

# Perancangan LNA untuk Radar Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Pada Frekuensi 1090 MHz dengan Multistub Matching

Gunawan Wibisono<sup>1</sup>; Teguh Firmansyah<sup>2</sup>; Daverius Ma'arang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Universitas Indonesia. Kampus UI Depok, 461425, <sup>2</sup>Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Jl. Jendral Sudirman Km. 3 Cilegon, <sup>3</sup>Daverius Ma,arang, Kementerian Perhubungan.

<sup>1</sup>gunawan@eng.ui.ac.id., <sup>2</sup>teguh.firmansyah1@gmail.com, <sup>3</sup>dwi\_muji@yahoo.com.

**Abstrak**— Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) adalah perlengkapan dari sistem radar untuk menjangkau daerah yang sulit. Untuk aplikasi radar, ADS-B memerlukan LNA dengan gain dan stabilitas yang tinggi serta noise figure (NF) dan return loss yang rendah. Untuk menghasilkan LNA dengan spesifikasi yang baik pada penelitian ini akan dirancang LNA menggunakan FET transistor-NE3210S01 dengan DC bias,  $V_{DS} = 2\text{ V}$  dan  $I_D = 10\text{ mA}$  agar dapat mencapai gain yang tinggi dengan NF yang rendah. Rangkaian multi-stub impedance matching digunakan untuk menekan return loss dan VSWR. Rangkaian LNA yang dirancang dengan single-stub matching memiliki output gain ( $S_{21}$ ) = 39.726 dB, input return loss ( $S_{11}$ ) = -25.368 dB, bandwidth = 20 MHz, NF = 0,808 dB, VSWR = 1.114 dan stability factor ( $K$ ) = 4.175. Sementara itu LNA yang dirancang dengan multi-stub matching memiliki keluaran yang lebih baik, gain ( $S_{21}$ ) = 41.744 dB, input return loss ( $S_{11}$ ) = -30.014 dB, bandwidth = 20 MHz, NF = 0778 dB, VSWR = 1.065 and stability factor ( $K$ ) = 2.154.

**Kata kunci** ; ADS-B, LNA, Single-stub, Multi-stub, FET-NE3210S01.

**Abstract** – Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) is a fixture of the radar system to reach difficult areas. For radar applications, ADS-B requires LNA with high gain and stability as well as the noise figure (NF) and low return loss. To produce baik pada LNA with the specifications of this research will be designed LNA using a FET transistor-NE3210S01 with DC bias,  $V_{DS} = 2\text{ V}$  and  $I_D = 10\text{ mA}$  in order to achieve high gain with low NF. The series of multi-stub impedance matching is used to suppress the return loss and VSWR. LNA circuit is designed with single-stub matching has an output gain ( $S_{21}$ ) = 39 726 dB, input return loss ( $S_{11}$ ) = -25 368 dB, bandwidth = 20 MHz, NF = 0.808 dB, VSWR = 1,114 and stability factor ( $K$ ) = 4,175. Meanwhile LNA designed with multi-stub matching has a better output, the gain ( $S_{21}$ ) = 41 744 dB, input return loss ( $S_{11}$ ) = -30 014 dB, bandwidth = 20 MHz, NF = 0778 dB, VSWR = 1,065 and stability factor ( $K$ ) = 2,154.

**Keywords** :. ADS-B, LNA, Single-stub, Multi-stub, FET-NE3210S01.

## I. PENDAHULUAN

Sistem otomasi pemanduan lalu lintas udara Air Traffic Control (ATC) diruang udara Jakarta dikenal dengan istilah Jakarta Automated Air Traffic Control System (JAATS) yang terpasang di Bandara Soekarno Hatta. Pada sistem ATC inputan berasal dari peralatan pengamatan sensor yang berupa : Primary Surveillance Radar (PSR), Secondary Surveillance Radar(SSR), Mono Pulse SSR (MSSR), Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B), Automatic Dependent Surveillance-Contract (ADS-C), dan Multilateration (MLAT) [1]-[2]. ADS-B merupakan salah satu peralatan yang menjadi pelengkap peralatan radar agar dapat menjangkau daerah yang sulit karena letak geografis. ADS-B adalah perangkat penerima (receiver) yang bekerja pada frekuensi 1090 MHz [1]. Salah satu modul penyusun

sistem peralatan ADS-B yang bernama Antenna Amplifier Unit (AAU), modul ini berisikan antena, band pass filter (BPF) dan low noise amplifier (LNA).

