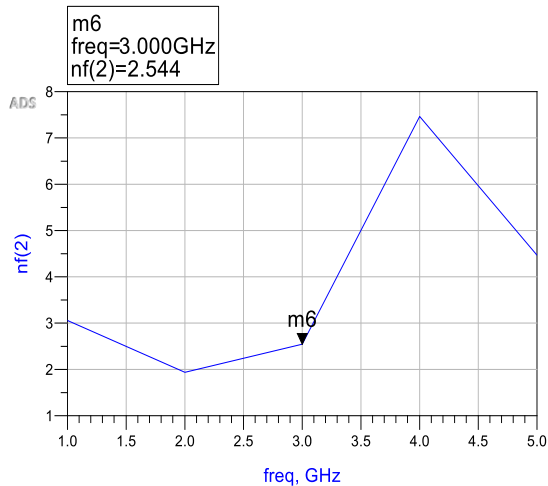
bias, nilai input dan output return loss dan VSWR memiliki kinerja yang lebih baik. Return loss input dan output turun di bawah -10 dB. Akibatnya, VSWR turun di bawah 2. Semua kinerja tersebut memenuhi persyaratan yang diinginkan, sehingga tidak diperlukan perubahan lebih lanjut.



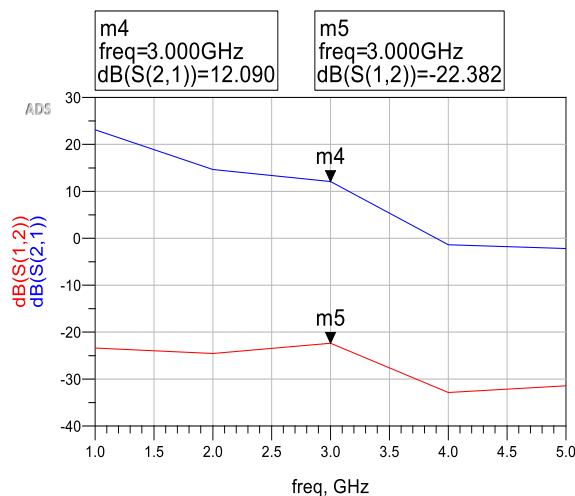
Gambar 10. Hasil Simulasi VSWR Tanpa Rangkaian Bias



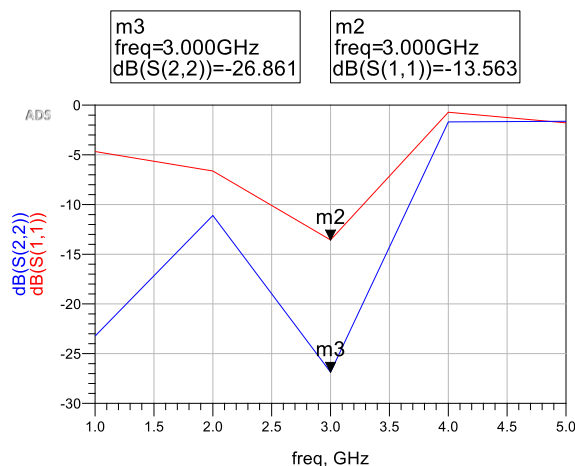
Gambar 12. Hasil Simulasi Faktor Kestabilan dengan Rangkaian Bias



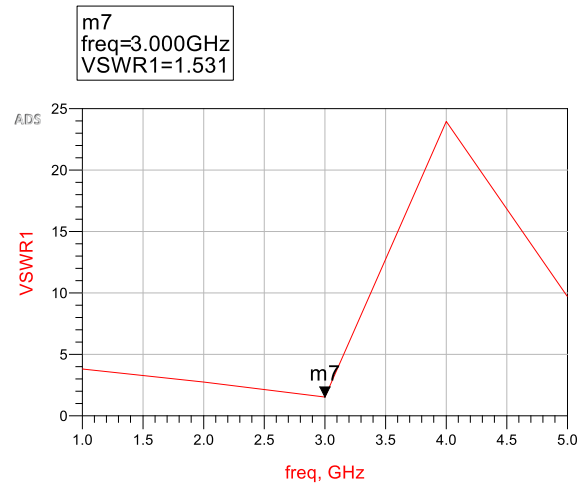
Gambar 13. Hasil Simulasi Noise Figure dengan Rangkaian Bias



Gambar 14. Hasil Simulasi gain dengan Rangkaian Bias



Gambar 15. Hasil Simulasi return loss masukan dan keluaran dengan Rangkaian Bias



Gambar 16. Hasil Simulasi VSWR dengan Rangkaian Bias

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Transistor ATF-58143 dapat digunakan sebagai LNA berdasarkan kinerja simulasi yang menghasilkan gain tinggi dan noise figure rendah.
2. Perancangan LNA untuk aplikasi radar pasif telah direalisasikan pada frekuensi tengah 2,5 GHz dengan faktor stabilitas 1,719, gain 12,090 dB, noise figure 2,544 dB, input return loss -13,563 dB, output return loss -26,861 dB, dan VSWR 1,531.
3. Matching impedance LNA yang dirancang diterapkan oleh jalur mikrostrip stub short tunggal. Impedansi input memiliki dimensi lebar 3,416540 mm dan panjang 20,405200 mm pada stub pendek serta lebar 3,416540 mm dan panjang 3,847260 mm pada saluran stub. Sedangkan impedansi keluaran memiliki dimensi lebar 3,416540 mm dan panjang 10,683500 mm pada stub pendek serta lebar 3,416540 mm dan panjang 3.847260 mm pada saluran stub.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Aulia, S. Tjondronegoro, and R. Kurnia, "Vol : 2 No . 2 September 2013 ISSN : 2302-2949 Analisis Pengolahan Sinyal Radar Frequency Modulated Continuous Wave untuk Deteksi Target Jurnal Nasional Teknik Elektro ISSN : 2302-2949 Jurnal Nasional Teknik Elektro," no. 2, pp. 51–64, 2013.
- [2] A. E. Pratiwi, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Phased Array 8×4 Untuk Sistem Airport Surveillance Radar (Asr) S-Band," vol. 3, no. 1, pp. 470–477, 2016.

- [3] C. Lin, Q. Bao, D. Wang, R. Tian, and Z. Chen, "Target detecting method for passive bistatic radar using stepped-frequency radar as the transmitter," *2016 13th Eur. Radar Conf. EuRAD 2016*, no. 2, pp. 294–297, 2017.
- [4] I. N. Rifai and W. Widada, "Optimasi Rerata Dalam Proses Korelasi Silang Untuk," in *Prosiding Seminar Matematika, Sains dan TI. FMIPA UNSRAT*, 2013, no. 1, pp. 164–170.
- [5] A. I. Haifa Nabila, Joko Suryana, "Modified Half Bowtie Antenna for Direction Finding," in *11th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA)*, 2017, pp. 1–4.
- [6] Y. Yin, S. Zhang, F. Wu, Z. Zong, and W. Zhang, "Passive radar detection with DVB-T signals," *2016 CIE Int. Conf. Radar, RADAR 2016*, no. 3, 2017, doi: 10.1109/RADAR.2016.8059601.
- [7] D. Wibisono, Gunawan; Firmansyah, Teguh; Ma'arang, "Perancangan LNA untuk Radar Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Pada Frekuensi 1090 MHz dengan Multistub Matching," *SETRUM*, 2013.