

Perancangan *Low Noise Amplifier (LNA)* Dua Tingkat dengan *Lumped Element* untuk Satelit Nano

Atik Charisma¹, Devin Dwi Nugraha¹, Ade Sena Permana¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani 1

*Corresponding author, e-mail: atik.charisma@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Satelit nano merupakan satelit yang berukuran kecil yaitu sekitar 10x10x10 cm dengan berat kurang dari 10 kg. Satelit nano menggunakan frekuensi S-band sebagai frekuensi kerjanya yakni 2,4 GHz. Satelit ini mampu mengorbit pada orbit LEO. Pada jarak orbit LEO yang sangat jauh ditambah dengan gangguan lain menyebabkan daya sinyal pengiriman menjadi sangat lemah, maka dibutuhkan penguat pada stasiun bumi agar level daya menjadi stabil seperti daya yang dikirimkan dari nano satelit. Penelitian ini merancang sebuah *Low Noise Amplifier (LNA)* pada frekuensi 2,4 GHz dengan penguatan 30 dB dan noise figure ≤ 2 dB. Penguat ini dirancang dengan dua tingkat menggunakan lumped elemen dengan komponen aktif penyusunnya adalah jenis transistor e-pHEMT yaitu ATF 34143, secara simulasi menggunakan software ADS. Pada penelitian ini menghasikan perancangan penguatan maksimum sekitar 30,82 dB; $S_{11}=-27,27$ dB; $S_{22}=-33,9$ dB; $VSWR_1=1,091$; $VSWR_2=1,04$; $NF=0,481$; $K=3,387$.

Keyword: satelit nano, *lumped element*, LNA

Abstract

Nano satellites are small satellites which are around 10x10x10 cm and weigh less than 10 kg. Nano satellites use S-band frequencies as their working frequency with a 2.4 GHz S-Band working frequency. This satellite is able to orbit in LEO orbit. At a very large LEO orbit distance coupled with other noise causing the sending signal power to become very weak, amplifiers at the earth station are needed so that the power level is as stable as the power transmitted from nano satellites. In this research designs a Low Noise Amplifier (LNA) at 2.4 GHz with a gain of 30 dB and noise figure noise ≤ 2 dB. This amplifier is designed with double stage amplifier using the lumped element with active component of the constituent is the type of e-pHEMT transistor that is ATF 34143, with simulations using ADS software. In this research the maximum gain is around 30.82 dB; $S_{11} = -27.27$ dB; $S_{22} = -33.9$ dB; $VSWR_1 = 1.091$; $VSWR_2 = 1.04$; $NF = 0.481$; $K = 3.387$.

Keywords: nano satellite, *lumped element*, LNA

PENDAHULUAN

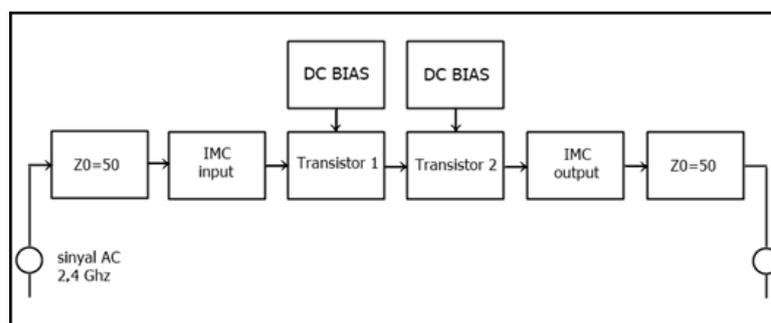
Keberadaan teknologi sebagai sarana untuk membantu proses kehidupan seakan menjadi keharusan untuk mempercepat menyelesaikan berbagai jenis pekerjaan yang juga membantu dalam meningkatkan perkembangan. Sumber Daya Manusia (SDM)[1]. Pada 10 tahun terakhir ini perkembangan nano satelit sangat pesat. Satelit nano merupakan satelit yang berukuran kecil yaitu sekitar 10x10x10 cm dengan berat kurang dari 10 kg. Saat ini sudah banyak negara – negara maju meluncurkan satelit nano. Satelit Nano dapat membawa satu atau dua misi seperti misi pengawasan kemaritiman, pengamatan permukaan bumi, hingga kemiliteran. Banyaknya penggunaan satelit nano ini karena satelit nano merupakan satelit yang kecil dengan harga yang murah serta mudah dalam mendesain dan mengaplikasikannya sehingga memberikan pengaruh yang besar terhadap *aerospace market*[2]. Satelit Nano menggunakan frekuensi 2400-2450 MHz dengan ketinggian sekitar 700km. Dengan frekuensi S-Band 2,4 GHz satelit nano pada Gambar 1 mampu mengorbit pada orbit *Low Earth Orbit (LEO)*. Satelit tersebut akan mengirimkan sinyal informasi ke stasiun bumi penerima satelit nano. Jarak pengiriman yang begitu jauh dan banyaknya gangguan yang