LNA digunakan untuk menguatkan sinyal dengan nilai noise yang tetap kecil. Beberapa pertimbangan utama dalam desain LNA diantaranya stabilitas ( $K$ ), gain, bandwidth (BW), noise figure (NF), bias DC, return loss dan VSWR

Semua faktor tersebut sangat berkaitan dengan komponen transistor yang digunakan [3]-[4]. Sementara itu, nilai return loss dan VSWR dapat ditekan dengan mengoptimasi matching impedansinya [4]. Nilai return loss dan VSWR menjadi sangat penting karena sinyal radar yang diterima memiliki power yang kecil [2].

Untuk aplikasi radar ADS-B diperlukan LNA yang memiliki gain dan kestabilan yang tinggi dengan NF dan return loss yang rendah [1][5]. Untuk memperoleh hal

tersebut maka pada penelitian ini dirancang LNA menggunakan transistor FET-NE3210S01 dengan bias DC,  $V_{DS} = 2\text{ V}$  dan  $I_D = 10\text{ mA}$  agar memperoleh gain yang tinggi dengan noise figure rendah [6] dan untuk tetap menjaga nilai gain dan kestabilannya digunakan 2-stage secara cascade. Sementara itu, digunakan multi-stub pada rangkaian matching impedansinya untuk menurunkan nilai return loss dan VSWR dan digunakan inter-stage matching agar penyaluran power lebih optimal dari kedua transistor tersebut. Karakteristik LNA yang akan dirancang yaitu memiliki frekuensi kerja 1090 MHz, gain > 20 dB, NF < 1, VSWR<sub>max</sub> = 2, dan return loss < -10 dB [1].

Beberapa perancangan LNA yang telah ada diantaranya dilakukan oleh Che Halim [7], yang merancang LNA cascade pada frekuensi 5-6 GHz, dengan nilai input/output return loss < -10dB. Gain = 57 dB and NF = 1,16 dB. LNA ini menggunakan triple-stage amplifier cascade dengan menggunakan rangkaian matching berupa komponen lumped. Nilai gain yang tinggi disebabkan penggunaan triple-stage amplifier.

Sementara itu, Mashury [8], merancang sebuah LNA FM-CW RADAR yang bekerja pada frekuensi 9.370 – 9.430 MHz menggunakan dual-stage cascade LNA dan single-stub matching. Gain yang dihasilkan sebesar 17.5 dB dengan noise figure 2 dB dan  $K > 1$ . Nilai return loss dan VSWR yang tinggi menjadi catatan tersendiri untuk penelitian ini.

Dari berbagai penelitian dengan berbagai metode yang diusulkan [7][8], terlihat bahwa nilai gain dan NF sangat dipengaruhi oleh jenis transistor dan DC bias yang digunakan, dan nilai VSWR juga return loss dipengaruhi oleh matching impedansinya. [9]-[12]

Untuk aplikasi LNA radar ADS-B, maka pada penelitian ini diusulkan penggunaan FET-NE3210S01 secara dual-stage cascade untuk memperoleh gain dan kestabilan yang tinggi, selain itu karena sinyal yang diterima memiliki power yang rendah maka diusulkan untuk menerapkan multistub pada matching impedansinya sehingga nilai return loss dan VSWR nya rendah

Perancangan LNA disimulasikan dalam Advance Design System (ADS). Untuk menverifikasi performansi LNA yang di desain, hasil simulasi LNA multi-stub yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil LNA single-stub dengan tetap mempertahankan nilai DC biasnya.

