

Low Noise Amplifier Terintegrasi dengan Antena untuk Peningkatan Gain

1st Adelia Nabiza Putri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

adelianabizaputri@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

levyolivia@telkomuniversity.ac.id

3rd Edwar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

edwar@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Perkembangan teknologi saat ini sangat pesat dan salah satunya adalah teknologi 5G pada sistem komunikasi seluler generasi kelima setelah 4G. Pada teknologi 5G, data dikirimkan melalui gelombang radio yang memiliki perbedaan tersendiri. Untuk memenuhi kebutuhan perkembangan teknologi komunikasi saat ini, diperlukan perangkat antena yang merupakan perangkat komunikasi yang penting. Salah satu antena kecil yang cocok untuk kebutuhan teknologi 5G adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki keunggulan tipis dan ringan. Antena mikrostrip biasanya memiliki gain yang rendah karena ukurannya yang kecil. Oleh karena itu, diperlukan peralatan tambahan untuk mendukung antena mikrostrip agar memenuhi persyaratan teknis antena 3,5 GHz dalam teknologi 5G dan mencapai persyaratan penguatan yang diinginkan dengan tetap mempertahankan ukurannya yang ringkas. Pada model ini, penguat ditambahkan pada antena mikrostrip. Algoritma yang digunakan adalah mengintegrasikan footprint LNA (Low Noise Amplifier) ke dalam groundplane antena utama dengan memasang komponen penguat yang diperlukan.

Kata kunci— Antena 5G, Penguat, Mikrostrip

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini sangat pesat dan salah satunya adalah teknologi 5G sebagai sistem komunikasi seluler generasi kelima setelah 4G. Perbedaan dibagi sesuai tipe komunikasi yang dibutuhkan, yaitu siaran televisi, mobile data, dan sinyal navigasi. Untuk memenuhi tuntutan perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini, maka diperlukan antena yang menjadi perangkat penting untuk komunikasi bergerak dengan mengedepankan ukuran yang lebih kecil sesuai dengan kemajuan perangkat komunikasi Antena dengan ukuran kecil yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan teknologi 5G salah satunya adalah antena mikrostrip.

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki keunggulan tipis dan ringan. Antena mikrostrip biasanya memiliki gain yang rendah karena ukurannya yang kecil. Oleh karena itu, diperlukan peralatan tambahan untuk mendukung antena mikrostrip agar memenuhi persyaratan teknis antena 3,5 GHz dalam teknologi 5G dan mencapai persyaratan penguatan yang diinginkan dengan tetap mempertahankan ukurannya yang ringkas. Desain ini menambahkan penguat dan metasurface ke antena mikrostrip untuk meningkatkan gain.

II. KAJIAN TEORI

Penguat adalah perangkat elektronik atau sirkuit elektronik yang dirancang untuk memperkuat sinyal pada frekuensi tertentu. Fungsi dari penguat adalah untuk mendukung peningkatan gain sebagai penguat daya pada sisi pengirim. Jenis penguat yang digunakan adalah *Low Noise Amplifier*. LNA merupakan komponen yang digunakan untuk memperkuat sinyal yang dikirim atau diterima dan terletak di dekat antena sebagai sistem penerima (*receiver*).

A. Skenario Penggunaan

Antena mikrostrip yang dibuat memiliki frekuensi kerja 3,5 GHz. Antena mikrostrip akan terintegrasi dengan penguat pada bagian groundplane antena utama, memasang komponen yang diperlukan penguat. Pemasangan penguat agar dapat membantu untuk peningkatan gain.

B. Menjaga Integritas Spesifikasi

Frekuensi yang dilakukan pada Tugas Akhir ini yaitu memiliki rentang frekuensi 2-4 GHz, dengan target frekuensi 3,5 GHz. Bahan substrat yang digunakan untuk antena maupun penguat yang terintegrasi pada bagian *groundplane* antena utama adalah FR-4 epoxy dan menggunakan bahan tembaga.