terjadi di sekitar luar angkasa menyebabkan sinyal informasi yang dikirimkan memiliki daya yang sangat lemah. Oleh karena itu, setelah sinyal informasi diterima maka perlu dikuatkan oleh penguat dibagian penerima atau penguat yang ada di stasiun bumi, agar level daya yang dikirimkan cukup besar sehingga dapat diproses oleh stage selanjutnya[3]. Umumnya penelitian terkait Low Noise Amplifier (LNA) pada frekuensi S-Band menggunakan mikrostrip dengan ukuran yang lebih kecil namun harus presisi terhadap dimensi mikrostripnya. Pada penelitian ini merancang penguat *receiver* (*Low Noise Amplifier*) dua tingkat menggunakan lumped element. LNA berfungsi untuk menguatkan sinyal dengan nilai noise yang teta kecil[4].

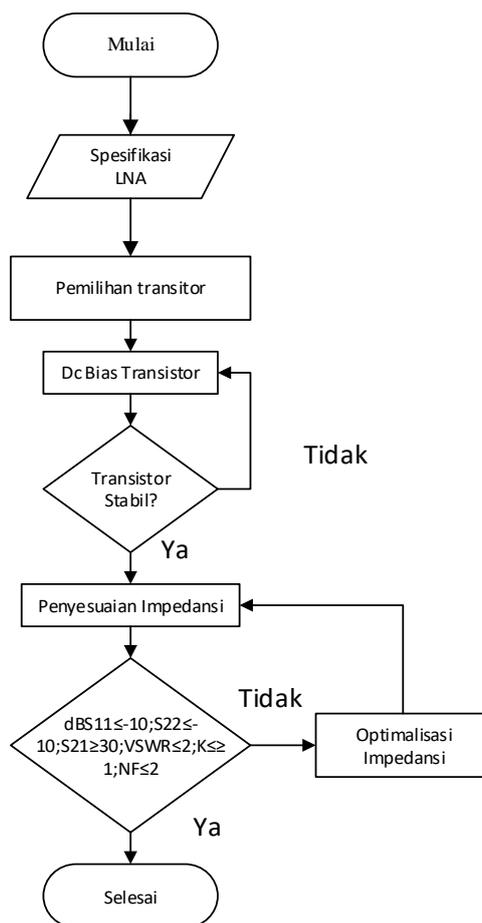
Pada komunikasi nirkabel, LNA harus mampu menerima sinyal sangat lemah dari pengirim dan memperkuat sinyal tersebut agar mencapai level yang cukup untuk dikirim ke perangkat penerima[5]. Rangkaian penguat (*amplifier*) dapat melipat gandakan sinyal input AC yang kecil disebabkan karena rangkaian tersebut mendapatkan tegangan DC dari luar. Oleh karena itu setiap analisis maupun perencanaan rangkaian penguat terdapat dua komponen, yaitu AC dan DC. Level DC dari suatu rangkaian menentukan titik kerja transistor yang digunakan. Paramater yang perlu diperhatikan dalam perancangan LNA yaitu *gain*, *noise figure*, *input* dan *output impedance matching* serta kestabilan[6]. Gain dan *noise figure* harus didapat berdasarkan spesifikasi dengan konsumsi daya minimum[7]. Penyesuaian impedansi adalah suatu upaya untuk menyesuaikan impedansi beban dengan impedansi karakteristik saluran, agar transfer energi dari saluran menuju beban dapat berlangsung secara efisien (tidak ada energi yang terbuang atau terpantul), impedansi harus sesuai. Efek terburuk dari impedansi yang tidak sesuai adalah timbulnya daya pantul (*reflected power*) dari beban. Daya pantul yang kembali akan merusak rangkaian sebelumnya. Agar tidak terjadi kerusakan, perlu dilakukan penyesuaian impedansi (*matching impedance*) pada beban sehingga sesuai dengan impedansi saluran. Nilai *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) mengindikasikan seberapa baik penyesuaian impedansi yang dilakukan.