## II. PRENCANGAN LOW NOISE AMPLIFIER

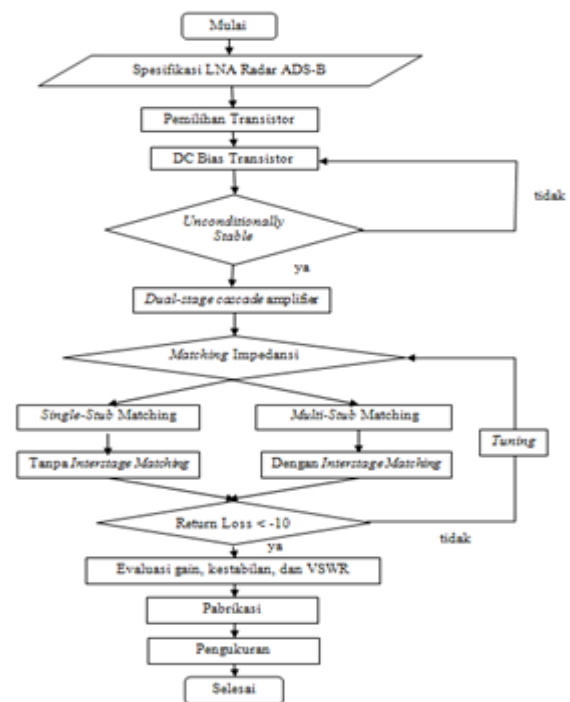
### A. Spesifikasi LNA

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sebuah LNA menggunakan transistor FET-NE3210S01

dengan bias DC,  $V_{DS} = 2\text{ V}$  dan  $I_D = 10\text{ mA}$ . Karakteristik LNA yang akan dirancang yaitu memiliki frekuensi kerja 1090 MHz, bandwidth = 20 MHz, gain > 20 dB, NF < 1, VSWR<sub>max</sub> < 1,5, dan return loss < -10 dB [1]. LNA ini berbasis mikrostrip pada frekuensi 1090 MHz untuk aplikasi radar Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B).

### B. Alur Perancangan LNA ADS-B

Diagram alir perancangan LNA radar ADS-B ditunjukkan pada Gambar 1.



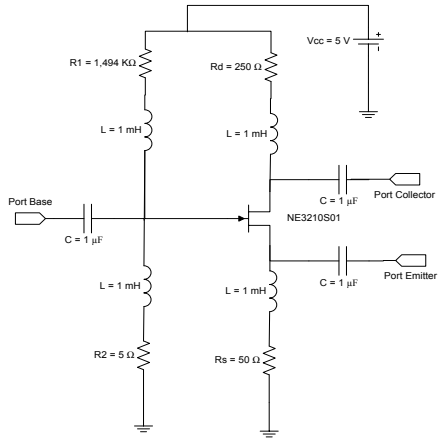
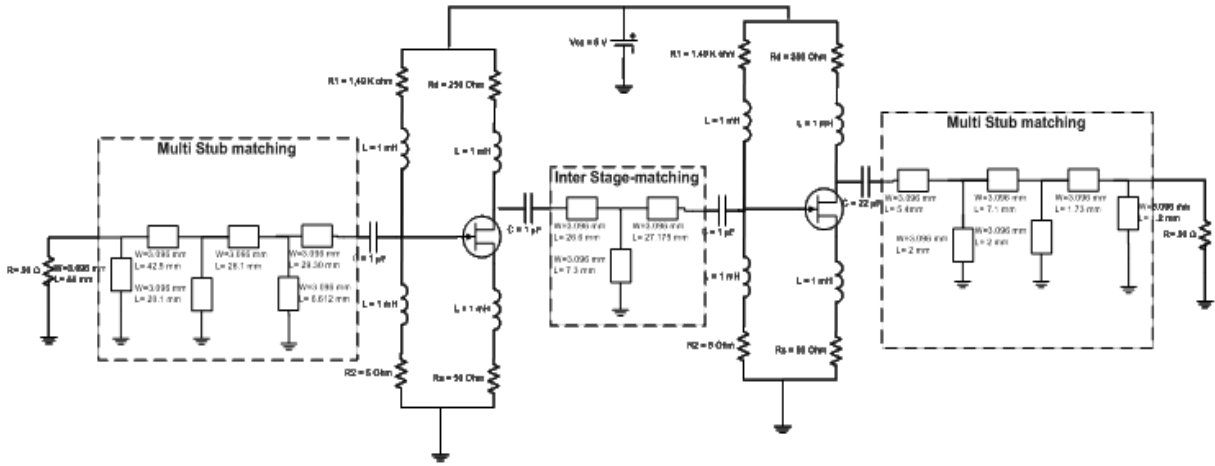
Gambar 1. Alur perancangan LNA ADS-B