TABEL 2.1
Parameter Antena

No	Parameter	Rincian
1.	Frekuensi Kerja	3,5 GHz
2.	Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>
3.	<i>Gain</i>	Min. 4 <i>dBi</i>
4.	<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB
5.	<i>Bandwidth</i>	> 100 MHz
6.	VSWR	$1 \geq \text{VSWR} < 2$
7.	Permitivitas Relatif (ϵ_r)	4,3
8.	Ketebalan Substrat (d)	1,6 mm
9.	Ketebalan tembaga	0,035 mm

III. METODE

LNA yang dipilih adalah PGA-102+ sebagai penguat. Untuk terintegrasi dengan antena penguat dipasangkan pada *groundplane* antena dengan metode DGS. Penambahan metode DGS tersebut bertujuan untuk memberi tempat pada penguat LNA agar dapat terintegrasi dengan antena.

Pada pengimplementasian antena mikrostrip, diperlukan penentuan dimensi dan bentuk awal antena untuk perancangan. Penentuan dimensi dilakukan dengan perhitungan untuk menentukan dimensi antena pada frekuensi 3,5 GHz.

1) Patch

Untuk mendapatkan lebar *patch*, gunakan persamaan (3.1) sebagai berikut:

$$W_p = \frac{c}{2fr\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \tag{3.1}$$

$$W_p = 26,326 \text{ mm}$$

Dimana,

- W_p = Lebar patch
- fr = Frekuensi Kerja
- C = Kecepatan Cahaya
- ϵ_r = Konstanta Dielektrik

Sementara untuk mendapatkan panjang *patch*, gunakan persamaan (3.2) sebagai berikut:

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L \tag{3.2}$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

Dimana,

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{w}}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = 3,904$$

$$L_{eff} = 21,69$$

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{eff}+0,3)\left(\frac{w}{h}+0,264\right)}{(\epsilon_{eff}-0,258)\left(\frac{w}{h}+0,8\right)}$$

$$\Delta L = 0,736$$

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L$$

$$L_p = 20,218 \text{ mm}$$

2) Groundplane

Untuk mendapatkan lebar dan panjang *groundplane*, gunakan persamaan (3.3) dan (3.4) sebagai berikut:

$$L_g = 6h + L_p \tag{3.3}$$

$$L_g = 6(1,6) + 20,218 = 29,818 \text{ mm}$$

$$W_g = 6h + W_p \tag{3.4}$$

$$W_g = 35,926 \text{ mm}$$

3) *Microstripline*

Untuk mendapatkan nilai lebar *feedline*, gunakan persamaan (3.5) sebagai berikut:

$$Wf = \frac{2h}{\pi} \times \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \times \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

Dimana,

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60\pi^2}{50\sqrt{4,3}} = 5,711$$

Sehingga,

$$Wf = 3,11 \text{ mm} \tag{3.5}$$

Sementara untuk mendapatkan panjang *feedline* menggunakan persamaan (3.6) sebagai berikut:

$$Lf = \frac{\lambda_g}{4} \tag{3.6}$$

Dimana,

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{fr}$$

$$\lambda_g = 43,378 \text{ mm} \quad \text{dan} \quad \lambda_0 = 85,71 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$Lf = 10,844 \text{ mm}$$

TABEL 3. 1
Parameter dimensi awal

Parameter	Nilai
Lebar patch (W_p)	26,326 mm
Panjang patch (L_p)	20,218 mm
Lebar ground plane (W_g)	35,926 mm
Panjang ground plane (L_g)	29,818 mm
Lebar Feed (Wf)	3,11 mm
Panjang Feed (Lf)	10,844 mm
Ketebalan substrat (h)	1,6 mm

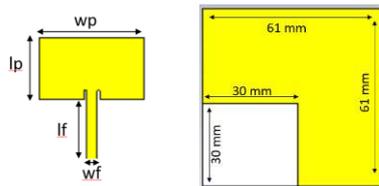
TABEL 3. 2
Parameter setelah di Optimasi

Parameter	Nilai
Panjang patch (L_p)	19,7 mm
Lebar Patch (W_p)	29,735 mm
Lebar ground plane (W_g)	38,14 mm
Panjang ground plane (L_g)	38,14 mm
Lebar Feed (Wf)	3,28 mm
Panjang feed (Lf)	19,07 mm
ketebalan substrat	1,6 mm
Gap insert feed (Gap)	1 mm
Panjang insert feed (l_{gap})	4 mm

A. Antena DGS

Antena yang telah di optimasi, dilakukan penambahan metode DGS yang berguna untuk tempat pemasangan penguat LNA. Pada perancangan antena dengan

penguat, terjadi perubahan dimensi antenna. Berikut dimensi antenna yang akan terintegrasi dengan penguat.



