

Realisasi LNA Dua Tingkat dengan Teknik Penyesuai Impedansi Trafo $\lambda/4$ dan *Lumped Element* untuk DVB-T2

ASEP KARYANA¹, YUYUN SITI ROHMAH¹, BUDI PRASETYA²

¹Program Studi D3 Teknologi Telekomunikasi, Universitas Telkom, Indonesia

²Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom, Indonesia

Email: asepkaryana@student.telkomuniversity.ac.id

Received 2 Agustus 2019 | Revised 24 September 2019 | Accepted 5 November 2019

ABSTRAK

Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial (DVB-T2) merupakan standar internasional yang menaungi pemberlakuan televisi digital saat ini. Pada konfigurasi DVB-T2 terdapat perangkat penerima sinyal di sisi pelanggan. Permasalahan yang sering dijumpai adalah lemahnya daya sinyal yang diterima. Oleh sebab itu, dibutuhkan penguat daya pada sistem penerima, yaitu Low Noise Amplifier (LNA) yang diletakkan setelah antena penerima. Pada penelitian ini, direalisasikan LNA menggunakan transistor BJT BFR96 dengan target desain dual-stage, matching impedance Trafo $\lambda/4$ pada sisi input dan output, serta lumped element untuk penyepadanan impedansi antar tingkat. LNA direalisasikan untuk bekerja optimal pada frekuensi 630 MHz. Nilai Gain dan Noise Figure (NF) yang diperoleh berturut-turut, yaitu 12.96 dB dan 4.05 dB. Selain itu, nilai Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) input dan output yang diperoleh berturut-turut sebesar 3.5674 dan 1.7718.

Kata kunci: DVB-T2, LNA, Televisi, Gain, Noise Figure

ABSTRACT

Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial (DVB-T2) is the international standard that over shadows the current implementation of digital television. In the DVB-T2 configuration, there is a signal receiving device on the receiver side. The problem that is often encountered is the weak signal power received. Therefore, a power amplifier is needed in the receiving system, namely Low Noise Amplifier (LNA) which is placed after the receiving antenna. In this research, LNA was realized using a BJT BFR96 transistor with a dual-stage configuration design target, $\lambda/4$ impedance matching transformer on the input and output sides, and a lumped element for interstage matching impedances. LNA is realized to work optimally at frequency of 630 MHz. The Gain and Noise Figure (NF) values obtained were 12.96 dB and 4.05 dB, respectively. In addition, the input and output Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) values obtained were 3.5674 and 1.7718, respectively.

Keywords: DVB-T2, LNA, Television, Gain, Noise Figure

1. PENDAHULUAN

Televisi Digital adalah jenis televisi yang menggunakan modulasi digital dan sistem kompresi untuk mentransmisikan sinyal gambar, suara, dan data ke pesawat televisi. Penggunaan teknologi televisi digital di Indonesia telah ditetapkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informasi (Kemkominfo) pada tahun 2011 (**Surjati, Alam, & Ningsih, 2019**), yaitu untuk *Digital Video Broadcasting-Terrestrial* (DVB-T) dan dikembangkan menjadi *Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial* (DVB-T2) pada tahun 2012 (**KOMINFO, 2012**). DVB-T2 mengarah pada pengurangan spektrum yang dibutuhkan, jangkauan sinyal radio yang lebih baik, peningkatan kualitas gambar, serta kemampuan layanan interaktif. DVB-T2 didesain untuk beroperasi pada pita frekuensi IV dan V, yakni dengan rentang frekuensi 470-862 MHz (**Tsaraklimanis & Karagianni, 2011**).

Pada konfigurasi DVB-T2 terdapat perangkat penerima sinyal di sisi pelanggan. Permasalahan yang sering dijumpai pada semua perangkat penerima sinyal (*receiver*) adalah lemahnya daya sinyal yang diterima. Untuk mengatasi kendala tersebut dibutuhkan penguat daya pada sistem penerima, yaitu *Low Noise Amplifier* (LNA) yang diletakkan setelah antena penerima di sisi *receiver*. LNA digunakan untuk menguatkan sinyal dengan nilai *noise* yang tetap kecil (**Wibisono, Firmansyah, & Ma'arang, 2012**). Maka untuk mencapai kondisi tersebut, pada penelitian ini LNA dirancang *dual-stage* agar *gain* menjadi lebih besar, sehingga memenuhi spesifikasi DVB-T2. LNA diharuskan mempunyai nilai *gain* yang besar dengan level *noise* yang seminimal mungkin. Hal ini berkaitan dengan *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang akan semakin besar ketika nilai level sinyal *input* yang dihasilkan semakin besar. Ketika SNR semakin besar, maka performansi dari sistem komunikasi akan semakin baik. LNA haruslah dirancang *multistage* agar *gain* yang diperoleh menjadi lebih besar. Beberapa parameter penting yang harus diperhatikan pada sebuah proses perancangan LNA adalah faktor stabilitas (K), penguatan (*gain*), *Noise Figure* (NF), *Direct Current* (DC) *biasing*, dan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR).

Penelitian mengenai perancangan LNA sudah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Perolehan nilai *gain* yang tidak terlalu signifikan dengan metode *single-stage amplifier* telah dibuktikan oleh (**Kim, 2014**). Pada penelitian tersebut digunakan teknik penyesuaian impedansi *positive feedback* dengan teknologi *Complementary Metal-Oxide-Semiconductor* (CMOS) 0.18 μm . Hasil pengukuran menunjukkan perolehan nilai *gain* sebesar 12 dB dengan NF sebesar 6.4 dB. Metode *single-stage amplifier* dengan teknik penyesuaian impedansi yang berbeda juga diusulkan oleh (**Misran, dkk., 2013**). Pada penelitian tersebut, digunakan teknik penyesuaian impedansi *small inductances feedback and hybrid couplers balanced topology*. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai *gain* sebesar 10.024 dB. Usulan (**Raut & Deshmukh, 2014**) dengan metode *dual-stage amplifier* tetapi dengan teknik penyesuaian impedansi yang berbeda juga telah dilakukan. Pada penelitian tersebut, digunakan teknik penyesuaian impedansi *inductive source degeneration topology cascaded stage* di sisi *input* dan teknik *LC tank circuit* di sisi *output*. Hasil pengukuran menunjukkan nilai *gain* yang diperoleh sebesar 10.147 dB. Selain itu, (**Chang-Tsung Fu, Chien-Nan Kuo, & Taylor, 2010**) juga mengusulkan teknik lain dalam perancangan LNA guna diperoleh *gain* yang besar. Teknik yang dipakai yaitu *dual-feedback shunt capacitive and series* dengan teknologi CMOS 0.18 μm . Pada hasil pengukuran diperoleh nilai *gain* sebesar 11 dB.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai *gain* pada LNA yang dapat bekerja pada rentang frekuensi alokasi TV Digital yang ditetapkan, yaitu 470-790 MHz dan optimal pada frekuensi tengahnya, yaitu 630 MHz. Hasil produk dari penelitian ini nantinya akan digunakan untuk riset TV Komunitas di Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom. Cara yang dilakukan yaitu dengan merancang LNA dua tingkat menggunakan teknik penyesuaian impedansi Trafo $\lambda/4$

dan *lumped element*. Teknik penyesuai impedansi tersebut dipilih karena kemudahan dalam *tuning* dan perealisasiannya. Transistor yang digunakan untuk merancang LNA yaitu transistor BJT BFR96 dengan menggunakan substrat FR4 *Epoxy*. Berdasarkan analisis *datasheet* transistor dan penelitian oleh **(Tsaraklimanis & Karagianni, 2011)**, LNA yang dirancang diharapkan mempunyai spesifikasi *gain* > 10 dB, NF < 5 dB, VSWR *input* dan *output* < 2, serta K yang bernilai > 1 atau *Unconditionally Stable*.