METODE

Perancangan LNA ini dengan dua tingkat penguatan seperti Gambar 1. yakni menggabungkan *matching impedance* dengan penguat transistor yang diberi sinyal input AC 2,4 GHz untuk pengujian bias transistor. Saluran yang dipakai menggunakan saluran dengan impedansi $Z_0=50$ ohm. Biasing dilakukan untuk menentukan titik kerja optimal pada transistor dengan tipe *divided bias*. Penyesuaian impedansi pada perancangan ini menggunakan penyesuaian impedansi tipe L dengan metoda *lumped element*. Pemilihan transistor ini karena spesifikasi dari *datasheet* menunjukkan spesifikasi yang dibutuhkan dalam perancangan penguat *receiver* ini yaitu bekerja pada 2,4 GHz dengan parameter $|S_{11}| \leq -10$ dan ini baik untuk perancangan LNA.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

1. Spesifikasi nano satelit yang diteliti mengacu pada nano satelit GOLIAT[8] seperti pada Tabel

Tabel 1. Spesifikasi Nano Satelit GOLIAT

No	Nama Parameter	Spesifikasi
1	Antena	Monopole dengan gain 2,2 dB
2	Daya pancar	1 Watt
3	Dimensi	10 x 10 x 10 cm
4	Berat	1 Kg
5	Bit Rate	83 Kbps
6	Modulasi	Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK)
7	Orbit	Low Earth Orbit
8	Frekuensi kerja	2,4 GHz

Pada penelitian ini , LNA dirancang dengan konfigurasi dual-stage amplifier . Hal ini dilakukan agar diperoleh nilai gain yang besar [9]. Pada tahap awal perancangan berdasarkan Gambar 2. yakni menentukan terlebih dahulu spesifikasi LNA untuk satelit nano. Menentukan spesifikasi sistem yang akan dirancang dengan berdasarkan standar yang didapat seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Low Noise Amplifier

No.	Parameter	Spesifikasi LNA
1	Frekuensi	2,4 GHz
2	S_{11}	≤ -10 dB
3	S_{22}	≤ -10 dB
4	Gain (S_{21})	≥ 20 dB
5	Noise Figure	≤ 2 dB
6	Faktor Kestabilan	≥ 1
7	VSWR	≤ 1

Salah satu komponen penting dalam perancangan LNA adalah sebuah transistor [10]. Pemilihan transistor yang cocok untuk keperluan desain dengan pertimbangan sesuai dengan target yang akan dicapai [11]. Komponen yang didapat adalah transistor ATF 34143 [12]. Tahap selanjutnya melakukan proses merancang rangkaian DC pada transistor agar transistor berada pada posisi kerja optimal dan mengecek kestabilan transistor pada frekuensi kerja. Parameter S digunakan untuk menentukan stabilitas/kemantapan suatu transistor [13]. Apabila transistor tidak stabil maka harus merubah komponen RLC dan melakukan optimasi, tetapi apabila transistor stabil maka akan masuk ke tahap selanjutnya yaitu penyesuaian impedansi. Apabila S_{11} dan S_{22} tidak sesuai yang dengan spesifikasi perancangan yaitu $|S_{11}| < -10$ maka dilakukan perhitungan lagi untuk *lumped element*, atau melakukan optimalisasi dengan *men-tunning lumped element* dengan bantuan *software ADS*.

