Realisasi *Low Noise Amplifier* 3,6 GHz Menggunakan Penyesuai Impedansi *Single Stub* Untuk Aplikasi Radar Pengawas Pantai

Sherin Sabrina[1], Sutrisno[2], Yaya Sulaeman[3]

[1]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
E-mail : sherin.sabrina.tcom17@polban.ac.id
[2]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
E-mail : sutrisno@polban.ac.id
[3]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
E-mail : yayasulaeman@gmail.com

ABSTRAK

Dalam makalah ini telah dilakukan simulasi dan realisasi LNA pada Frekuensi *S-Band* 3,6 GHz. *Software* yang digunakan untuk simulasi LNA adalah *Advanced Design System* 2016 dan *software* yang digunakan untuk *design* PCB adalah Altium 2016. Komponen aktif dari rangkaian LNA yang telah direalisasi adalah transistor BFP640ESD. Dari hasil simulasi didapat parameter S, dimana S_{11}= 0,284 ∠ - 170,121˚, S_{12} = 0,061 ∠ 62,899˚, S_{21} = 5,908 ∠ 70,492˚, S_{22} = 0,257 ∠ - 112,473˚. Nilai kestabilan penguat = 1,33, Γsm = 0,425 ∠ 109,842˚ , Γlm = 0,408 ∠ - 70,83˚. Hasil dari *return loss* pada plot sisi sumber adalah 17,558 dB, dan *return loss* pada plot sisi beban adalah 11,386 dB sehingga VSWR *input* 1,3 dan VSWR *output* 1,7 dan *Noise Figure* 1,4 dB. Sedangkan pada hasil realisasi besar *level* daya *input* -100 dBm yang menghasilkan level daya *output* -92,25 dBm dengan redaman kabel 1 dB sehingga besar *gain* adalah 8,4 dB dan *return loss* 1,724 dB.

Kata Kunci
LNA, Advanced Design System, S-Band, BFP640ESD, return loss

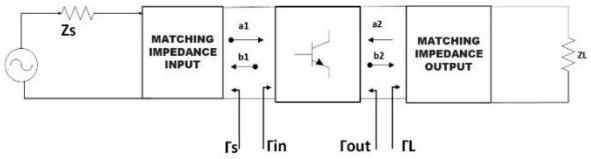
1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering dijumpai pada semua perangkat penerima sinyal (*receiver*) adalah lemahnya daya sinyal yang diterima. Jika daya sinyal lemah dan berinteferensi dengan *noise* sinyal tersebut akan hilang dan tidak akan bisa ditransmisikan. Untuk mengatasi masalah tersebut dibutuhkan penguat daya di perangkat penerima sinyal yaitu *Low Noise Amplifier* (LNA). *Low Noise Amplifier* adalah sebuah perangkat untuk memperkuat sinyal yang diterima dari antena penerima serta meredam *noise* yang terjadi pada sinyal tersebut. Artinya ketika dilakukan penguatan daya pada sinyal, tidak diiringi dengan penguatan *noise*. LNA merupakan sebuah komponen penting pada bagian *receiver* dalam realisasi sistem komunikasi nirkabel, satelit, maupun teknologi radar [3].

LNA yang akan dirancang ini diharapkan dapat bekerja pada frekuensi 3,6 GHz. Dengan *Bandwidth* 200 MHz. LNA yang akan dirancang ini menggunakan substrat FR4 (Flame Resistant 4), alasan memakai substrat FR4 karena PCB ini memiliki daya serap air yang rendah serta tahan suhu panas hingga 140 derajat celcius. Transistor yang akan digunakan adalah BFP640ESD. Parameter – parameter yang harus diperhatikan dalam perancangan LNA adalah *gain*, *Noise Figure* (NF), VSWR *input*, dan VSWR *output*. *Datasheet* dari transistor BFP640ESD memiliki *gain* maksimum 19 dB. Dalam makalah ini akan dirancang LNA dengan transistor BFP640ESD yang diharapkan mencapai *gain* ≤ 19 dB, NF ≤ 5 dB , VSWR *input* ≤ 2 dan VSWR *output* ≤ 2.

