

Low Noise Amplifier untuk Antena dengan Frekuensi Kerja 3.5 GHz

1st Andi Bangsawan M. Ali

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

andibangsawanmali@student.telkomuni-
versity.ac.id

2nd Bambang Sumajudin

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

bambangsumajudin@telkomuniversity.
ac.id

3rd Edwar

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

edwar@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Dalam tulisan ini telah dilakukan realisasi perangkat *Low Noise Amplifier* dengan frekuensi kerja 3,5 GHz. LNA dibuat berdasarkan datasheet dan software yang digunakan untuk *design PCB* adalah EAGLE. Komponen aktif untuk LNA menggunakan transistor PGA-102+. Dari website produsen PGA-102+ didapat parameter S, dimana $S_{11} = 0,301 < 168,465^\circ$, $S_{12} = 0,082 < -16,39^\circ$, $S_{21} = 3,98 < 44,45^\circ$, $S_{22} = 0,127 < 172,48^\circ$ sehingga nilai kestabilan penguat adalah 1,45. Nilai *Noise Figure* dan *Gain* berdasarkan datasheet adalah 2,89 dB dan 12 dB. Sedangkan hasil realisasi LNA dengan kabel loss sebesar 2,8 dB untuk *Noise Figure* dan *Gain* adalah 4,71 dB dan 13,13 dB.

Kata kunci— LNA, EAGLE, datasheet, PGA-102+

I. PENDAHULUAN

Isu umum yang sering timbul pada semua perangkat penerima sinyal (receiver) adalah kelemahan daya sinyal yang diterima. Keadaan ini timbul akibat faktor-faktor tertentu, termasuk kebisingan yang menyertainya dalam sinyal, gangguan yang timbul selama transmisi, serta jarak yang terbentang antara pengirim dan penerima. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan penguat daya dalam sistem penerima, yang dikenal sebagai Low Noise Amplifier (LNA), yang ditempatkan sejajar dengan antena penerima pada sisi receiver. Fungsinya adalah untuk meningkatkan intensitas sinyal sambil tetap meminimalkan tingkat kebisingan[1]. Sejumlah parameter yang krusial dalam perancangan LNA mencakup faktor kestabilan (K), penguatan (gain), Noise Figure (NF), dan Voltage Standing Wave Ratio (VSWR).

Dalam penelitian ini, telah merealisasikan dan mengimplementasikan LNA yang dapat beroperasi pada frekuensi 3,5 GHz. Transistor yang digunakan dalam perancangan LNA adalah transistor PGA-102+, dengan substrat FR4 Epoxy. LNA yang dihasilkan memiliki spesifikasi *gain* >12 dB, *Noise Figure* (NF) <5 dB, serta VSWR input dan output yang lebih kecil dari 2.

II. KAJIAN TEORI

A. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip ialah jenis antena yang memperlihatkan kemiripan dengan lembaran tipis seperti papan, dan memiliki kemampuan untuk mengeluarkan serta menerima gelombang elektromagnetik yang berkisar pada frekuensi tinggi[2]. Dalam tambahan, antena mikrostrip menonjolkan dimensi yang kecil serta bobot yang ringan, yang memungkinkan pemasangan mudah pada perangkat yang sangat padat seperti ponsel, modem, dan laptop. Meskipun begitu, karena dimensinya yang terbatas dan rata, antena mikrostrip terkait dengan kelemahan pada penguatan yang rendah dan keterbatasan *bandwidth*.