Metode yang dilakukan pada perancangan ini adalah dua tingkat penguatan dengan DC bias yaitu *divided bias* dengan pengoptimalan menggunakan *matching impedance* tipe *L network* dengan *lumped element* RCL. Pada proses perancangan penguat *receiver* untuk nano satelit ini menggunakan *software Advance Design System (ADS)* yang merupakan program profesional khusus untuk merancang rangkaian *microwave*. Pada pemilihan transistor, yang harus diperhatikan adalah rating arus yang memadai dengan kemampuan menghasilkan *gain*, *output power* dan efisiensi daya yang dihasilkan sesuai spesifikasi yang diharapkan. Dari *datasheet* ATF 34143 dinilai baik untuk digunakan dalam perancangan LNA ini karena $|S_{11}| < 1$ saat bekerja pada 2,4 GHz, memiliki kekuatan *power* yang besar dan efisiensi *power output* yang besar pula. Parameter titik kerja transistor digunakan untuk menghitung nilai komponen yang akan disimulasikan [13] seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Transistor ATF 34143

No.	Nama Parameter	Simbol	Nilai
1	Tegangan Drain-Source	V_{ds}	4 V
2	Arus Drain-Source	I_{ds}	60 mA
3	Tegangan Gate-Source	V_{gs}	0,34 V
4	Gate Leakage Current	I_{gss}	300 μ A

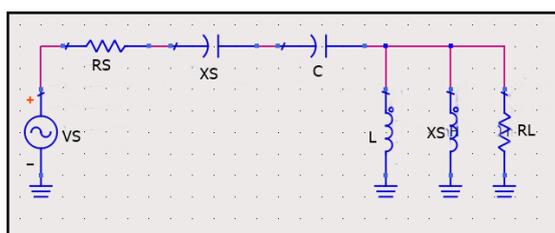
Perancangan menggunakan *DC Bias* pasif yaitu berupa resistor. Berdasarkan nilai spesifik elektrik yang didapatkan dari *datasheet* transistor ATF-34143 sehingga diperoleh nilai sebagai berikut pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Parameter DC Bias

No.	Parameter	Nilai
1	IBB	3 mA
2	R1	133,33 Ω
3	R2	1220 Ω
4	R3	31,746 Ω

Pada proses desain *impedance matching circuit* menggunakan *software* ADS yang dengan *smithchart* untuk mencari nilai komponen dan perhitungan matematis, lalu dilakukan simulasi. Dalam tahap mencari *impedance matching circuit* hal yang harus diketahui adalah impedansi saluran standar yaitu $Z_0=50$ ohm dan impedansi Z_{in} , Z_{out} dari transistor yang akan digunakan, Z_{in} dan Z_{out} transistor didapatkan dengan mensimulasikan S-parameter pada *software* ADS dengan hasil simulasi adalah bilangan kompleks, maka didapat Z_{in} adalah $15,998-j28,779$ dan Z_{out} adalah $21,665+j2,772$.

Penelitian ini menggunakan prinsip penyesuaian impedansi dengan metode absorpsi. Jika $R_1 > R_s$ maka rangkaian penyesuai impedansi L kanan seperti pada Gambar 3 lalu konversi Z_1 seri ke parallel. Jika $R_1 < R_s$ maka rangkaian penyesuai impedansi L kiri terlihat di Gambar 4 maka tentukan sifat filter lalu konversi Z_s seri ke parallel [14]. Nilai-nilai komponen pada Gambar 3 diperoleh menggunakan persamaan 1-10 [14].



Gambar 3. Rangkaian Penyesuai Impedansi Tipe L XS Paralel

$$QS = \frac{XS}{RS} \quad (1)$$

$$RP = RS(1 + QS^2) \quad (2)$$

$$QP = \frac{RP}{XP} \rightarrow XP = \frac{RP}{QP} \quad (3)$$

Q total dengan menggunakan R_L dan R_s ,

$$Q = \sqrt{\frac{RP}{RS}} - 1 \quad (4)$$

Q total untuk mencari reaktansi totalnya

$$QP = \frac{RP}{XP} \rightarrow XP = \frac{RP}{QP} \quad (5)$$

Nilai reaktansi sebenarnya pada masing-masing reaktansi total

$$XP = \frac{XL \cdot QP}{XL + QP} \rightarrow \frac{1}{XL} = \frac{1}{XP} - \frac{1}{QP} \quad (6)$$