2. PERANCANGAN

Hal pertama yang dilakukan dalam merancang LNA adalah spesifikasi komponen aktif. Komponen aktif yang digunakan adalah transistor BFP640ESD. Setelah menentukan spesifikasi transistor hal yang dilakukan selanjutnya adalah menghitung persamaan untuk mensimulasikan rangkaian LNA di *software* ADS 2016.



Gambar 1. Blok Diagram LNA [8]

2.1 Rangkaian Prategangan atau *Bias* DC Transistor

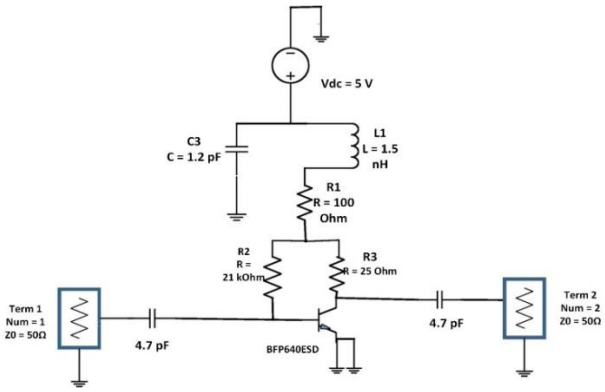
Untuk merangkai suatu rangkaian prategangan persamaan yang digunakan adalah persamaan (1) sampai (3) persamaan ini digunakan untuk menentukan nilai dari komponen resistor. β, VBE, VCE, dan Ic didapat dari *datasheet* transistor. Sedangkan R1 ditentukan sendiri.

$$\beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \quad (1)$$

$$V_{CC} = V_{BE} + R_B.I_B + R_1 (I_C + I_B) \quad (2)$$

$$V_{CC} = V_{CE} + R_C.I_C + R_1 (I_C + I_B) \quad (3)$$

Dari persamaan (1) sampai (3) didapatkan nilai hambatan *base* (R_B) sebesar 21 kΩ dan hambatan *collector* (R_C) 25Ω.



Gambar 2. Skema Elektronik Rangkaian Prategangan

Hasil yang didapat dari simulasi rangkaian prategangan yang ada pada gambar 2. adalah parameter S. Berikut parameter S yang didapat adalah:

S11 = 0,284 ∠ - 170,121° **S21 = 5,908 ∠ 70,492°**

S12 = 0,061 ∠ 62,899° **S22 = 0,257 ∠ - 112,473°**

2.2 Faktor Kestabilan Penguat

Untuk dapat melihat daerah kestabilan penguat terdapat persamaan untuk menentukannya, perhitungan dilakukan dengan memasukkan nilai parameter S.

$$K = \frac{1+|\Delta|-|S_{11}|^2-|S_{22}|^2}{2|S_{12}||S_{21}|} \quad (4)$$

$$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21} \quad (5)$$

untuk mendapatkan nilai K dapat dilihat dari persamaan (4) dimana untuk mendapatkan determinan S (Δ) ada pada persamaan (5). Setelah dihitung didapatkan K = 1,33 dan Δ = 0,325 ∠ - 36,035°. Kestabilan Penguat dalam keadaan *Unconditionally Stable* artinya stabil tanpa syarat. Stabil tanpa syarat (*unconditionally stable*), yaitu apabila K>1 dan |Δ|<1. Pada kondisi ini transistor cocok digunakan sebagai penguat , dimana penguat selalu stabil dengan pemilihan impedansi sumber dan beban . Jadi Γsm dan Γlm digambar sembarang pada *smithchart* tidak perlu menggambar lingkaran kestabilannya.

2.3 *Maximum Available Gain* Penguat Daya

Setelah nilai penguat tingkat pertama dapat diketahui yaitu K>1. Maka dapat ditentukan nilai *maximum available gain* penguat tingkat pertama pada persamaan (6).

$$GMAX = 10 \log \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|} + 10 \log| K \pm \sqrt{K^2-1}| \quad (6)$$

Dari persamaan 6 didapatkan hasil dari *maximum available gain* sebesar **16,49 dB**. Artinya Besar *gain* tidak melebihi nilai maksimum yaitu 16,49 dB.