B. Low Noise Amplifier

Low Noise Amplifier (LNA) merupakan sebuah komponen yang digunakan untuk memperkuat sinyal yang diterima oleh antena penerima, LNA harus mempunyai *noise* yang kecil dan *gain* (penguatan) yang tinggi. LNA sendiri adalah komponen yang sangat penting pada bagian penerima (*receiver*) untuk realisasi sistem komunikasi satelit, antena, dan juga teknologi radar. Namun, pada sistem komunikasi tersebut sinyal yang ditangkap oleh antena penerima adalah sinyal yang sangat lemah yang sudah terpengaruh oleh *noise*. Kehadiran *noise* dapat mempengaruhi informasi yang terkandung dalam sinyal, sehingga semakin tinggi tingkat kebisingan, semakin sedikit informasi yang dapat diterima oleh penerima[3]. Dengan menambahkan LNA, *noise* pada sistem komunikasi tersebut tetap akan bertambah, namun agar tambahan *noise* tersebut tidak berpengaruh besar pada sistem *receiver*, maka kontribusi *noise* yang diberikan oleh LNA harus sekecil mungkin pada sinyal yang diperkuat.

III. METODE

Perancangan *Low Noise Amplifier* dilakukan berdasarkan datasheet dari produsen transistor yang digunakan, setelah realisasi LNA berikutnya adalah pengukuran secara *realtime*

A. Spesifikasi Antena Mikrostrip

Desain antena mikrostrip yang telah dioptimasi akan menuju tahap realisasi, hasil realisasi akan melewati proses pengukuran dengan bantuan alat VNA untuk mengetahui nilai parameter seperti *return loss*, VSWR, *axial ratio*,

bandwidth, gain dan pola radiasi. Spesifikasi dari antena microstrip yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

TABEL 3.1
(Spesifikasi Antena Microstrip)

No	Parameter	Rincian
1.	Frekuensi	3,5 GHz
2.	Return Loss	≤ -10 dB
3.	VSWR	1-2
4.	Bandwidth	> 50 MHz
5.	Gain	≥ 3 dB
6.	Pola Radiasi	uni-directional
7.	Axial Ratio	- 3 dB ≤ AR < 40 dB = Elips

B. Spesifikasi LNA

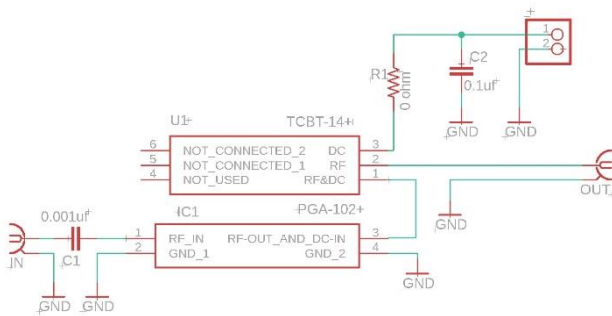
Desain LNA yang dibuat berdasarkan spesifikasi datasheet untuk frekuensi 3,5 GHz dapat dilihat pada Tabel 3.2.

TABEL 3.2
(Spesifikasi LNA)

No	Parameter	Rincian
1.	Frekuensi	3,5 GHz
2.	VSWR	1-2
3.	Gain	≥ 12 dB
4.	Noise Figure	<5 dB

C. Perancangan Low Noise Amplifier

Dalam pembuatan LNA, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan transistor. Pada penelitian ini, transistor yang digunakan adalah *monolithic amplifier* PGA-102+, karena pembuatan didasari dengan datasheet transistor maka desain PCB di LNA dapat mengikuti rangkaian skematik yang ada. Rangkaian skematik dapat dilihat pada Gambar 3.1.



GAMBAR 3.1
(Rangkaian Skematik LNA)

TABEL 3.3
(Komponen LNA)

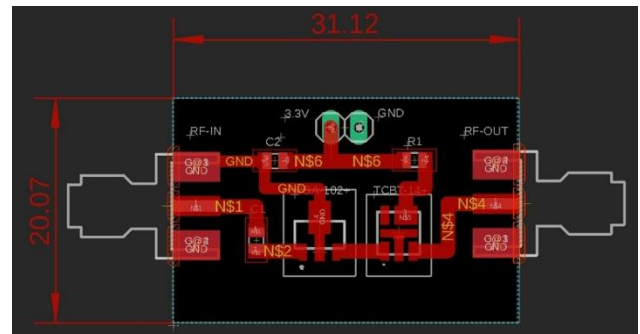
Komponen	Nilai
DUT	PGA-102+
C1	0,1 uF
C2	0,001 uF
R1	0 Ohm
BIAS TEE	TCBT-14+