$$L = XL / 2\pi F \quad (7)$$

$$QS = \frac{XS}{RS} \rightarrow XS = QS \cdot RS \quad (8)$$

$$XS = ZXS + XC \rightarrow XC = XS - ZXS \quad (9)$$

$$C = \frac{1}{2\pi F XC} \quad (10)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metode dan perhitungan maka diperoleh nilai-nilai komponen untuk penyesuaian impedansi seperti di Tabel 4. Nilai tersebut selanjutnya dimasukkan ke *software* untuk disimulasi serta dianalisa. Terjadi perbedaan antara nilai komponen sebelum digabung dan nilai komponen setelah di gabung, selisih antara nilai komponen sebelum dan sesudah di gabung dengan transistor dinilai tidak terlalu jauh, ini menandakan perhitungan penyesuaian impedansi telah berhasil, tetapi

tetap memiliki perbedaan karena setelah penggabungan antara *input* dan *output* komponen akan saling mempengaruhi dan mengurangi maka dari itu dibutuhkan *tunning* untuk mendapat nilai yang paling baik.

Pada Tabel 5 terlihat perbedaan parameter sebelum dilakukan bias DC dengan setelah optimalisasi. Parameter S_{11} masih berada besar dari -10 dB walaupun sudah dilakukan optimalisasi. Lain halnya dengan parameter S_{22} baik sebelum maupun sesudah optimalisasi, nilainya masih tetap kecil dari -20 dB yakni -49,789 dB. Parameter S_{21} sebagai indikasi dari gain LNA mengalami kenaikan setelah optimalisasi pada bagian bias DC menjadi 28,291 dB. Awalnya nilai faktor kestabilan (K) transistor masih < 1 artinya transistor belum stabil. Oleh karena itu perlu dilakukan optimalisasi sehingga Faktor K menjadi 3,387 yang mana nilai $K > 1$ menandakan bahwa transistor stabil tak bersyarat.

Tabel 5. Hasil Simulasi DC Bias

Parameter	Sebelum Bias DC	Setelah Optimasi
S_{11}	Mag	0,698
	Ang	-147,400
	dB	-3,123
S_{22}	Mag	0,075
	Ang	23,400
	dB	-22,545
S_{21}	Mag	6,361
	Ang	75,800
	dB	16,070
S_{12}	Mag	0,192
	Ang	-151,200
	dB	-14,334
Faktor K	0,652	3,387
NF	0,601	0,635
Z input (Ohm)	12,452-j28,630	15,998-j28,279
Z output (Ohm)	39,031-j13,001	21,665+j2,772

Impedance matching pada penelitian ini menggunakan *L network* dengan filter *High Pass* menggunakan komponen L dan C. Hasil nilai komponen L dan C terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Komponen Penyepadan Impedansi

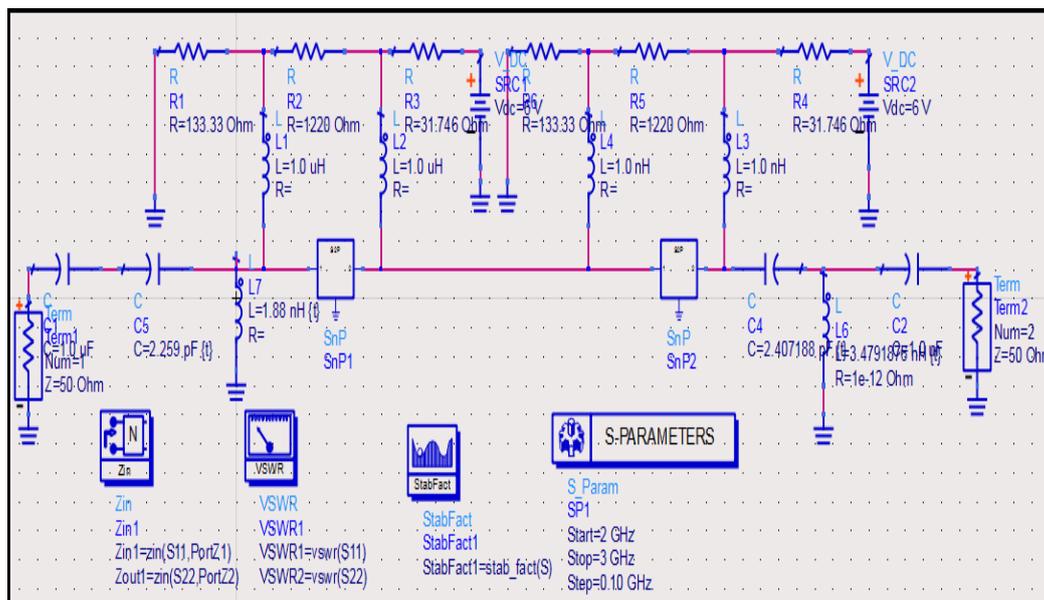
Keterangan	Komponen			
	Input		Output	
	L (nH)	C (pF)	L (nH)	C (pF)
Perhitungan	2,3	1,9	2,9	3,0
Simulasi	1,8756	2,4320	2,8993	2,4071
Selisih	0,425	0,6131	0,01	0,6