2.4 *Microstrip Line*

Substrat yang digunakan adalah Fr4 *Epoxy*. Nilai λ pada penyesuai impedansi *input* dan *output* didapat dari perhitungan jalur *microstrip*. Spesifikasi PCB Fr4.

Tabel 1. Spesifikasi PCB FR4

Konstanta Dielektrik (εr)	4.7
Tebal Konduktor (t)	0.035 mm
Tinggi Substrat (h)	1.6 mm
Faktor Disipasi (Tan d)	0.014

Zo = 50 Ω

untuk mencari perbandingan W/h, nilai perbanding yang dipakai adalah yang ≥ 2 maka menggunakan persamaan (7) dimana untuk nilai B dapat dicari dengan menggunakan persamaan (8).

$$\frac{W}{h} \geq 2$$

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi}\left[B-1-\ln(2B-1) + \frac{\varepsilon_{r-1}}{2\varepsilon_r} \{\ln(B-1)+ 0{,}39 - \frac{0{,}61}{\varepsilon_r}\}\right] \quad (7)$$

$$B = \frac{377\pi}{2z_0\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (8)$$

Lalu untuk mencari panjang gelombang dari saluran mikrostrip dapat menggunakan persamaan (9) karena nilai perbandingan yang dipakai adalah W/h ≥ 0,6.

$$\frac{W}{h} \geq 0.6$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_r}}\left[\frac{\varepsilon_r}{1+0.63(\varepsilon_r-1)(\frac{W}{h})^{0,1255}}\right]^{1/2} \quad (9)$$

Hasil yang didapat dari persamaan (7) sampai (9) adalah nilai **B = 5,4603** dan nilai **W = 2,904 mm**.

2.5 Penentuan Koefisien Pantul

Karena Penguat tingkat pertama ini memiliki nilai K > 1 atau dapat disebut stabil tak bersyarat (*Unconditionally Stable)*. Maka untuk menentukan koefisien pantul pada sumber dan beban dapat dilihat dari persamaan (10) sampai (15).

$$C_1 = S_{11}-\Delta.S_{22}^* \text{ dan } C1^* = S11^*-\Delta^*S22 \quad (10)$$

$$B_1 = 1+|S_{11}|^2-|S_{22}|^2-|\Delta|^2 \quad (11)$$

$$\Gamma sm = C1^* . \left[\frac{B1\pm\sqrt{B1^2-4|C1|^2}}{2.|C1|^2}\right] \quad (12)$$

$$C_2 = S_{22}-\Delta.S_{11}^* \text{ dan } C2^* = S_{22}^*-\Delta^*S11 \quad (13)$$

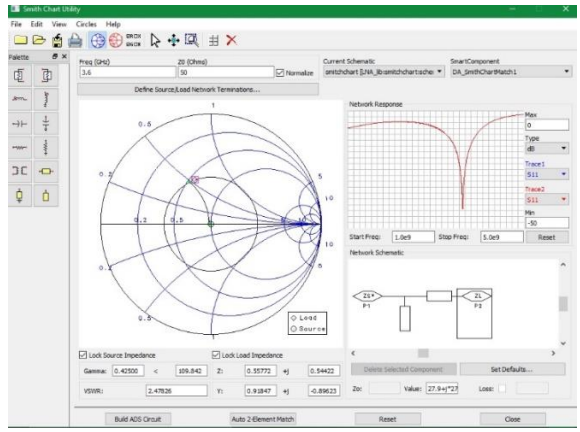
$$B_2 = 1+|S_{22}|^2-|S_{11}|^2-|\Delta|^2 \quad (14)$$

$$\Gamma lm = C2^* \left[\frac{B_2\pm\sqrt{B2^2-4|C_2|^2}}{2.|C2|^2}\right] \quad (15)$$