Untuk menghubungkan komponen – komponen di papan PCB, dapat menggunakan rumus lebar jalur microstrip. Rumusnya sebagai berikut:

$$A = \frac{z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon r + 1}{2}} + \frac{\epsilon r - 1}{\epsilon r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon r} \right) \quad (1)$$

$$\frac{w}{h} = \frac{8e^A}{e^A - 2} \quad (2)$$

Setelah menentukan lebar jalur penghubung komponen, LNA dapat di desain dengan software EAGLE. Berikut hasil desain pada software EAGLE dapat dilihat pada Gambar 3.2



GAMBAR 3.2
(Design PCB PGA-102+ pada software EAGLE)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi LNA

Pengukuran LNA dapat dilakukan setelah melakukan realisasi. Pengukuran dilakukan dengan bantuan alat *Spectrum Analyzer* dan *Vector Network Analyzer*. Untuk hasil fabrikasi LNA dapat dilihat pada gambar 4.1.



GAMBAR 4.1
(Hasil Fabrikasi LNA)

B. Pengukuran Gain LNA

Berikut merupakan proses pengukuran gain pada frekuensi 3,5 GHz.



GAMBAR 4.2
(Hasil pengukuran gain pada frekuensi 3,5 GHz)

Untuk memperoleh nilai gain pada pengukuran digunakan rumus sebagai berikut :

$$Gain = P_{Out} - P_{In} + Cable Loss \quad (3)$$

Dengan menggunakan persamaan (3), pada pengukuran ini nilai *cable loss* sebesar 2,8 dB, dengan nilai P_{In} sebesar 50 dB maka diperoleh *gain* yaitu 13,13 dB.

C. Pengukuran Noise Figure LNA

Pengukuran noise figure dilakukan dengan metode SINR, metode ini memiliki konsep perhitungan dari selisih SINR_{out} dan SINR_{in}. Ada beberapa variabel yang harus dipenuhi untuk menghitung NF dengan metode ini, yaitu P_{In} , N_{In} dan P_{Out} , N_{Out} [4]. Berikut merupakan data dari tiap-tiap variable yang telah didapatkan :

TABEL 4.1
(Perolehan data variable)

P_{In}	N_{In}	P_{Out}	N_{Out}
-50 dBm	-72,40 dBm	-39,67 dBm	-57,63 dBm

Untuk memperoleh Noise Figure dapat menggunakan rumus berikut :

$$Noise\ Figure = [(P_{In} - N_{In}) - (P_{Out} - N_{Out})] \tag{4}$$

Dengan menggunakan persamaan (4) maka diperoleh nilai Noise Figure yaitu 4,71 dB.

D. Pengukuran VSWR LNA

Berikut merupakan hasil pengukuran VSWR input dan Output pada frekuensi 3,5 GHz.



GAMBAR 4.3
(VSWR input pada frekuensi 3,5 GHz)



GAMBAR 4.4
(VSWR output pada frekuensi 3,5 GHz)

TABEL 4.2
(Perolehan Nilai VSWR)

Frekuensi	VSWR _{Input}	VSWR _{Output}
3,5 GHz	2,29	1,43

E. Pengukuran Nilai Gain Antena yang Terhubung LNA

Untuk mengetahui nilai gain keseluruhan, terlebih dahulu harus dilakukan pengukuran daya terima antenna ketika terhubung dengan LNA. Dari nilai daya terima ini juga dapat dilihat pola radiasi yang dimiliki oleh antenna Ketika terhubung dengan LNA. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran.