Dengan perhitungan pada [3] dan [8] didapatkan nilai komponen yang menghasilkan bias seperti yang terlihat pada Gambar 2.

$$R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} \rightarrow R_D = \frac{5 - 2,5\text{ V}}{10 \cdot 10^{-3}} = 250\ \Omega$$

$$V_G = \frac{5\ \Omega (5\text{ V})}{1,497\ \text{K}\Omega} \rightarrow V_G = 16,70\ \text{mV}$$

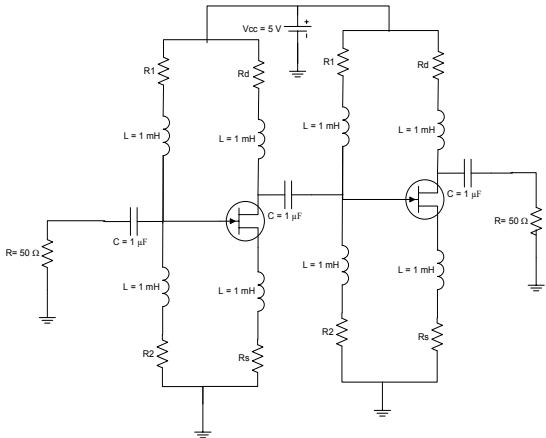
$$R_G = \frac{V_G - V_{GS}}{I_D} \rightarrow R_G = \frac{16,70\ \text{mV} - (-404\ \text{mV})}{10 \cdot 10^{-3}} \rightarrow R_G = 50\ \Omega$$



Gambar 2. Rangkaian dengan DC bias

C. Simulasi S-Parameter

Untuk meningkatkan gain dan kestabilan maka digunakan cascade amplifier seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian dengan DC bias

Dari hasil simulasi, diperoleh karakteristik DC bias transistor pada frekuensi 1090 MHz secara cascade seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik DC bias transistor