2. DESAIN LOW NOISE AMPLIFIER (LNA)

2.1 Metode dan Alur Perancangan

Pada penelitian ini, LNA direalisasikan dengan konfigurasi *dual-stage amplifier*. Hal ini dilakukan agar diperoleh nilai *gain* yang besar **(Taryana et al., 2015)**. Selain itu, digunakan juga teknik *matching impedance* Trafo $\lambda/4$ di sisi *input* dan *output*, serta *lumped element* berupa seri kapasitor pada penyepadanan impedansi antar tingkatnya. Rangkaian prategangan/*biasing* yang digunakan adalah tipe *self-biasing collector feedback*. Tipe ini dipilih karena hanya membutuhkan dua resistor dalam perancangannya, sehingga mempermudah perealisasian. Jenis substrat yang digunakan adalah FR-4 *Epoxy*. Penggunaan substrat ini dimaksudkan agar LNA mempunyai dimensi yang kecil karena FR-4 *Epoxy* memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang besar, yaitu 4.6 dengan ketebalan (*h*) sebesar 1.6 mm. Selain itu, jenis substrat ini juga mudah ditemukan di pasaran dengan harga yang relatif terjangkau.

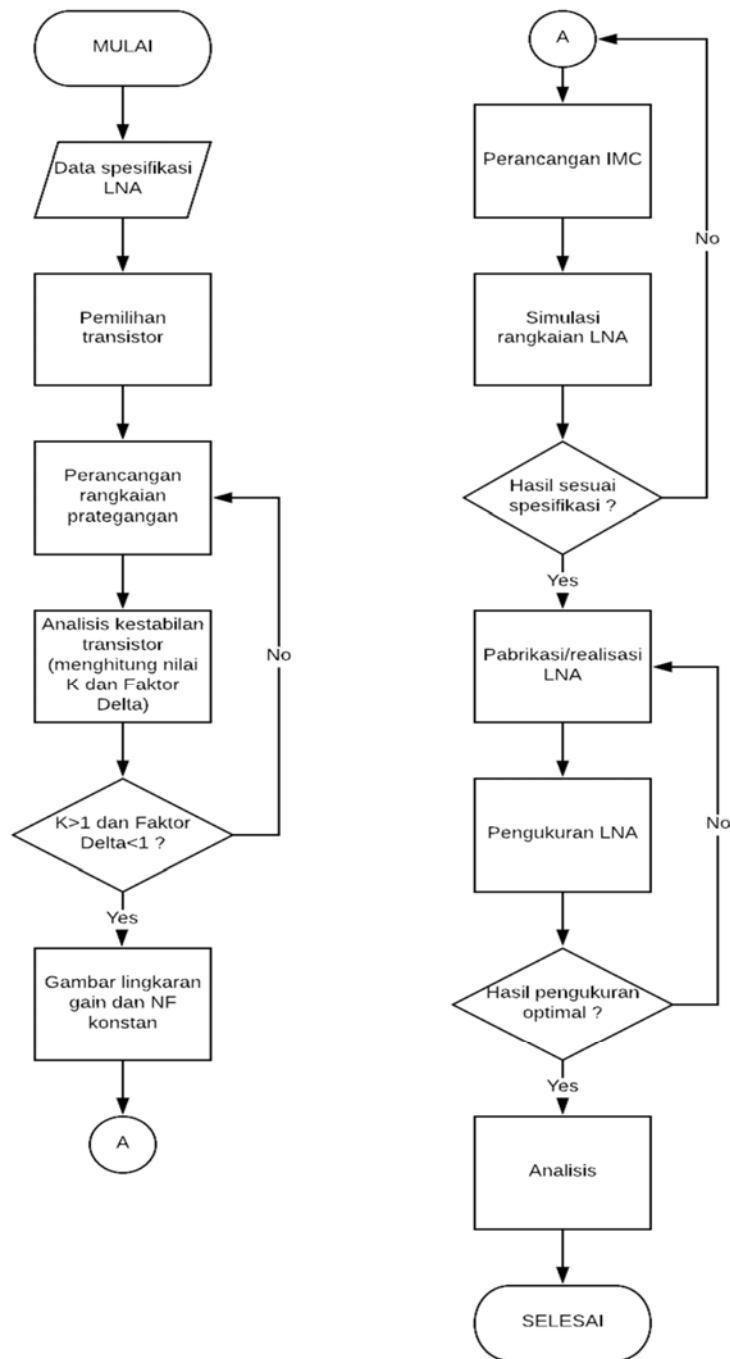
Perealisasian diawali dengan perancangan rangkaian prategangan dengan memilih titik kerja transistor. Titik kerja transistor yang dipilih merupakan hasil analisis karakteristik transistor yang terdapat pada *datasheet* **(Motorola Inc., 1994)** berdasarkan pengaplikasian LNA yang dimaksud. Berikut merupakan titik kerja transistor yang dipilih pada penelitian kali ini.

Tabel 1. Parameter Titik Kerja Transistor

Nama Parameter	Simbol	Nilai
Arus Collector	I_C	25 mA
Penguatan Arus DC	h_{FE}	100
Tegangan Collector-Emitter	V_{CE}	6 V
Tegangan Base-Emitter	V_{BE}	0.7 V (Silikon)
Tegangan Catu DC	V_{CC}	12 V

Parameter titik kerja transistor digunakan untuk menghitung nilai komponen yang digunakan pada rangkaian prategangan. Setelah nilai komponen didapat, langkah selanjutnya yaitu menyimulasikannya untuk diperoleh nilai kestabilan transistor (K) dan Parameters S. Nilai Parameter S inilah yang akan digunakan untuk menentukan koefisien pantul sumber dan beban. Setelah nilai koefisien pantul didapat, maka *Impedance Matching Circuit* (IMC) dapat diperoleh.

Flowchart perancangan dan realisasi LNA dapat dilihat pada Gambar 1.