Proses optimalisasi pada bagian bias DC ternyata masih belum memberikan hasil yang maksimal dari sisi *input return loss* (S_{11}). Hal ini menandakan bahwa LNA masih belum sepadan pada bagian masukan. Oleh karena itu perlu dilakukannya optimasi pada bagian penyepadan impedansi. Hasil optimasi terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Komponen Matching Impedance Setelah Optimasi

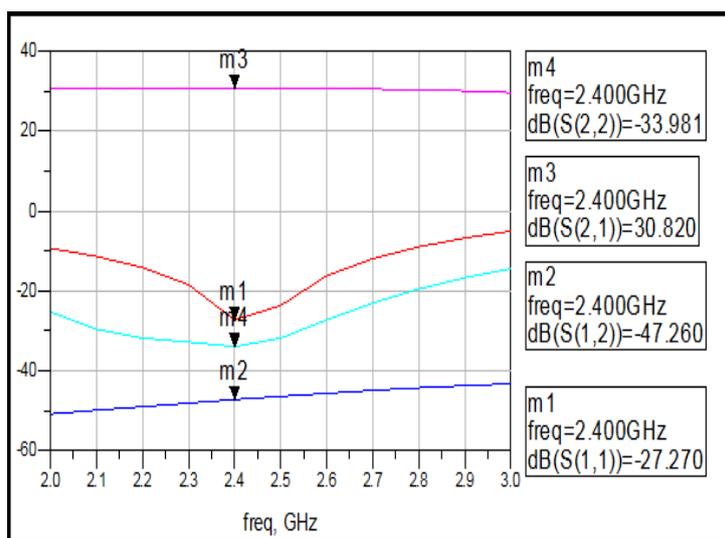
Keterangan	Komponen			
	Input		Output	
	L (nH)	C (pF)	L (nH)	C (pF)
Perhitungan	1,8756	2,4320	2,8993	2,4071

Optimalisasi	1,8756	2,4320	2,8993	3,4791
Selisih	0	0	0	1,072



Gambar 4. Rangkaian Keseluruhan Sistem

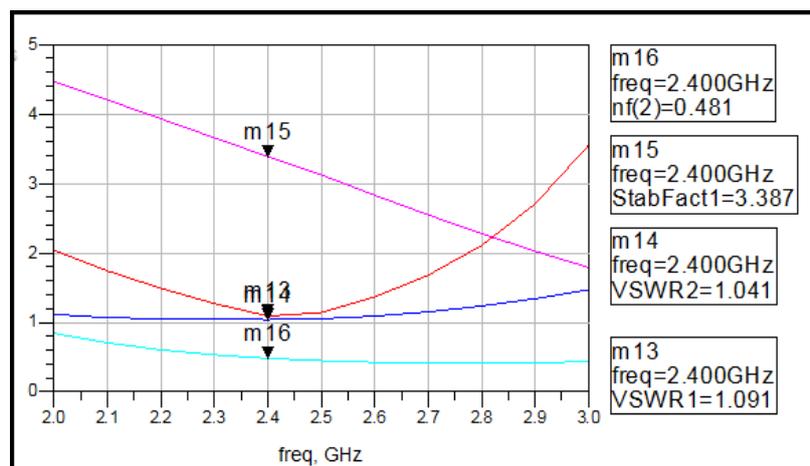
Berdasarkan Gambar 4 perancangan LNA ini menggunakan penguatan dua tingkat dengan bias transistor yaitu *divided bias* dan penyesuaian impedansi dengan tipe L menggunakan metode *lumped element*. Setelah didapat seluruh nilai komponen dari hasil perhitungan dan optimalisasi maka langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi pada *software ADS*.