freq	S11	S12	S21	S22	SWRport1
900.0 MHz	0.9221 -j13.344	5.6206e-04 142.073	47.0771 -j46.926	0.6544 -j12.131	4.676
910.0 MHz	0.9211 -j13.353	5.6206e-04 141.948	47.0765 -j46.914	0.6531 -j12.145	4.674
920.0 MHz	0.9201 -j13.362	5.6206e-04 141.823	47.0759 -j46.902	0.6518 -j12.159	4.672
930.0 MHz	0.9191 -j13.371	5.6206e-04 141.698	47.0753 -j46.890	0.6505 -j12.173	4.670
940.0 MHz	0.9181 -j13.380	5.6206e-04 141.573	47.0747 -j46.878	0.6492 -j12.187	4.668
950.0 MHz	0.9171 -j13.389	5.6206e-04 141.448	47.0741 -j46.866	0.6479 -j12.201	4.666
960.0 MHz	0.9161 -j13.398	5.6206e-04 141.323	47.0735 -j46.854	0.6466 -j12.215	4.664
970.0 MHz	0.9151 -j13.407	5.6206e-04 141.198	47.0729 -j46.842	0.6453 -j12.229	4.662
980.0 MHz	0.9141 -j13.416	5.6206e-04 141.073	47.0723 -j46.830	0.6440 -j12.243	4.660
990.0 MHz	0.9131 -j13.425	5.6206e-04 140.948	47.0717 -j46.818	0.6427 -j12.257	4.658
1000.0 MHz	0.9121 -j13.434	5.6206e-04 140.823	47.0711 -j46.806	0.6414 -j12.271	4.656
1010.0 MHz	0.9111 -j13.443	5.6206e-04 140.698	47.0705 -j46.794	0.6401 -j12.285	4.654
1020.0 MHz	0.9101 -j13.452	5.6206e-04 140.573	47.0699 -j46.782	0.6388 -j12.299	4.652
1030.0 MHz	0.9091 -j13.461	5.6206e-04 140.448	47.0693 -j46.770	0.6375 -j12.313	4.650
1040.0 MHz	0.9081 -j13.470	5.6206e-04 140.323	47.0687 -j46.758	0.6362 -j12.327	4.648
1050.0 MHz	0.9071 -j13.479	5.6206e-04 140.198	47.0681 -j46.746	0.6349 -j12.341	4.646
1060.0 MHz	0.9061 -j13.488	5.6206e-04 140.073	47.0675 -j46.734	0.6336 -j12.355	4.644
1070.0 MHz	0.9051 -j13.497	5.6206e-04 139.948	47.0669 -j46.722	0.6323 -j12.369	4.642
1080.0 MHz	0.9041 -j13.506	5.6206e-04 139.823	47.0663 -j46.710	0.6310 -j12.383	4.640
1090.0 MHz	0.9031 -j13.515	5.6206e-04 139.698	47.0657 -j46.698	0.6297 -j12.397	4.638
1100.0 MHz	0.9021 -j13.524	5.6206e-04 139.573	47.0651 -j46.686	0.6284 -j12.411	4.636
1110.0 MHz	0.9011 -j13.533	5.6206e-04 139.448	47.0645 -j46.674	0.6271 -j12.425	4.634
1120.0 MHz	0.9001 -j13.542	5.6206e-04 139.323	47.0639 -j46.662	0.6258 -j12.439	4.632
1130.0 MHz	0.8991 -j13.551	5.6206e-04 139.198	47.0633 -j46.650	0.6245 -j12.453	4.630
1140.0 MHz	0.8981 -j13.560	5.6206e-04 139.073	47.0627 -j46.638	0.6232 -j12.467	4.628
1150.0 MHz	0.8971 -j13.569	5.6206e-04 138.948	47.0621 -j46.626	0.6219 -j12.481	4.626
1160.0 MHz	0.8961 -j13.578	5.6206e-04 138.823	47.0615 -j46.614	0.6206 -j12.495	4.624
1170.0 MHz	0.8951 -j13.587	5.6206e-04 138.698	47.0609 -j46.602	0.6193 -j12.509	4.622
1180.0 MHz	0.8941 -j13.596	5.6206e-04 138.573	47.0603 -j46.590	0.6180 -j12.523	4.620
1190.0 MHz	0.8931 -j13.605	5.6206e-04 138.448	47.0597 -j46.578	0.6167 -j12.537	4.618
1200.0 MHz	0.8921 -j13.614	5.6206e-04 138.323	47.0591 -j46.566	0.6154 -j12.551	4.616
1210.0 MHz	0.8911 -j13.623	5.6206e-04 138.198	47.0585 -j46.554	0.6141 -j12.565	4.614
1220.0 MHz	0.8901 -j13.632	5.6206e-04 138.073	47.0579 -j46.542	0.6128 -j12.579	4.612
1230.0 MHz	0.8891 -j13.641	5.6206e-04 137.948	47.0573 -j46.530	0.6115 -j12.593	4.610
1240.0 MHz	0.8881 -j13.650	5.6206e-04 137.823	47.0567 -j46.518	0.6102 -j12.607	4.608
1250.0 MHz	0.8871 -j13.659	5.6206e-04 137.698	47.0561 -j46.506	0.6089 -j12.621	4.606