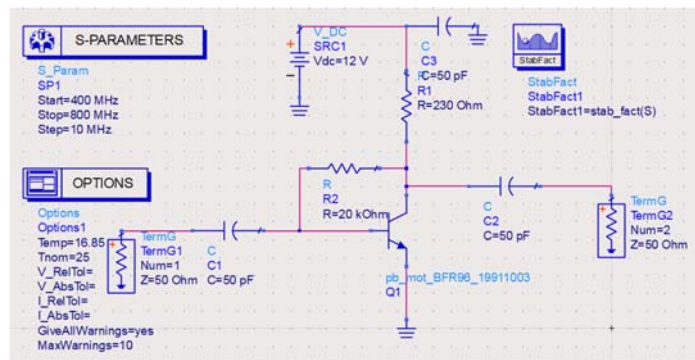


Gambar 1. Flowchart Perancangan dan Realisasi LNA

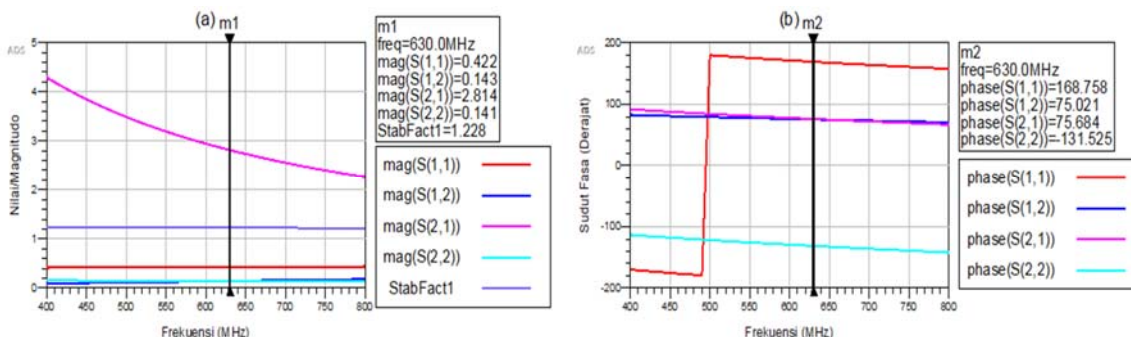
2.2 Tahapan Perancangan

Parameter S digunakan untuk menentukan stabilitas/kemantapan suatu transistor. Oleh karena tidak tercantumnya parameter S pada *datasheet* BFR96 pada frekuensi 630 MHz, maka nilai parameter S didapat dari hasil simulasi pada *software* ADS.

Realisasi LNA Dua Tingkat dengan Teknik Penyesuai Impedansi Trafo $\lambda/4$ dan *Lumped Element* untuk DVB-T2



Gambar 2. Rangkaian Prategangan



Gambar 3. Hasil Simulasi (a) Magnitudo Parameter S dan K; (b) Sudut Fasa Parameter S

Ketika nilai $K > 1$, maka transistor dapat dikatakan stabil tak bersyarat (*unconditionally stable*). Penentuan koefisien pantul merupakan hal penting dalam merancang suatu LNA. Agar tercapai kondisi *Simultaneous Conjugate Match*, maka koefisien pantul sumber dan beban diperoleh menggunakan persamaan (Pozar, 1998)

$$\Gamma_S = \Gamma_{SM} = \frac{B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4|C_1|^2}}{2C_1}, \quad (1)$$

$$\Gamma_L = \Gamma_{LM} = \frac{B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2C_2}, \quad (2)$$

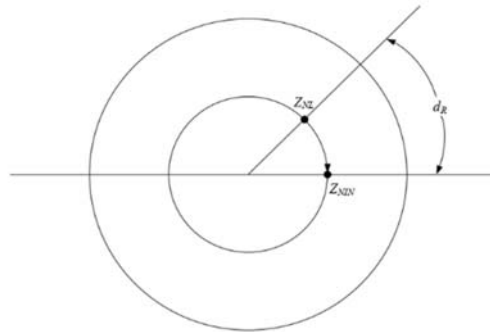
$$B_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2, \quad (3)$$

$$B_2 = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |\Delta|^2, \quad (4)$$

dengan Γ_S adalah koefisien pantul sumber, Γ_L adalah koefisien pantul beban, S_{11} adalah sinyal yang dipantulkan kembali ke *port* 1, dan S_{22} adalah sinyal yang dipantulkan kembali ke *port* 2. Terlihat pada Gambar 3, nilai S_{11} dan S_{22} diperoleh berturut-turut sebesar $0.422 \angle 168.758^\circ$ dan $0.141 \angle -131.525^\circ$. Setelah proses perhitungan dilakukan, maka didapat nilai $\Gamma_S = 0.51 \angle -176.369^\circ$ dan $\Gamma_L = 0.262 \angle 58.855^\circ$.

Penyepadanan impedansi menggunakan Trafo $\lambda/4$ yaitu melakukan penambahan saluran sepanjang $\lambda/4$ diantara saluran transmisi utama dan beban dengan impedansi Trafo (Z_T). Nilai impedansi input ternormalisasi Z_{Nm} diperoleh dengan memutar impedansi beban ternormalisasi Z_{NL} sepanjang d_R sampai menyentuh garis bilangan riil pada *Smith Chart*

(Iskander, 2012). Visualisasi dari pernyataan di atas dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



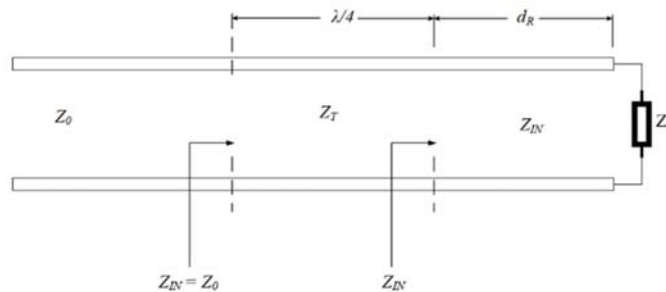
Gambar 4. Proses Penyepadanan Impedansi Trafo $\lambda/4$

Setelah itu, Trafo $\lambda/4$ dimasukkan diantara saluran transmisi utama dan saluran transmisi *input* seperti yang tersaji pada Gambar 5 dengan persamaan impedansi Trafo, yaitu:

$$Z_T = \sqrt{Z_0 Z_{In}} \quad (5)$$

$$Z_{In} = Z_0 Z_{NL} \quad (6)$$

dengan Z_T adalah impedansi Trafo, Z_0 adalah impedansi karakteristik, Z_{In} adalah impedansi *input*, dan Z_{NL} adalah impedansi *input* ternormalisasi. Pada Gambar 5, Z_L merupakan impedansi beban dan d_R merupakan panjang saluran transmisi utama. Selain penyepadanan impedansi menggunakan Trafo $\lambda/4$, pada penelitian ini juga digunakan teknik penyepadanan impedansi menggunakan *lumped element*. Penyepadanan impedansi menggunakan *lumped element* yaitu penyepadanan dengan cara menambahkan komponen pasif kedalam saluran transmisi. Penentuan komponen dan harganya dapat dilakukan dengan prosedur *Smith Chart*.