Gambar 5. Hasil S-Parameter.

Input return loss (IRL) atau parameter S11 didapat -27,270 dB. *Output return loss* (ORL) atau parameter S22 didapat -33,981 dB. Target perancangan dari LNA ini adalah ORL dan $IRL \geq -10$ dB, ini menandakan bahwa hasil parameter S₁₁ dan S₂₂ pada perancangan ini telah memenuhi. LNA menguatkan sinyal (memberikan *gain*) untuk menghindari *losses* di rangkaian pasif[15]. Parameter S₂₁ adalah penguatan atau *gain* yang dihasilkan oleh sistem penguat, S₂₁ yang direncanakan pada perancangan ini adalah $gain \geq 30$ dB, S₂₁ yang diperoleh setelah melakukan biasing dan

penyesuaian impedansi adalah 30,820 dB, maka parameter S_{21} telah terpenuhi sebagai syarat perencanaan LNA ini. Pada Gambar 7 akan ditunjukkan nilai dari beberapa parameter *Quality of Service* (QoS) seperti *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), *noise figure*, dan faktor kestabilan.



Gambar 6. Hasil *Quality of Service*

Pada perancangan alat ini VSWR didapat VSWR *input* ($VSWR_1$) 1,091 dan VSWR *output* ($VSWR_2$) 1,041, *noise figure* didapat sebesar 0,481 dan Faktor K didapat sebesar 3,387. Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa parameter tersebut telah memenuhi standar dari kebutuhan nano satelit. Berdasarkan data pada Tabel 8 nilai impedansi pada penguat telah mendekati Z_0 yaitu 50 ohm dengan nilai *real* Z_{in} adalah 45,999 Ohm dan nilai *real* Z_{out} adalah 48,040 Ohm.

Tabel 8. Nilai Impedansi

No.	Parameter	Sebelum Penyesuaian Impedansi	Setelah Penyesuaian Impedansi
1	Z_i	15,998 – $j28,279$	45,999 – $j1,129$
2	Z_o	21,665 – 2,772	48,040 – 0,001

PENUTUP

Nilai parameter hasil perancangan didapat : $S_{11}=-27,27$ dB; $S_{22}=-33,9$ dB; $S_{21}=30,82$ dB; $VSWR_1=1,091$; $VSWR_2=1,04$; $NF=0,481$; $K=3,387$. Hasil ini telah memenuhi kebutuhan untuk penguat pada satelit nano. Nilai impedansi setelah perancangan adalah $Z_{in} = 45,999 - j1,129\Omega$; $Z_{out} = 48,040 - j0,001\Omega$ dan $Z_0=50 \Omega$. Nilai Impedansi menentukan keberhasilan input dan output return loss, karena semakin nilai impedansi mendekati Z_0 maka nilai input dan output return loss akan semakin rendah. Pada penelitian selanjutnya agar hasil yang diperoleh lebih baik maka pada saat perancangan rangkaian penyesuaian impedansi bisa menggunakan mikrostrip dengan perpaduan *lumped element*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ardianto, B. Arifin, and E. N. Budisusila, "Rancang Bangun Sistem Pengisian dan Penutup Botol Otomatis Berdasarkan Tinggi Botol Berbasis Programmable Logic Controller," *J. Tek. Elektro dan Vokasional*, vol. 7, no. 1, pp. 114–127, 2021.
- [2] H. Ali, A. Ali, M. Rizwan Mughal, L. Reyneri, C. Sansoe, and J. Praks, "Modular design of RF front end for a nanosatellite communication subsystem tile using low-cost commercial components," *Int. J. Aerosp. Eng.*, vol. 2019, pp. 1–11, 2019, doi: 10.1155/2019/8174158.
- [3] A. Z. Millatisilmi, I. Mas, S. Suraatmadja, I. Y. Wahyu, and S. T. Mt, "Perancangan Dan Realisasi Low Noise