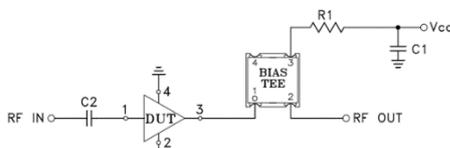
a) Tampak Depan b) Tampak Belakang
GAMBAR 3. 1
Antena Mikrostrip DGS

TABEL 3. 3
Parameter Antena DGS

Parameter	Nilai
Panjang patch (Lp)	20,6 mm
Lebar Patch (Wp)	34,4 mm
Lebar ground plane (Wg)	61 mm
Panjang ground plane (Lg)	61 mm
Lebar Feed (Wf)	3,4 mm
Panjang feed (Lf)	19,07 mm
ketebalan substrat	1,6 mm
Gap insert feed (Gap)	0,9 mm
Panjang insert feed (lgap)	2,9 mm

B. Perancangan

Saat merancang penguat LNA, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan komponen aktif. Komponen aktif yang digunakan adalah PGA-102+ yang dirancang memiliki rentang frekuensi 2-4 GHz. Selanjutnya dilakukan simulasi dengan perangkat lunak Advance Design System (ADS).

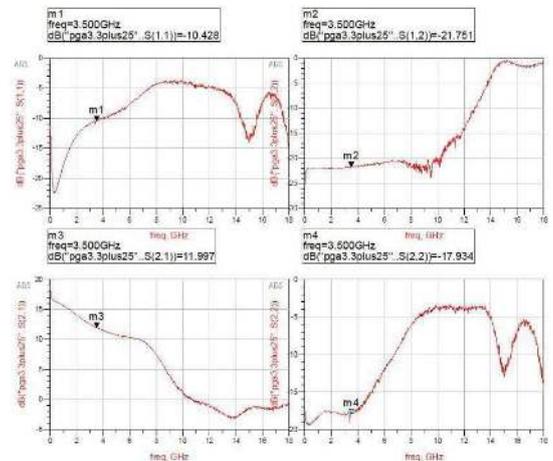


GAMBAR 3. 2
Skematik LNA

TABEL 3. 4
Keterangan Komponen

Komponen	Nilai
DUT	PGA – 102+
C1	0,1 uF
C2	0,001 uF
R1	0 Ω, 0,25 W
Bias Tee	Mini circuit TCBT-14+

Untuk mengetahui nilai S-parameter pada PGA -102+ yang digunakan, dibutuhkan software ADS untuk mengetahui S-parameter PGA-102+ untuk frekuensi 3,5 GHz. Hasil dari simulasi S parameter pada software ADS seperti pada Gambar 3.3 .



GAMBAR 3. 3
Nilai S Parameter

C. Faktor Kestabilan

Untuk dapat melihat hasil nilai kestabilan penguat terdapat persamaan dan untuk mencarinya, dilakukan dengan memasukkan nilai s-parameter.

$$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21} \tag{3.7}$$

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{12}S_{21}|} \tag{3.8}$$

Penentuan nilai K ditunjukkan pada persamaan (3.7) dan penentuan determinan (Δ) dapat dilihat pada persamaan (3.8). Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai K, K = 1,359 dan Δ = 0,93∠ 312,8. Kestabilan penguat dalam keadaan stabil tanpa syarat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

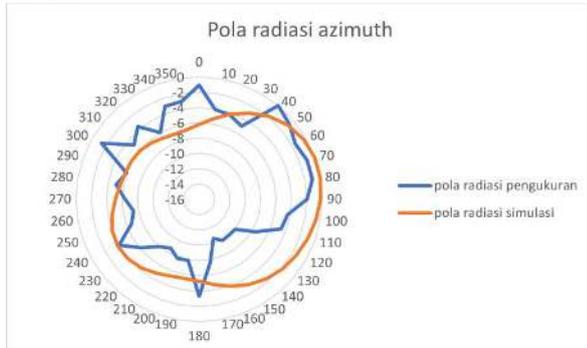
Pengujian antenna dan penguat hasil fabrikasi dilakukan di laboratorium antenna, FTE, Universitas Telkom.