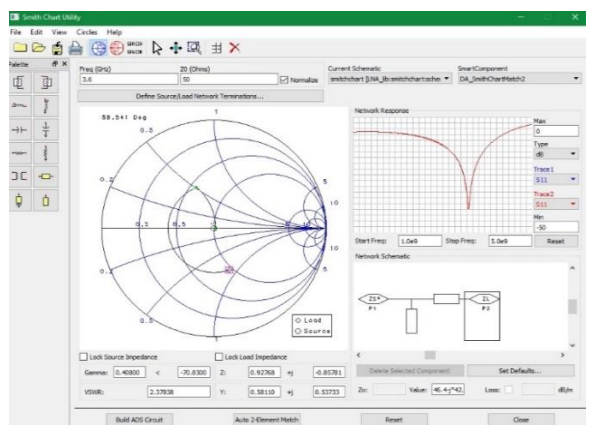
Didapatkan nilai koefisien pantul *input* (Γsm) sebesar **0,425 ∠ 109,842**° dan nilai koefisien pantul *output* (Γlm) sebesar **0,408 ∠ -70,83**°. Fungsi dari mencari nilai koefisien pantul *input* dan *output* adalah untuk melanjutkan langkah berikutnya yaitu merancang penyesuai impedansi.

2.6 Penyesuai Impedansi

Hasil dari perhitungan koefisien pantul digunakan untuk merangkai penyesuai impedansi. Rangkaian penyesuai impedansi terdiri dari penyesuai impedansi *input* dan penyesuai impedansi *output*. Suatu rangkaian harus terhubung pada penyesuai impedansi *input* dan penyesuai impedansi *output* agar tidak mengalami rugi – rugi atau *loss* dan agar transfer daya menjadi maksimum. Transfer daya maksimum, artinya daya yang masuk tidak mengalami rugi – rugi atau adanya daya pantul sehingga daya yang masuk dapat sampai pada *output* atau penerima sinyal. Perancangan penyesuai impedansi dilakukan pada *smithchart* di*software* ADS 2016.



Gambar 3. Plot sisi sumber *software* ADS 2016

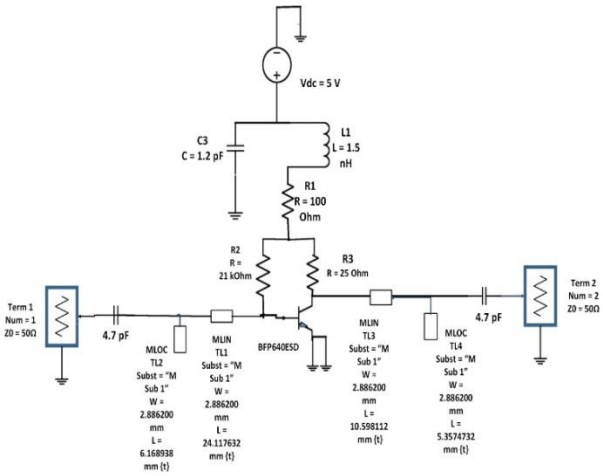


Gambar 4. Plot sisi beban *software* ADS 2016

Tabel 2. Hasil perhitungan penyesuai impedansi pada *software* ADS 2016

Penyesuai Impedansi	***Input***	***Output***
Panjang Saluran (d)	21.533600 mm	10.814400 mm
Panjang Beban (l)	5.318050 mm	5.054220 mm

Sehingga rangkaian LNA secara keseluruhan dapat di simulasikan.