Gambar 5. Penyepadanan Impedansi Trafo $\lambda/4$ (Beban Bernilai Kompleks)

Selanjutnya yaitu perhitungan dimensi saluran mikrostrip. Tahapan dalam menentukan dimensi saluran mikrostrip adalah sebagai berikut (Chang, 2000).

Untuk strip sempit (ketika $Z_0 > 44 - 2\epsilon_r$), maka

$$\frac{W}{h} = \left(\frac{e^{H'}}{8} - \frac{1}{4e^{H'}} \right)^{-1} \quad (7)$$

$$H' = \frac{Z_0 \sqrt{2(\epsilon_r + 1)}}{119.9} + \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \right) \left(\ln \frac{\pi}{2} + \frac{1}{\epsilon_r} \ln \frac{4}{\pi} \right) \quad (8)$$

dengan W adalah lebar mikrostrip, h adalah tebal substrat, dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik bahan substrat.

Untuk strip lebar (ketika $Z_o < 44 - 2\epsilon_r$), maka

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \{ (d_\epsilon - 1) - \ln(2d_\epsilon - 1) \} + \frac{\epsilon_r - 1}{\pi \epsilon_r} \left\{ \ln(d_\epsilon - 1) + 0.293 - \frac{0.517}{\epsilon_r} \right\}, \quad (9)$$

$$d_\epsilon = \frac{59.95\pi^2}{Z_o \sqrt{\epsilon_r}}, \quad (10)$$

Panjang gelombang dari saluran mikrostrip dinyatakan sebagai berikut:

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

$$\lambda = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_r}} \left[\frac{\epsilon_r}{1 + 0.63(\epsilon_r - 1) \left(\frac{W}{h}\right)^{0.1255}} \right]^{1/2}, \quad (11)$$

Untuk $\frac{W}{h} < 0.6$;

$$\lambda = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_r}} \left[\frac{\epsilon_r}{1 + 0.6(\epsilon_r - 1) \left(\frac{W}{h}\right)^{0.0297}} \right]^{1/2}, \quad (12)$$

$$\lambda_o = c/f, \quad (13)$$

dengan λ adalah panjang gelombang saluran mikrostrip dan λ_o adalah panjang gelombang di udara bebas.

Dengan menggunakan Persamaan (7) sampai Persamaan (13), didapatkan nilai-nilai parameter seperti yang tersaji pada Tabel 2. Pada penyepadanan impedansi *interstage* digunakan *tools Smith Chart Utility* dan *Line Calculator* agar mempermudah perancangan.

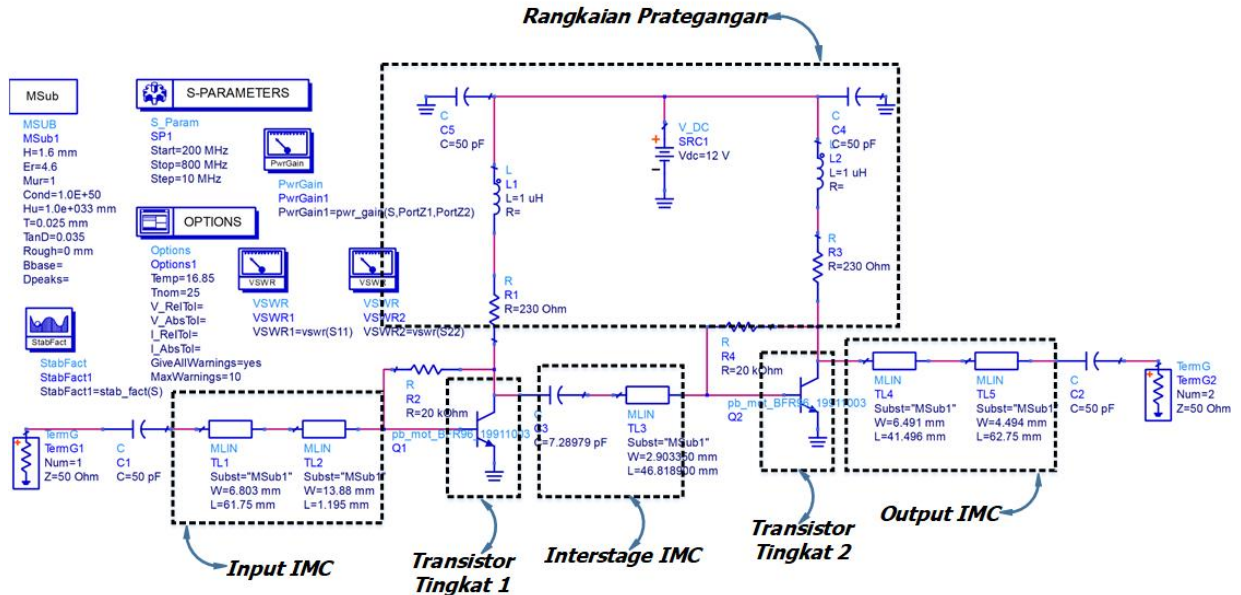
Tabel 2. Nilai Parameter Hasil Perhitungan

Parameter	Nilai
<i>Input</i> ($Z_{In} = 16.25 \Omega, Z_T = 28.504 \Omega$)	
$W_{Saluran}$	13.88 mm
$l_{Saluran}$	1.195 mm
W_{Trafo}	6.803 mm
l_{Trafo}	61.75 mm
<i>Interstage</i>	
$W_{Saluran}$	2.903 mm
$l_{Saluran}$	46.819 mm
C	7.289 pF
<i>Output</i> ($Z_{In} = 29.5 \Omega, Z_T = 38.406 \Omega$)	
$W_{Saluran}$	6.491 mm
$l_{Saluran}$	41.496 mm
W_{Trafo}	4.494 mm
l_{Trafo}	62.75 mm

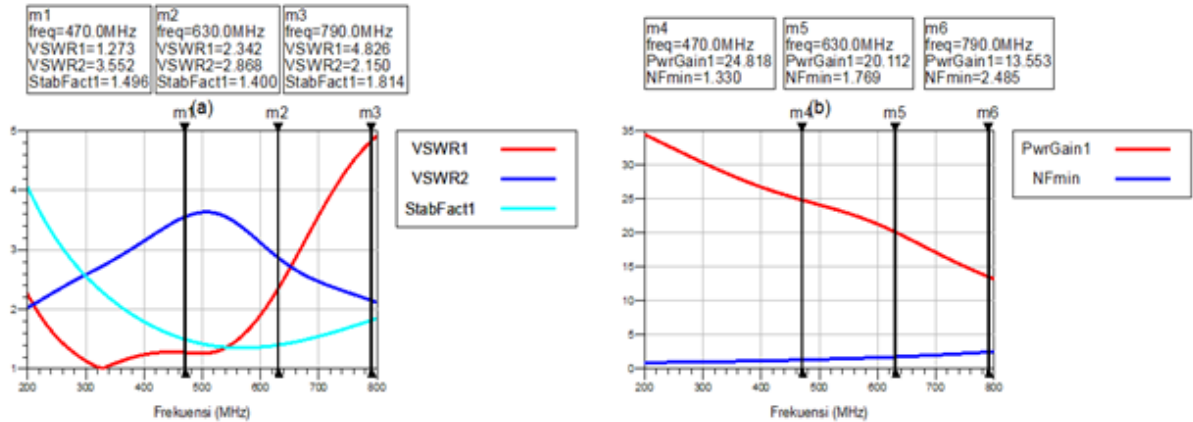
3. HASIL PERANCANGAN DAN PEREALISASIAN

3.1 Simulasi Desain LNA

Setelah semua dimensi mikrostrip diketahui, langkah selanjutnya adalah menyimulasikan seluruh rangkaian yang sudah dibuat. Tujuan simulasi ini adalah untuk mengetahui apakah LNA sudah sesuai dengan spesifikasi awal perancangan atau belum. Gambar 6 merupakan desain skematik rangkaian LNA dua tingkat yang dibuat.