TABEL 4. 1
Perbandingan Gain

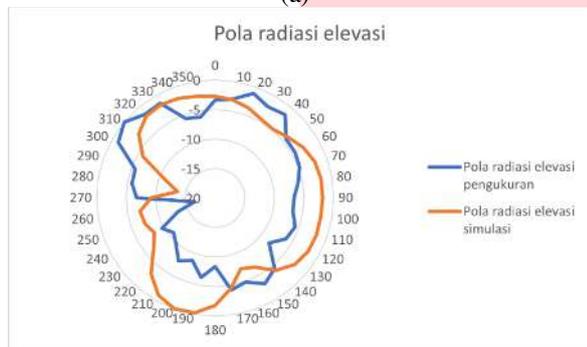
	Gain Antena dengan LNA (dBi)	
	Simulasi	Pengujian
Tanpa Metasurface	2,006	3,892
Dengan Metasurface	4,14	5,519

Dari simulasi, menunjukkan hasil *gain* dari antenna yang telah terintegrasi dengan LNA. *Metasurface* yang substratnya diperbesar menyesuaikan ukuran antenna yang telah terpasang footprint LNA, mampu meningkatkan *gain* sebesar 2,134 *dBi*. Peningkatan tersebut telah mencapai target *gain* yang diinginkan, yaitu minimal sebesar 2 *dBi*.

A. Hasil Pengujian Antena Terintegrasi dengan LNA Tanpa Metasurface



(a)

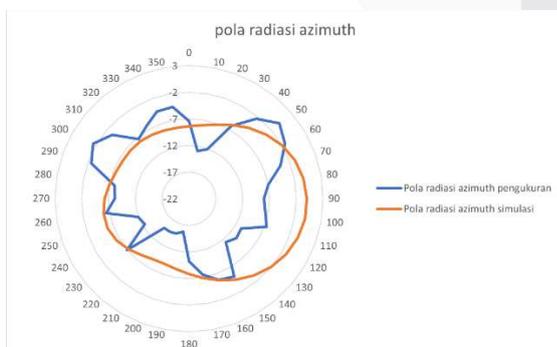


(b)

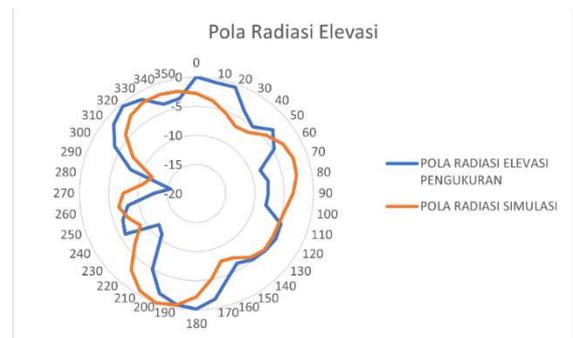
GAMBAR 4. 1
Pola Radiasi Antena Terintegrasi dengan LNA (a) Azimuth, (b) Elevasi

Pada pengukuran polarisasi elevasi didapatkan nilai axial ratio sebesar 9,5020 dB yang menunjukkan nilai axial rasionya $3 \leq AR < 40$ dB. Dengan begitu jenis polarisasi elevasi antenna utama adalah polarisasi elips.

B. Hasil Pengujian Antena Terintegrasi dengan LNA dan Metasurface



(a)



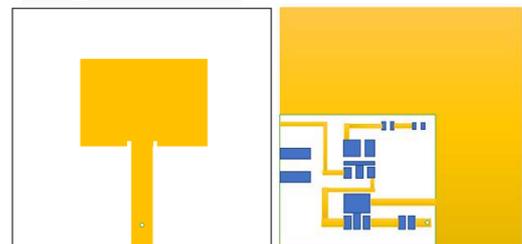
(b)

GAMBAR 4. 2
Pola Radiasi Antena Terintegrasi dengan LNA (a) Azimuth (b) Elevasi

Karena nilai axial ratio yang didapatkan saat pengukuran 4,846 dB atau $3 \leq AR < 40$. Pada polarisasi azimuth yang terpasang dengan LNA dan *metasurface* termasuk pada jenis polarisasi elips.

C. Hasil Integrasi Antena dengan LNA

Low Noise Amplifier dibuat untuk meningkatkan kinerja antenna. Antena yang digunakan adalah antenna mikrostrip yang dibuat dengan *patch* persegi yang telah dirancang dan kemudian digabungkan dengan LNA yang telah dirancang menggunakan perangkat lunak CST *studio suite 2019*. **Gambar 4.3** menunjukkan bagaimana LNA terintegrasi dengan Antena pada CST.