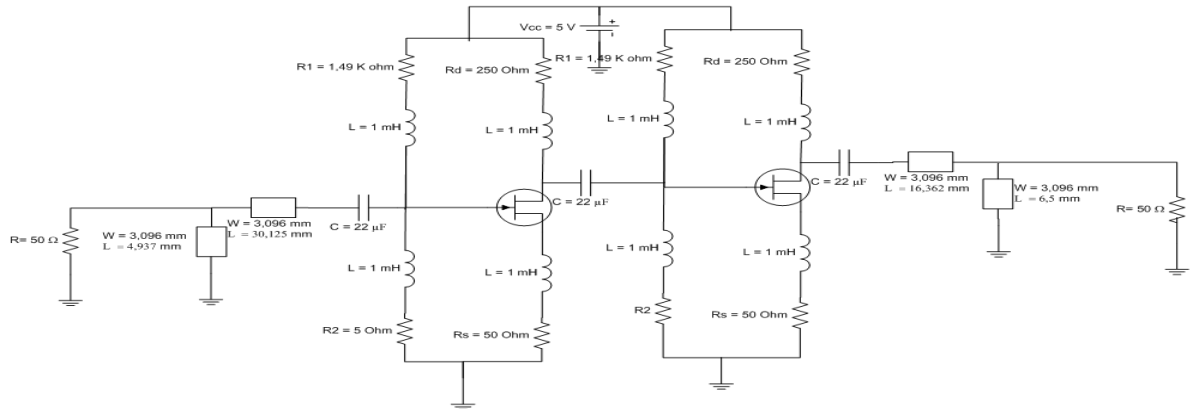
Dari Tabel 1 didapat  $S_{11} = 0,92 \angle -15,175$  ;  $S_{12} = 2,522 E-4 \angle 136,199$  ;  $S_{21} = 44,450 \angle -57,591$  ;  $S_{22} = 0.621 \angle -11,388$  ; dengan  $K = 4,951$ . Terlihat bahwa nilai  $S_{21} > 1$  mencerminkan kondisi yang unconditionally stable dengan  $K = 4,951$ , sehingga konfigurasi bias tersebut dapat dipergunakan untuk perancangan LNA.

D. Matching Impedance

Rangkaian matching impedance terdiri dari input dan output yang dirancang dengan impedansi karakteristik yang berbeda. Langkah pertama yaitu menentukan nilai admitansi sumber  $Y_S$  dan admitansi beban  $Y_L$ . Besarnya nilai  $Y_S$  dan  $Y_L$  bergantung pada koefisien refleksi sumber  $\Gamma_S$  dan koefisien refleksi beban  $\Gamma_L$ . Pada LNA, nilai  $Y_S$  bergantung pada nilai :

$$\Gamma_S = \Gamma_{OPT}$$

$$\text{Sehingga } \Gamma_S = \Gamma_{OPT} = 0.954 \angle 3.380$$



Gambar 5. Rangkaian lengkap LNA dengan multi-

$$Y_S = \frac{1}{50} \left( \frac{1-\Gamma_S}{1+\Gamma_S} \right) = \frac{1}{50} \left( \frac{1-\Gamma_{OPT}}{1+\Gamma_{OPT}} \right)$$

$$= \frac{1}{50} \left( \frac{1-0,954\angle 3,380^0}{1+0,954\angle 3,380^0} \right) = 0,0007549\angle -51,374^0$$

Apabila dalam bentuk bilangan kompleks, maka nilai  $Y_S = 4,71.10^{-4} - i 5,88.10^{-4}$