Gambar 5. Rangkaian LNA

Rangkaian LNA pada simulasi mengalami *tuning* untuk memaksimalkan hasil dari parameter sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Berikut nilai penyesuai impedansi saluran mikrostrip *single stub* hasil *tuning.*

Tabel 3. Hasil *tuning* penyesuai impedansi pada *software* ADS 2016

Penyesuai Impedansi	***Input***	***Output***
Panjang Saluran (d)	24.117632 mm	10.598112 mm
Panjang Beban (l)	6.168938 mm	5.3574732 mm

Rangkaian LNA pada Gambar 5. Disimulasikan pada *software* ADS 2016, dengan cara me*running* lalu melihat hasil parameternya dan membandingkan hasil parameter dari simulasi dengan spesifikasi teori *datasheet.*

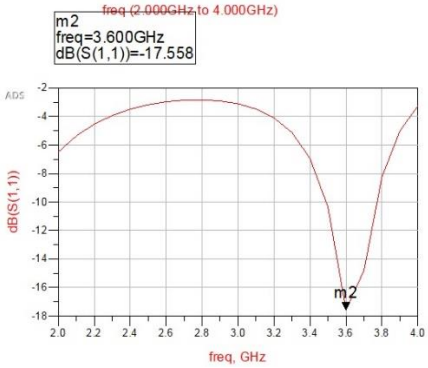
3. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Parameter *Gain*

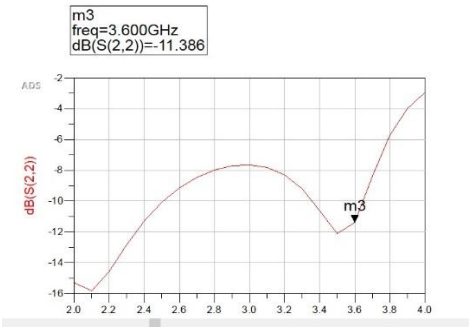
Gambar 6. Grafik *gain* dari LNA

Hasil *gain* dari LNA terlihat dari gambar 6. yaitu grafik menunjukkan *gain* sebesar 15,763 dB. Sudah cukup baik karena LNA ini spesifikasi *gain*nya ≤ 19 dB. S21 adalah parameter dari *tranducer gain*.

3.2 *Return Loss* dan VSWR



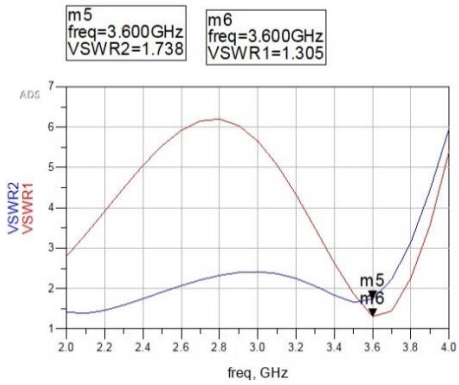
Gambar 8. Grafik Koefisien Pantul *Input*



Gambar 9. Koefisien pantul *output*

Gambar 8. dan Gambar 9. menunjukan grafik koefisien pantul *input* dan *output*. Koefisien pantul *input* dan *output* dapat disebut juga dengan pengukuran *return loss* pada sisi *input* dan *output.* Nilai dari koefisien pantul *input* dan *output* harus dibawah 0 dB. Karena jika diatas 0 dB akan

menyebabkan nilai VSWR *input* dan *output* menjadi besar. Sedangkan spesifikasi dari VSWR *input* dan *output* adalah ≤ 2. Hasil dari S_{11} atau *return loss* pada sisi sumber ditunjukkan pada Gambar 8. adalah 17,558 dB, dan hasil dari S_{22} atau *return loss* pada sisi beban ditunjukkan pada Gambar 9. adalah 11,386 dB. Hasilnya sudah optimal ini menandakan nilai VSWR pun akan rendah.

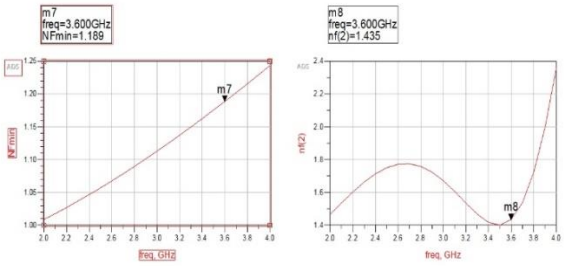


Gambar 10. Grafik VSWR *input* dan VSWR *output*

Terbukti dilihat dari Gambar 10. S_{11} VSWR *input* 1,305 dan S_{22} VSWR *output* 1,738 artinya sudah memenuhi syarat, VSWR *input* dan *output* ≤ 2.