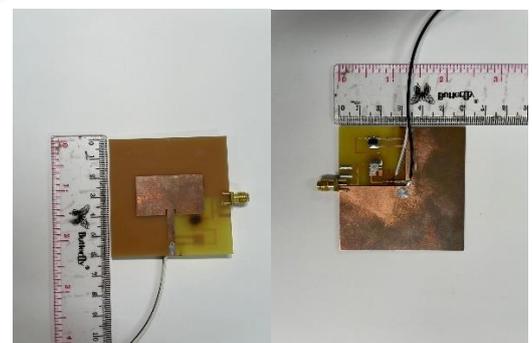


(a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

GAMBAR 4. 3

Simulasi Integrasi Antena dengan LNA menggunakan CST studio suite 2019

Pada **Gambar 4.4** menunjukkan LNA terintegrasi langsung dengan antenna, dengan membuat membuat *footprint* atau cetakan kaki komponen pada bagian *groundplane* antenna yang sudah terpotong menggunakan metode DGS.



(a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

GAMBAR 4. 4

Hasil Fabrikasi Antena dengan LNA

TABEL 4. 2
Nilai *Gain* Antena dengan LNA

Pengukuran	Nilai S_{21} per 10 detik
1	-39,240
2	-40,048
3	-39,539
4	-39,679
5	-39,392
6	-39,549
7	-39,599
8	-39,677
9	-39,720
10	-39,045
Rata-Rata S_{21}	-39,548
Prx	-39,548 + 26 = -13,548 dBm

$$G_{rx} = S_{21} - G_{Tx} + L_{Tx} + F_{SL} + L_{Rx} \quad (4.1)$$

$$G_{rx} = -39,548 - 10 + 2,9 + 47,94 + 2,6$$

$$G_{rx} = 3,892 \text{ dBi}$$

Nilai S_{21} pada **Tabel 4.2** adalah sebesar -39,548 yang telah didapatkan dapat dihitung untuk mendapatkan nilai G_{rx} dengan persamaan 4.1. Dari persamaan diatas, antena yang terintegrasi dengan LNA memiliki *gain* sebesar 3,892 *dBi* dan daya terima -13,548 *dBm*.

TABEL 4. 3
Nilai *Gain* Antena dengan LNA dan *Metasurface*

Pengukuran	Nilai S_{21} per 10 detik
1	-38,712
2	-37,939
3	-37,778
4	-37,896
5	-37,970
6	-38,163
7	-37,722
8	-38,002
9	-37,578
10	-37,452
Rata - Rata S_{21}	-37,921
Prx	-37,921 + 26 = -11,921

$$G_{rx} = S_{21} - G_{Tx} + L_{Tx} + F_{SL} + L_{Rx} \quad (4.1)$$

$$G_{rx} = -37,921 - 10 + 2,9 + 47,94 + 2,6$$

$$G_{rx} = 5,519 \text{ dBi}$$

Nilai S_{21} pada **Tabel 4.3** nilai rata-ratanya adalah -37,921 nilai yang didapatkan dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (4.1). Dari persamaan diatas nilai *gain* pada antena yang terintegrasi dengan LNA dan *metasurface*

memiliki *gain* 5,519 *dBi* dan daya terima sebesar -11,921 *dBm*.

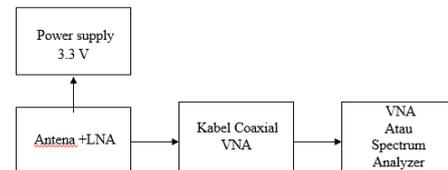
D. Hasil Akhir

Hasil pengujian perbandingan parameter *gain* antena yang tidak terintegrasi dengan LNA dan antena yang terintegrasi dengan LNA serta perbandingan penambahan *metasurface* pada **Tabel 4.4**.