TABEL 4.3
(Data pola radiasi azimuth dan elevasi)

Sudut	Pola Radiasi (Azimuth)		Pola Radiasi (Elevasi)	
	Pengukuran LNA	Normalisasi	Pengukuran LNA	Normalisasi
0	-24.211	0	-30.266	-6.133
10	-24.408	-0.127	-30.362	-6.229
20	-24.281	0	-29.098	-4.965
30	-25.673	-0.247	-27.747	-3.614
40	-27.291	-1.865	-28.561	-4.428
50	-30.239	-4.813	-28.913	-4.780
60	-30.838	-5.412	-26.92	-2.787
70	-32.928	-7.502	-26.133	-2.000
80	-32.321	-6.895	-27.463	-3.330
90	-30.212	-4.786	-27.572	-3.439
100	-30.321	-4.895	-28.384	-4.251
110	-29.67	-4.244	-28.829	-4.696
120	-27.493	-2.067	-28.883	-4.750
130	-28.322	-2.896	-30.838	-6.705
140	-28.213	-2.787	-31.083	-6.950
150	-26.849	-1.423	-33.137	-9.004
160	-26.456	-1.03	-36.25	-12.117
170	-27.211	-1.785	-40.828	-16.695
180	-27.213	-1.787	-41.266	-17.133
190	-28.323	-2.897	-38.197	-14.064
200	-28.321	-2.895	-34.172	-10.039
210	-28.873	-3.447	-32.639	-8.506
220	-30.938	-5.512	-31.212	-7.079
230	-31.921	-6.495	-29.352	-5.219
240	-33.622	-8.196	-27.617	-3.484
250	-36.277	-10.851	-26.826	-2.693
260	-40.262	-14.836	-25.261	-1.128
270	-41.626	-16.2	-24.377	-0.244
280	-38.272	-12.846	-24.772	-0.639
290	-34.631	-9.205	-24.133	0.000
300	-32.172	-6.746	-25.274	-1.141
310	-31.107	-5.681	-27.837	-3.704
320	-29.272	-3.846	-30.121	-5.988
330	-27.172	-1.746	-30.172	-6.039
340	-26.883	-1.457	-32.379	-8.246
350	-25.426	0	-32.466	-8.333

Pada tabel diatas menunjukkan data pola radiasi azimuth dan pola radiasi elevasi dari pengukuran antenna mikrostrip dengan lapisan metasurface dengan diintegrasikan dengan LNA. dengan nilai minimum sebesar -24,211 dan nilai maksimum sebesar -41,626.

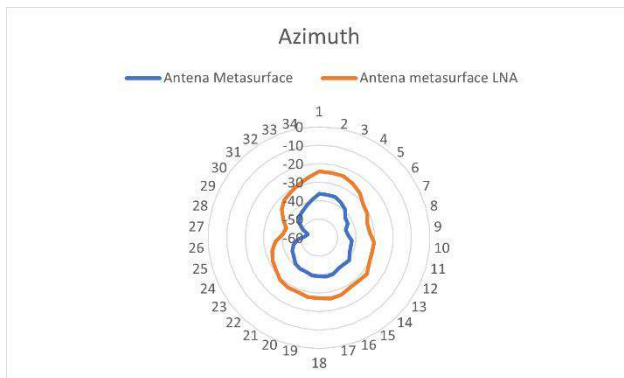
Pengukuran gain dilakukan berdasarkan hasil pengukuran pada pola radiasi, dimana daya terima maksimum yang dihasilkan pada sudut tertentu akan dijadikan perhitungan gain. Dengan daya terima yang di dapatkan -24,211 dapat dilihat pada tabel diatas. Rumus mencari gain sebagai berikut:

$$G_{Rx} = P_{rx} + L_{tx} - L_{rx} + FSL - G_{tx} \tag{5}$$

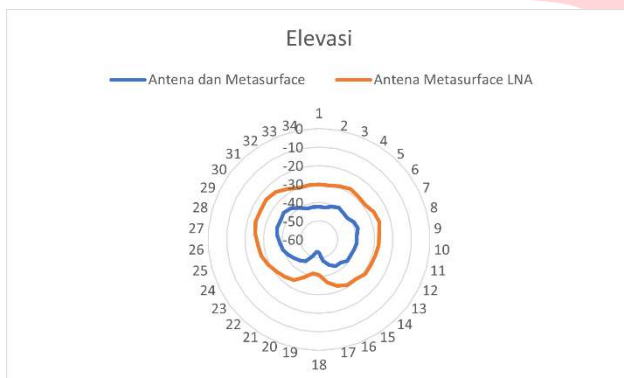
Dari persamaan (5), diketahui bahwa antenna mikrostrip yang telah di fabrikasi Ketika dilakukan pengukuran saat LNA terhubung memiliki gain sebesar 16,71 dBi.