Gambar 6. Desain Skematik LNA



Gambar 7. Hasil Simulasi Desain LNA (a) VSWR dan K; (b) NF dan Gain

Pada Gambar 7, dihasilkan simulasi dari beberapa parameter LNA. NF pada frekuensi 630 MHz bernilai 1.769 dB. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi awal LNA, yaitu < 5 dB. Gain pada frekuensi 630 MHz bernilai 20.112 dB. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi awal LNA, yaitu > 10 dB. Stability factor pada frekuensi 630 MHz bernilai 1.4. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi awal, yaitu > 1 (Unconditionally Stable). VSWR input (VSWR₁) dan VSWR output (VSWR₂) pada frekuensi 630 MHz berturut-turut bernilai 2.342 dan 2.868. Nilai VSWR input dan output masih belum sesuai dengan spesifikasi awal LNA, yaitu < 2.

3.2 Optimasi Desain LNA

Optimasi dilakukan untuk memperbaiki nilai parameter LNA yang belum baik dan tidak sesuai dengan spesifikasi perancangan. Parameter yang belum sesuai dengan spesifikasi LNA pada perancangan kali ini adalah VSWR. Optimasi dilakukan dengan perhitungan ulang dan dilanjutkan dengan mengubah-ubah/mengatur nilai dimensi saluran mikrostrip (*tuning*) pada *software* ADS. *Tuning* dilakukan dengan metode *trial and error* dengan tetap memperhatikan dimensi hasil perhitungan agar tidak melenceng terlalu jauh.

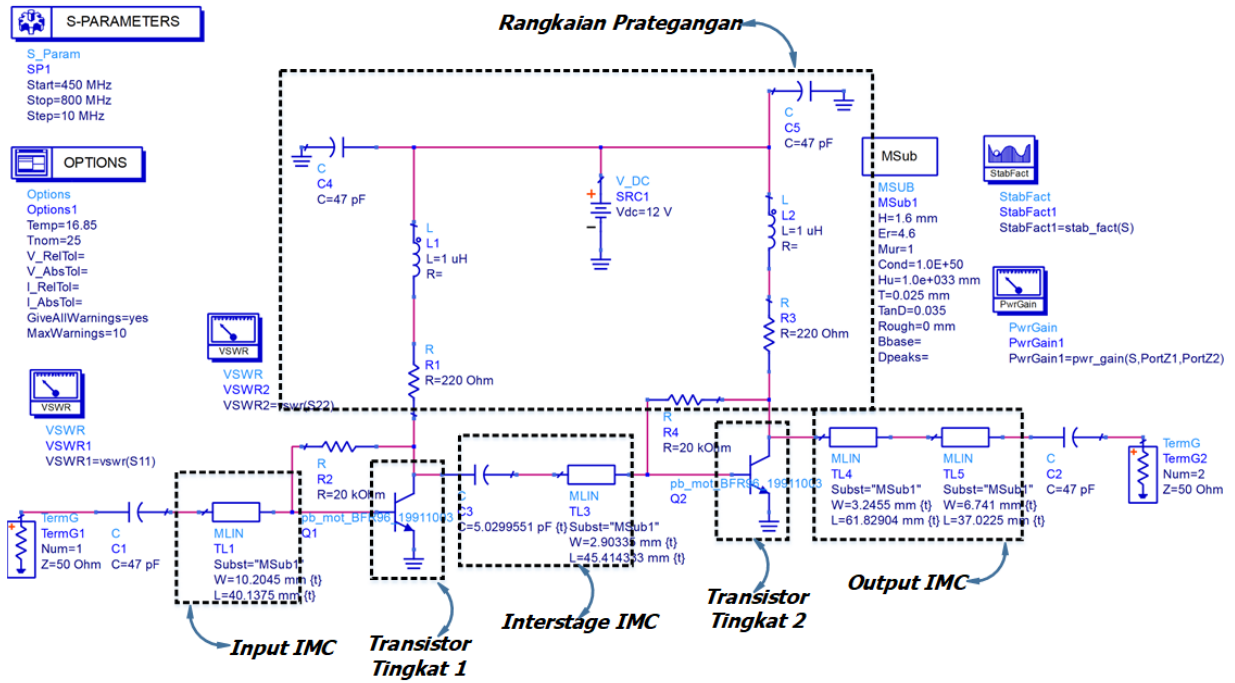
Tabel 3. Perubahan Nilai Parameter

Parameter	Dimensi (mm)	
	Sebelum Optimasi	Setelah Optimasi
<i>Input</i>		
$W_{saluran}$	13.88	0
$l_{saluran}$	1.195	0
W_{Trafo}	6.803	10.204
l_{Trafo}	61.75	40.137
<i>Interstage</i>		
$W_{saluran}$	2.903	2.903
$l_{saluran}$	46.819	45.414
<i>Output</i>		
$W_{saluran}$	6.491	3.245
$l_{saluran}$	41.496	61.829
W_{Trafo}	4.494	6.741
l_{Trafo}	62.75	37.002

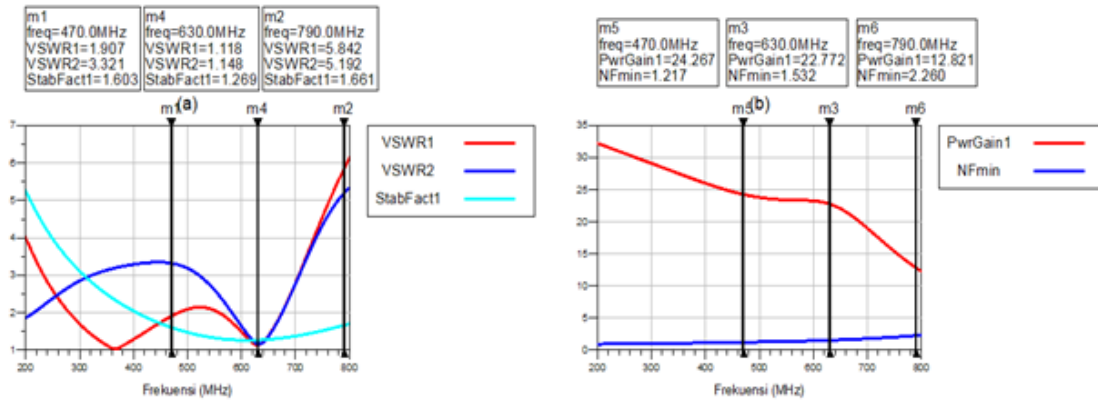
Dimensi saluran *input* sengaja ditiadakan karena berdasarkan simulasi pada ADS, ada atau tidak adanya *stripline* tersebut tidak mempengaruhi hasil simulasi. Langkah ini diambil juga guna memperkecil dimensi LNA yang akan direalisasikan. Setelah optimasi, maka desain disimulasikan lagi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.