3.3 *Noise Figure*

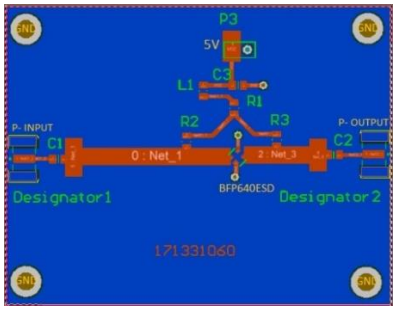
Hasil dari simulasi untuk parameter *Noise Figure* juga sudah optimal yaitu dapat dilihat pada Gambar 12. Spesifikasi yang diinginkan dari *noise figure* ≤ 5 dB. Yang didapat 1,4 dB untuk *noise figure.*



Gambar 12. Grafik *Noise Figure*

4. HASIL REALISASI

48,5 mm



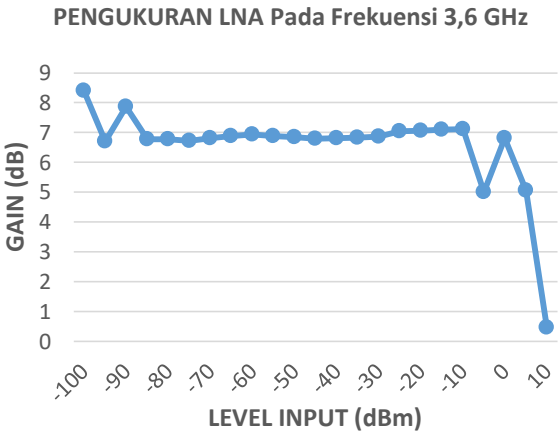
X = 61,73 mm

Gambar 13. Desain PCB LNA

Gambar 14. Modul LNA

5. Pengujian Realisasi

5.1 Pengukuran *Gain*



Gamber 15. Kurva Pengukuran *Gain* terhadap *level input*

Hasil *gain* yang paling optimal berada pada *level* daya *input* terendah yaitu pada -100 dBm dengan redaman kabel 1 dB sebesar 8,40 dB. Karena ini adalah LNA fungsi dari LNA sendiri adalah menangkap sinyal yang sangat lemah lalu diperkuat sinyalnya, jadi pada

level input yang sangat rendah *gain* keluar secara optimal. Hasil *gain* pada simulasi adalah 15,7 dB dan pada realisasi 8,40 dB, itu artinya LNA kehilangan 7,3 dB. Hasil realisasi belum optimal.

5.2 Pengukuran *Return Loss*

Return Loss yang didapatkan kurang dari spesifikasi yang diinginkan, ini berpengaruh pada nilai VSWR dan *gain*. Artinya penyesuai impedansi *input* dan *output* nya kurang optimal, nilai *return loss* yang didapat hanya 1,7 dB dari yang seharusnya 17 dB. Oleh karena itu pada frekuensi 3,6 GHz *gain* tidak mencapai maksimum.

6. KESIMPULAN

a. Perbandingan teori dan *datasheet* transistor dengan hasil simulasi yaitu sama. Dimana hasil *gain* pada *datasheet* transistor dan teori pada frekuensi 3,6 GHz adalah ≤ 19 dB, hasil dari simulasi adalah 15,7 dB artinya mendekati spesifikasi. Nilai VSWR *input* dan *output* pada teori ≤ 2. Hasil dari simulasi VSWR *input* adalah 1,308 dan VSWR *output* sebesar 1,738. Sudah optimal hasil simulasi dengan *datasheet* teori.
b. Perbandingan hasil simulasi dan *datasheet* teori dengan hasil realisasi berbeda. Didapatkan hasil dari simulasi 15,7 dB sedangkan hasil dari pengukuran realisasi adalah 8,4 dB. dan *return loss* pada koefisien pantul *input* yang telah disimulasikan sebesar 17,558 dB sedangkan pada realisasi hanya 1,7 dB. Nilai *return loss* bergeser ke frekuensi 2,5 GHz yang seharusnya di 3,6 GHz.
c. Banyak faktor yang menyebabkan hasil realisasi dan simulasi berbeda. Diantaranya adalah setiap nilai komponen yang disolder diatas PCB memiliki toleransi dan tidak sama persis dengan yang tercantum di *datasheet* , dan nilai dari konstanta dielektrik PCB FR4 dari pabrik belum tentu sesuai dengan spesifikasi PCB FR4. Komponen aslinya tidak se-*ideal datasheet* dan simulasi.