F. Pola Radiasi Antena yang terhubung dengan LNA

Dengan menggunakan nilai tabel 4.3, nilai tersebut di masukkan ke software *microsoft excel* dan dilakukan plotting untuk menampilkan hasil gambar pola radiasinya. Berikut adalah gambar pola radiasi azimuth dan elevasi antena mikrostrip yang terhubung dengan LNA :



GAMBAR 4.5
(Pola Radiasi Azimuth)



GAMBAR 4.6
(Pola Radiasi Elevasi)

Dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6, hasil pengujian setelah antenna dihubungkan dengan LNA, dapat dilihat hasil pola radiasi antena tetap sama yaitu *bi-directional* ketika tak terhubung dan terhubung dengan LNA. Hanya saja ketika terhubung dengan LNA, terjadi pembesaran ukuran pola radiasi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan spesifikasi PGA-102+, dimana nilai *gain* >12 dB dan *Noise Figure* <5 dB serta nilai VSWR berdasarkan teori tidak lebih dari 2. Didapatkan hasil pengukuran LNA secara langsung dengan *gain* senilai 13,13 dB, *noise figure* sebesar 4,71 dB dan VSWR input dan output berturut turut adalah 2,29 dan 1,43. Terdapat ketidaksesuaian parameter VSWR input yang diinginkan hal ini bisa terjadi karena kualitas port yang tidak bagus, penyolderan secara manual serta adanya *loss* kabel pada sambungan port LNA. Terlepas dari hal tersebut, LNA tetap diuji Bersama dengan antena sehingga penulis dapat menyimpulkan dari penelitian

ini adalah adanya perbedaan nilai gain dan daya terima pada antena ketika tidak menggunakan LNA dan ketika menggunakan LNA. Gain antena yang pada penelitian adalah 4,61 dan Ketika dihubungkan dengan LNA terjadi penguatan sehingga gain akhirnya adalah 16,71 dBi. Adapun bentuk pola radiasi antena ketika tidak menggunakan LNA dan menggunakan LNA, dimana pola radiasinya tetap *bi-directional* hanya saja ketika menggunakan LNA terjadi pembesaran bentuk pola radiasi.

REFERENSI

- [1] G. Wibisono, T. Firmansyah, dan D. Ma'arang, "Perancangan LNA untuk Radar Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Pada Frekuensi 1090 MHz dengan Multistub Matching," *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 1, no. 1, hlm. 18, Mar 2016, doi: 10.36055/setrum.v1i1.473.
- [2] dan Dyan Nastiti Novikasari, "DESAIN DAN SIMULASI ANTENA MICROSTRIP SEMICIRCULAR HALF U-SLOT UNTUK APLIKASI MODEM GSM 1800 MHZ," 2013.
- [3] A. Charisma dkk., "Low Noise Amplifier Dual Stage dengan Metode π -Junction untuk Long Term Evolution (LTE) Low Noise Amplifier Dual Stage Using π -Junction Method for Long Term Evolution (LTE)," *TELKA*, vol. 8, no. 2, hlm. 116–125, 2022.
- [4] A. KARYANA, Y. S. ROHMAH, dan B. PRASETYA, "Realisasi LNA Dua Tingkat dengan Teknik Penyesuaian Impedansi Trafo $\lambda/4$ dan Lumped Element untuk DVB-T2," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 8, no. 1, hlm. 1, Jan 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i1.1.
- [5] Data sheet Transistor PGA-102+. <https://www.minicircuits.com/pdfs/PGA-102+.pdf> [Online] Mei 202