Gambar 8 menunjukkan desain skematik rangkaian sesudah *tuning*. Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi dari beberapa parameter LNA setelah dilakukan *tuning*. NF pada frekuensi 630 MHz bernilai 1.532 dB dan nilainya turun dari hasil simulasi sebelum *tuning*. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi awal LNA, yaitu < 5 dB. *Gain* pada frekuensi 630 MHz naik menjadi 22.772 dB. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi awal LNA, yaitu > 10 dB. *Stability factor* pada frekuensi 630 MHz bernilai 1.269. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi awal, yaitu > 1 (*Unconditionally Stable*). VSWR *input* ($VSWR_1$) dan VSWR *output* ($VSWR_2$) pada frekuensi 630 MHz berturut-turut bernilai 1.118 dan 1.148. Nilai keduanya kali ini sudah sesuai dengan spesifikasi awal LNA, yaitu < 2 .

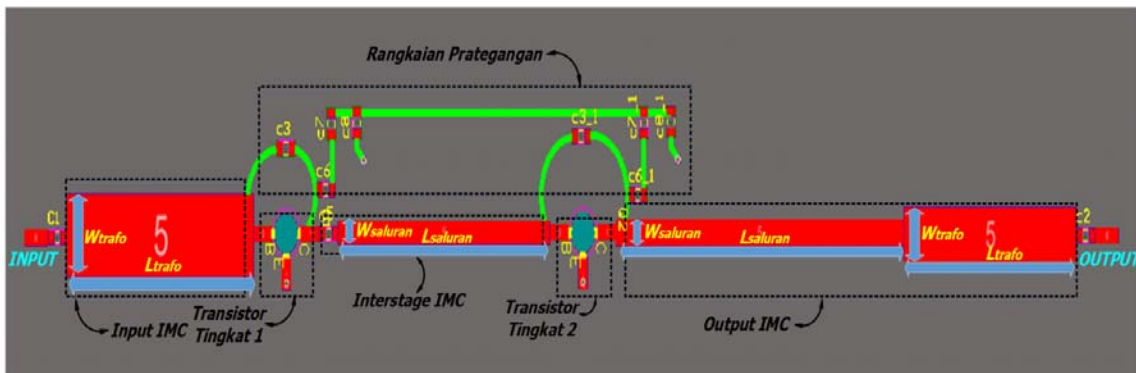
Ketika semua nilai parameter sudah sesuai dengan spesifikasi awal, maka tahap selanjutnya adalah perealisasi/pabrikasi LNA. Untuk mendapatkan desain *layout* PCB dari skematik LNA yang telah dibuat, pada penelitian ini digunakan *software* Altium Designer untuk mempermudah realisasinya. Tampilan *layout* LNA yang akan digunakan untuk proses realisasi/pabrikasi tersaji pada Gambar 10.



Gambar 8. Desain Skematik LNA Setelah Optimasi



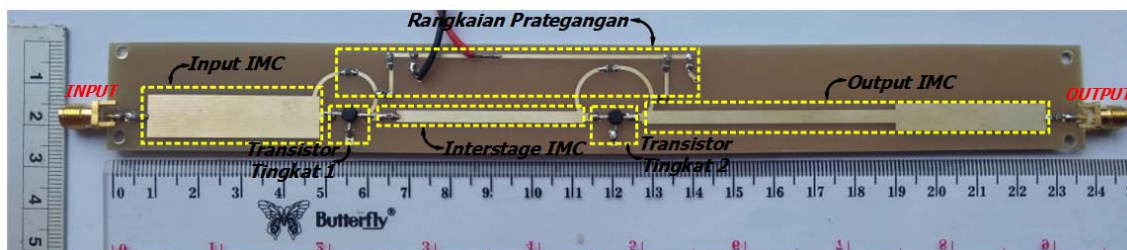
Gambar 9. Hasil Simulasi Desain LNA Setelah Optimasi (a) VSWR dan K; (b) NF dan Gain



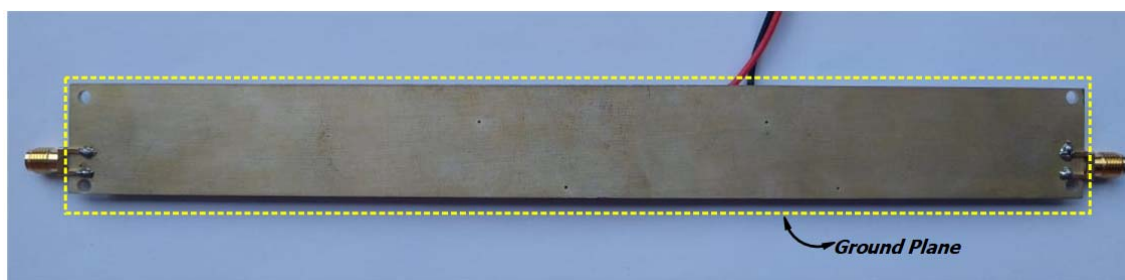
Gambar 10. Tampilan Layout LNA

3.3 Realisasi LNA

Setelah hasil simulasi parameter sesuai dengan spesifikasi awal, maka langkah selanjutnya adalah melakukan realisasi/pabrikasi LNA kedalam bentuk PCB. Realisasi/pabrikasi dilakukan dengan bantuan jasa percetakan PCB dengan mengirimkan *file* desain *layout* PCB. Berikut Gambar 11 dan Gambar 12 menunjukkan tampilan realisasi dari LNA.



Gambar 11. Tampilan Depan LNA Hasil Realisasi

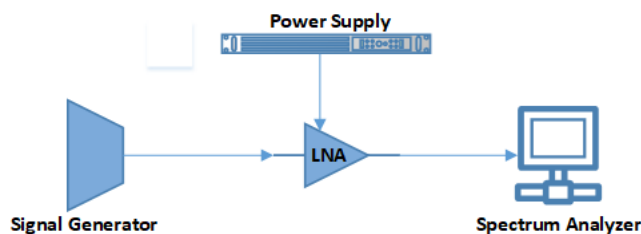


Gambar 12. Tampilan Belakang LNA Hasil Realisasi

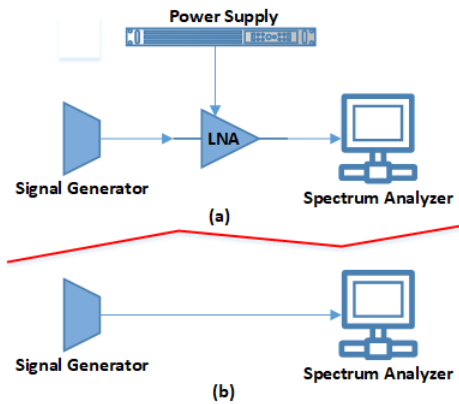
Gambar 11 memperlihatkan tampilan LNA pada *top layer*, yakni tempat komponen dan *stripline* penyepadatan impedansi diletakkan. Sementara itu, Gambar 12 memperlihatkan tampilan LNA pada *bottom layer*, yakni sebagai bidang *groundplane* LNA tersebut. Terminal-terminal *ground* pada *top layer* juga dihubungkan dengan *groundplane* menggunakan *through hole*.