TABEL 4. 4
Perbandingan nilai *Gain* tanpa antena dan antena dengan LNA

	Tanpa LNA (dBi)		Dengan LNA (dBi)	
	Gain	Daya Terima	Gain	Daya Terima
Tanpa <i>metasurface</i>	2,68	-67,68	3,892	-50,56
Dengan <i>Metasurface</i>	3,544	-58,28	5,519	-36,12

E. Dokumentasi Pengujian



GAMBAR 4. 5
Pengujian LNA

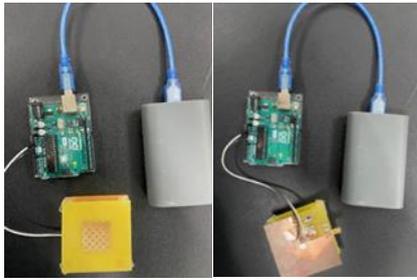
Pengujian untuk antena yang terintegrasi dengan LNA dapat melihat parameter *gain* dan daya terima pada LNA menggunakan VNA atau spectrum Analyzer. Untuk skema pengujian realisasi LNA ditunjukkan pada **Gambar 4.5**

Gambar 4.6 dan **4.7** merupakan skenario pengukuran menggunakan *Vektor Network Analyzer*. Pada Antena yang terintegrasi LNA disambungkan atau terhubung dengan power supply 3.3 V menggunakan kabel jumper yang telah di solder pada bagian *groundplane* negatif (*ground*) dan untuk pada bagian kabel positif sebagai inputan daya 3.3 V. Kemudian pada bagian port LNA dihubungkan dengan kabel *coaxial* agar dapat terhubung dengan VNA.



GAMBAR 4. 6

Dokumentasi pengujian LNA dengan Antena menggunakan VNA



GAMBAR 4.7
Dokumentasi Antena LNA dan *metasurface*

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah perbedaan parameter nilai *gain* dan daya terima pada antena tanpa LNA dan antena yang terintegrasi dengan LNA. dianalisis untuk mengamati pengaruh perubahan parameter akibat integrasi. Hasil akhir dari perancangan ini adalah spesifikasi target *gain* telah tercapai, yaitu minimal 5 *dBi* setelah dipasang komponen antena secara lengkap. Namun, beberapa parameter menjadi terganggu akibat pengintegrasian *footprint* LNA. Hasil pengujian memiliki beberapa perbedaan dari hasil simulasi, hal ini dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi turunnya *gain* pada saat pengujian yaitu, pengaruh ruangan pengujian yang tidak dilakukan diruangan hampa udara, beberapa faktor umum yang ada diruangan seperti *noise*, suhu ruangan, udara dan benda-benda yang berada diruangan dapat mempengaruhi. LNA sebagai penguat bertujuan untuk membantu meningkatkan *gain* pada antena utama mikrostrip. LNA yang dipilih adalah PGA-102+ sebagai penguat. Untuk terintegrasi dengan antena penguat dipasangkan pada *groundplane* antena dengan

metode DGS. Penambahan metode DGS tersebut bertujuan untuk memberi tempat pada penguat LNA agar dapat terintegrasi dengan antena. Peneliti selanjutnya saat mendesain *footprint* pada substrat antena disarankan untuk melakukan perhitungan jalur mikrostrip dengan lebih presisi sebelum melakukan fabrikasi, agar hasil pemasangan komponen lebih baik.

REFERENSI

- [1] Putri, Eufrasia Inti Alphatia, F. T. Program Sarjana Paralel, and U. Indonesia, "Rancangan Bangun Low Noise Amplifier Terintegrasi Dengan Antena Multiple Input Multiple Output", 2014.
- [2] R. Intan, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Perancangan dan Realisasi Penguat Derau Rendah 1.691,64 – 1.692,64 MHz Untuk Stasiun Bumi Pada Sistem Satelit Geo-Kompsat- 2a", 2021.
- [3] Oktavia. Galuh Entin, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Desain dan Realisasi Low Noise Amplifier Pada Frekuensi C- Band 5.6 GHz Untuk Aplikasi Radar Cuaca", 2017.
- [4] Ciksadan, F. T. Elektro, and U. Politeknik Negeri Sriwijaya, "Perancangan Antena Mikrostrip Untuk LTE", vol.5 No.1, 2019.
- [5] S. Sherin, Sutrisno, S. Yaya, F. T. Elektro and U. Politeknik Negeri Bandung, "Realisasi Low Noise Amplifier 3,6 GHz Menggunakan Penyesuai Implementasi Single Stub Untuk Aplikasi Radar Pengawas Pantai", 2020.