- Amplifier Frekuensi S-Band (2,425 GHz) Untuk Aplikasi Stasiun Bumi Satelit Nano,” *Tugas Akhir*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [4] 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*, vol. 2, no. 2, pp. 20–26, 2013.
- [5] J. Charisma, Atik; Suryana, “Penguat Dua Arah Pada Frekuensi 2,3 GHz untuk Smart Antenna,” in *Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO)*, 2015, pp. 52–57.
- [6] M. R. Hanafiah, “Perancangan dan Implementasi Penguat Berderau Rendah untuk Aplikasi Stasiun Bumi Penerima Satelit Nano pada Frekuensi 2,4 - 2,5 GHz Berbasis Mikrostrip,” Bandung, 2013.
- [7] S. Mutmainah, G. Hendratoro, I. Pendahuluan, N. N. Figu, and B. Dow, “Pada S -Band Frekuensi 2400 Mhz Untuk Stasiun Bumi Satelit Nano,” *J. Tek. POMITS*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [8] F. Khaznasari and J. Suryana, “Desain Dan Implementasi Ground Model Satelit Nano Dengan Subsistem Komunikasi Pada Frekuensi S-Band (Design and Implementation of Ground Model Nano-Satellite With S-Band Frequency Communication Subsystem),” *J. Teknol. Dirgant.*, vol. 15, no. 1, p. 59, 2017, doi: 10.30536/j.tkd.2017.v15.a2372.
- [9] Y. Taryana, Y. Sulaeman, Y. Wahyu, N. Armi, K. Paramayudha, and R. A. Rojak, “Design of two stage low noise amplifier using double stub matching network,” in *Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing, ICARES 2015*, 2016, no. 2, pp. 0–4, doi: 10.1109/ICARES.2015.7429833.
- [10] A. Charisma and A. Muflihati, “Perancangan Low Noise Amplifier Menggunakan Metode T-Junction pada Frekuensi 3 GHz,” *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 3, no. 2, p. 225, 2018, doi: 10.31544/jtera.v3.i2.2018.225-230.
- [11] W. Ritonga, B. S. A.; Hariyawan, M. Y.; Khabzli, “Perancangan Low Noise Amplifier 1,5 - 8 GHz,” *J. Aksara Elem.*, vol. 2, no. 1, 2012.
- [12] A. Technologies, “ATF-34143,” 2008. <https://www.richardsonrfpd.com/docs/rfpd/AV02-1283en.pdf> (accessed Mar. 06, 2020).
- [13] A. Karyana, Y. S. Rohmah, and B. Prasetya, “Realisasi LNA Dua Tingkat dengan Teknik Penyesuai Impedansi Trafo $\lambda/4$ dan Lumped Element untuk DVB-T2,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i1.1.
- [14] D. M. Pozar, *No Microwave Engineering*, 2nd ed. New York: John Willey & Sons, 1998.
- [15] G. Wibisono and F. T. Andarto, “Perancangan Dan Simulasi Low Noise Amplifier Untuk Penerima Automatic Picture Transmission Dan High Resolution Picture Transmission,” *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–14, 2014.

Biodata Penulis

Atik Charisma, Dosen dan peneliti di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani. Menyelesaikan pendidikan S-2 di Institut Teknologi Bandung dengan konsentrasi keahlian Teknik Telekomunikasi.

Devin Dwi Nugraha, Sarjana Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani bidang konsentrasi bidang keahlian Teknik Telekomunikasi dan Informasi

Ade Sena Permana, Dosen, peneliti, Ketua Kelompok Bidang Keahlian Teknik Telekomunikasi di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani. dan Informasi serta Karo Sistem Informasi & Humas Universitas Jenderal Achmad Yani. Menyelesaikan pendidikan S-2 di Institut Teknologi Bandung.