3.4 Hasil Pengukuran LNA

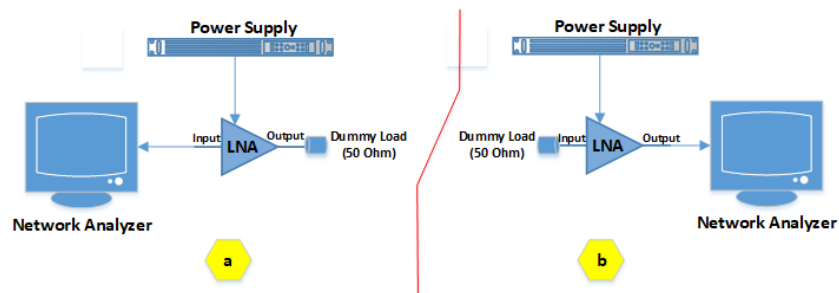
Pengukuran VSWR dilakukan dengan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) merek Transcom *Instruments* tipe T5280A (200 kHz - 5 GHz), sedangkan pengukuran *Gain* dan NF dilakukan dengan menggunakan *Spectrum Analyzer* (SA) merek Rigol tipe DSA875 (9 kHz - 7.5 GHz). Pengukuran dilakukan di *Wireless Communication Laboratory D3* Teknologi Telekomunikasi Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom Bandung. *Set-up* pengukuran LNA ditunjukkan oleh Gambar 13, Gambar 14, dan Gambar 15. Sementara itu, hasil pengukuran *Gain* dan VSWR dari LNA yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18.



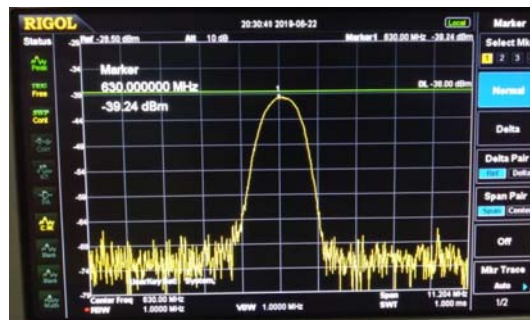
Gambar 13. *Set-up* Pengukuran *Gain*



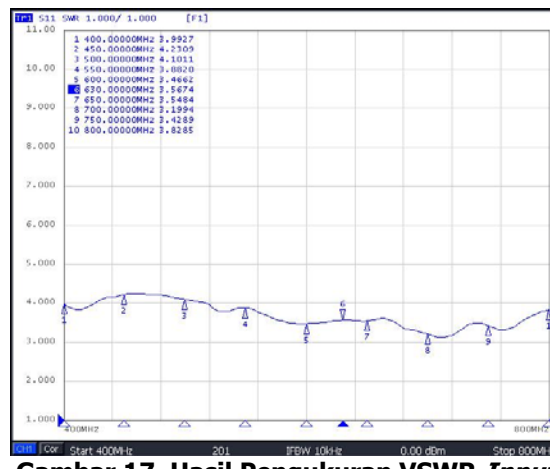
Gambar 14. *Set-up* Pengukuran NF



Gambar 13. *Set-up* Pengukuran VSWR

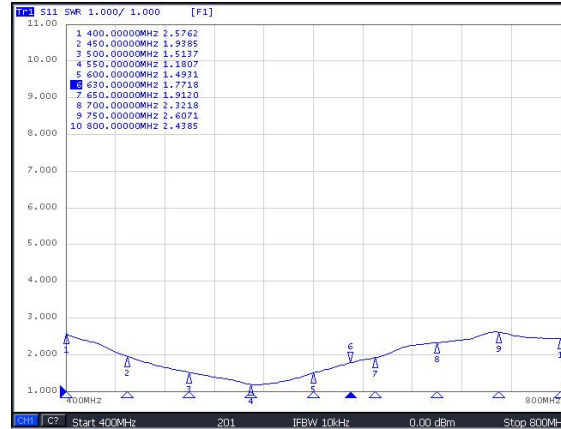


Gambar 16. Hasil Pengukuran *Gain Output* Pada Frekuensi 630MHz Dengan Level Daya *Input* -50dBm



Gambar 17. Hasil Pengukuran VSWR *Input*

Realisasi LNA Dua Tingkat dengan Teknik Penyesuaian Impedansi Trafo $\lambda/4$ dan *Lumped Element* untuk DVB-T2



Gambar 18. Hasil Pengukuran VSWR Output

Pada Gambar 18, terlihat bahwa level daya *output* LNA bernilai -39.24 dBm ketika diberikan level daya *input* sebesar -50 dBm. Dari data level daya *output* tersebut, nilai *gain* dapat diperoleh dengan Persamaan (14) (Djalil, Budiarto, & Sumajudin, 2011):

$$Gain (dB) = P_{Out} - P_{In} + Cable Loss, \quad (14)$$

dengan P_{Out} adalah daya keluaran dan P_{In} adalah daya masukan. Pada pengukuran ini, harga *Cable Loss* sebesar 2.2 dB. Sehingga, *gain* yang diperoleh adalah sebesar 12.96 dB. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi awal LNA, yaitu > 10 dB.

Pada Gambar 14 dan Gambar 15, terlihat bahwa perolehan VSWR *input* dan *output* pada frekuensi 630 MHz berturut-turut, yaitu sebesar 3.5674 dan 1.7718. Nilai VSWR *input* masih belum sesuai dengan spesifikasi awal LNA. Hal ini bisa disebabkan karena dimensi *stripline* yang terlalu besar sehingga mudah untuk terinterferensi oleh sinyal yang lain. Sementara itu, nilai VSWR *output* sudah sesuai dengan spesifikasi awal LNA, yaitu < 2.