Adapun saran penelitian ini adalah:

a. Sebelum membeli komponen aktif harus melakukan simulasi terlebih dahulu dan hasil simulasi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
b. Penulis menggunakan komponen diskrit pada kapasitor di *input* dan *output*. Lebih baik untuk penelitian selanjutnya menggunakan *trimmer* kapasitor agar saat pengujian jika hasil belum optimal dapat di *tuning*.
c. Untuk pengembangan dari penelitian selanjutnya dapat menggunakan LNA 2 tingkat untuk mendapatkan *gain* yang maksimal, tetapi resiko yang didapat adalah meningkatnya *noise*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. S. R. B. P. Asep Karyana, "Realisasi LNA Dua Tingkat dengan Teknik Penyesuai Impendansi Trafo λ/4 dan Lumped Element untuk DVB-T2," ELKOMIKA, vol. 8, no. 1, pp. 1-15, Januari 2020.
[2] I. M. S. S. ,. I. Y. W. S. Andzaz Zilfa Millatisilmi, "Perancangan Dan Realisasi Low Noise Amplifier Frekuensi S-BAND (2,425 GHZ) Untuk Aplikasi Stasiun Bumi Satelit Nano," in e-Proceeding of Engineering, 2016.
[3] D. H. W. I. M. ,. B. S. S. M. Destia Rahmawati, "Perancangan Dan Realisasi Low Noise Amplifier (LNA) 1,265-1,275 Ghz Untuk Aplikasi Synthetic Aperture Radar (Sar)," in e-Proceeding of Engineering, 2014.
[4] D. B. S. N. S. ,. Y. S. ,. Galuh Entin Oktavia, "Desain Dan Realisasi Double Stage Low Noise Amplifier Pada Frekuensi C-BAND 5.6 GHZ Untuk Aplikasi Radar Cuaca," in e-Proceeding of Engineering, 2019.
[5] Gunawan, "Perancangan LNA Untuk Mobile WiMAX Pada 2,3 GHz," 2009. [Online]. Available: https://core.ac.uk/display/12342493 . [Accessed Desember 2019].
[6] T. F. Gunawan Wibisono, "Perancangan LNA untuk Radar Automatic Dependent Surveilance-Broadcast (ADS-B) Pada Frekuensi 1090 MHz dengan Multistub Matching," SETRUM, vol. 2, no. 1, pp. 20-26, April 2013.
[7] F. T. A. Gunawan Wibisono, "Perancangan dan Simulasi Low Noise Amplifier untuk Penerima Automatic Picture Transmission dan High Resolution Picture Transmission," in Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI), 2014.
[8] G. W. Teguh Firmansyah, "Perancangan Multiband Low Noise Amplifier (LNA) menggunakan Metode Multisection Impedance Transformer (MIT) Untuk Aplikasi GSM, WCDMA, dan LTE," SETRUM, vol. 2, no. 2, pp. 12-20, Desember 2013.
[9] A. M. Y. S. D. Yana Taryana, "Perancangan Low Noise Amplifier dengan Teknik Non Simultaneous Conjugate Match untuk Aplikasi Radar S-Band," JURNAL ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI, vol. 15, no. 2, pp. 46-49, Desember 2015.
[10] I. E. S. M.T., in Saluran Transmisi, 2017.
[11] Sutrisno, in Elektronika Teori dasar dan penerapannya jilid 1, 1986.