Pengukuran NF dilakukan dengan metode *Signal Input to Noise Ratio* (SINR). Metode ini berkonsep pada perhitungan selisih antara SINR *output* ($SINR_{Out}$) dan SINR *input* ($SINR_{In}$). Variabel yang perlu dicari adalah P_{Out} , N_{Out} , P_{In} , dan N_{In} . P_{Out} yaitu level daya *output* yang tampil pada *Spectrum Analyzer* ketika LNA terpasang. N_{Out} yaitu *noise output* yang terbaca pada *Spectrum Analyzer* ketika LNA terpasang. P_{In} yaitu level daya *input* yang tampil pada *Spectrum Analyzer* ketika LNA dilepaskan. N_{In} yaitu *noise input* yang terbaca pada *Spectrum Analyzer* ketika LNA dilepaskan. Adapun nilai variabel yang terukur adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai Variabel Untuk Penentuan NF

Nama Variabel			
P_{Out}	N_{Out}	P_{In}	N_{In}
-39.24 dBm	-59.38 dBm	-50 dBm	-74.19 dBm

Untuk memperoleh NF, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut (Lestari, Endroyono, & Hendrantoro, 2012).

$$\begin{aligned}
 NF &= SINR_{In} - SINR_{Out}, & (15) \\
 NF &= [(P_{In} - N_{In}) - (P_{Out} - N_{Out})], \\
 NF &= [(-50 + 74.19) - (-39.24 + 59.38)], \\
 NF &= [(24.19) - (20.14)], \\
 NF &= 4.05 dB,
 \end{aligned}$$

Pada hasil perhitungan di atas, terlihat bahwa perolehan NF yaitu sebesar 4.05 dB. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi awal LNA, yaitu < 5 dB.

3.5 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Perbandingan hasil simulasi parameter LNA dengan hasil pengukurannya pada frekuensi 630 MHz disajikan dalam Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Parameter LNA

N Eksperimen	NF (dB)	Gain (dB)	VSWR <i>Input</i> dan <i>Output</i>
N1	1.769	20.112	2.342 dan 2.868
N2	1.541	22.772	1.075 dan 1.175
N3	1.532	22.772	1.118 dan 1.148
N4	4.05	12.96	3.5674 dan 1.7718

Merujuk pada Tabel 5, N1, N2, N3, dan N4 berturut-turut merupakan simulasi hasil perhitungan awal, optimasi perhitungan ulang, optimasi dengan meniadakan *stripline* saluran utama *input*, dan realisasi. Tabel 5 juga memperlihatkan bahwa parameter pada N4 yang belum memenuhi spesifikasi awal perancangan adalah VSWR *Input*. Nilai VSWR *Input* masih > 2 , yaitu 3.5674. Hal ini bisa terjadi karena kesalahan dalam perhitungan sehingga dimensi *stripline input* tidak dapat menyempadankan rangkaian LNA. Kekurangan ini akan menjadi bahan evaluasi untuk penelitian selanjutnya. Akan tetapi, dari hasil pengukuran secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa LNA sudah memenuhi spesifikasi utamanya, yaitu *Gain* dan NF yang baik. Maka dari itu, LNA yang diusulkan sudah layak untuk digunakan pada aplikasi DVB-T2.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan merealisasikan sebuah LNA untuk penerapan pada DVB-T2 dengan frekuensi 630 MHz. Dari hasil pengukuran setelah dilakukan beberapa kali optimasi, maka diperoleh nilai *Gain* sebesar 12.96 dB, NF sebesar 4.05 dB, serta VSWR *Input* dan *Output* berturut-turut sebesar 3.5674 dan 1.7718. Nilai-nilai dari parameter tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, kecuali untuk nilai VSWR *Input*. Dari keseluruhan proses simulasi dan pengukuran dapat disimpulkan bahwa LNA yang realisasikan telah memenuhi kriteria dan cocok untuk digunakan pada aplikasi DVB-T2. Untuk penelitian selanjutnya, akan dilakukan *field measurement* ketika infrastruktur TV Komunitas telah berhasil dibangun.

DAFTAR RUJUKAN

- Chang-Tsung Fu, Chien-Nan Kuo, & Taylor, S. S. (2010). Low-Noise Amplifier Design With Dual Reactive Feedback for Broadband Simultaneous Noise and Impedance Matching. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, *58*(4), 795–806. <https://doi.org/10.1109/TMTT.2010.2041570>
- Chang, K. (2000). *RF and Microwave Wireless Systems*. (K. Chang, Ed.) (1st ed., Vol. 7). New York: Wiley-Interscience.
- Djalil, A., Budianto, & Sumajudin, B. (2011). Perancangan dan Realisasi Low Noise Amplifier 800MHz. *Fakultas Elektro Dan Komunikasi Institut Teknologi Telkom*, *1*, 1–6.

- Iskander, M. F. (2012). *Electromagnetic Fields and Waves* (2nd ed.). Utah: Waveland Pres, Inc.
- Kim, N. Y. (2014). LNA and Mixer for Broadband Digital Video Broadcasting (DVB) Application Using CMOS Process. *International Journal of Electrical and Power Engineering*, 8(1), 11–18.
- KOMINFO. (2012). Peraturan Menteri KOMINFO Nomor 5 tahun 2012 tentang Standar Penyiaran Televisi Digital Terrestrial Penerimaan Tetap Tidak Berbayar (Free To Air).
- Lestari, P. E. W., Endroyono, & Hendratoro, G. (2012). Perancangan dan Pembuatan Rangkaian RF Low Noise Amplifier (LNA) Untuk Payload Nano Satelit Frekuensi 145MHz Inusat-01. *Penelitian Strategi Nasional 2012*, 1(1), 1–6.
- Misran, M. H., MeorSaid, M. A., M.A.Othman, Ismail, M. M., Sulaiman, H. A., & Cheng, K. G. (2013). Design of Low Noise Amplifier using Feedback and Balanced Technique for WLAN Application. *Procedia Engineering*, (pp. 323–331. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.042>
- Motorola Inc. (1994). *The RF Line NPN Silicon High-Frequency Transistor BFR96*.
- Pozar, D. M. (1998). *Microwave Engineering*. (C. Robey, Ed.) (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Raut, R. L., & Deshmukh, A. Y. (2014). A 3 to 5GHz Common Source Low Noise Amplifier Using 180nm CMOS Technology for Wireless Systems. *International Journal of Computer Engineering and Applications*, 5(3), 43–50.
- SURJATI, I., ALAM, S., & NINGSIH, Y. K. (2019). Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Log Periodik dengan Elemen Parasitik Air Gap untuk Aplikasi TV Digital DVB-T2. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(2), 324. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v7i2.324>
- Taryana, Y., Sulaeman, Y., Wahyu, Y., Armi, N., Paramayudha, K., & Rojak, R. A. (2015). Design of two stage low noise amplifier using double stub matching network. In *2015 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICARES.2015.7429833>
- Tsaraklmanis, A., & Karagianni, E. (2011). Low Noise Amplifier Design for Digital Television Applications. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, 3(07), 291–296. <https://doi.org/10.4236/jemaa.2011.37047>
- Wibisono, G., Firmansyah, T., & Ma'arang, D. (2012). Perancangan LNA untuk Radar Automatic Dependent Surveillance- Broadcast (ADS-B) Pada Frekuensi 1090 MHz dengan Multistub Matching. *Sistem Kendali Tenaga Elektronika Telekomunikasi Komputer (SETRUM)*, 1(1), 18–23.