Penentuan nilai admitansi beban  $Y_L$  ditentukan oleh nilai dari koefisien refleksi beban  $\Gamma_L$  ditentukan yang diberikan oleh

$$\Gamma_L = \left( S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_{OPT}}{1-S_{11}\Gamma_{OPT}} \right)$$

$$= \left( 0,621\angle -11,388^0 + \frac{(0,0002\angle 136,199^0)(44,450\angle -57,591^0)(0,954\angle 3,380^0)}{1-(0,912\angle -15,175^0)(0,954\angle 3,380^0)} \right)$$

$$= 0,648\angle 9,18^0$$

Sehingga nilai  $Y_L$  :

$$Y_L = \frac{1}{50} \left( \frac{1-\Gamma_L}{1+\Gamma_L} \right) = \frac{1}{50} \left( \frac{1-0,648\angle 9,18^0}{1+0,648\angle 9,18^0} \right)$$

dalam bentuk bilangan kompleks

$$Y_L = 0,00429 - j0,00153 \text{ S}$$

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan nilai matching impedansi dengan nilai menggunakan  $Y_S = 4,71.10^{-4} - i5,88.10^{-4}$  dan nilai  $Y_L = 0,00429 - j0,00153 \text{ S}$

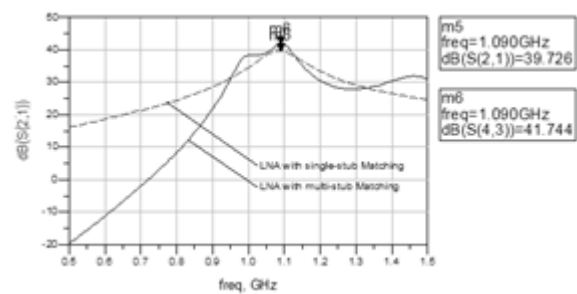
Dengan menggunakan *smith chart* diperoleh nilai panjang transmission line sebesar  $\theta$  dengan impedansi 50  $\Omega$ . Rangkaian lengkap LNA dengan *single-stub* terlihat pada Gambar 4, sementara rangkaian lengkap LNA dengan *multi-stub* terlihat pada Gambar 5.

### III. HASIL SIMULASI DAN ANALISA

Pada bagian ini akan dibahas kinerja dari LNA yang didesain menggunakan software ADS.

#### A. Simulasi (S21) dari LNA

Hasil simulasi gain rangkaian LNA terlihat pada Gambar 6.

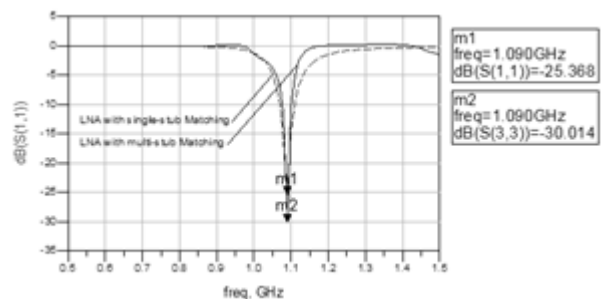


Gambar 6. Perbandingan hasil gain (S21) LNA

Hasil simulasi menunjukan bahwa rangkaian lengkap LNA dengan single-stub matching memiliki nilai  $\text{dB}(S_{21}) = 39,726 \text{ dB}$ . Sementara rangkaian LNA dengan multi-stub matching memiliki gain  $\text{dB}(S_{21})$  yang lebih baik yaitu sebesar  $\text{dB}(S_{21}) = 41,744 \text{ dB}$ . Hal tersebut terjadi karena pada rangkaian LNA dengan multi-stub matching memiliki fokus power yang lebih tinggi sehingga gain yang dihasilkan lebih optimal.

#### B. Simulasi Input Return Loss (S11) dari LNA

Hasil simulasi input return loss (S11) rangkaian lengkap LNA dengan single-stub matching tampak dan rangkaian LNA dengan multi-stub matching tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Hasil Input Return Loss (S11) LNA

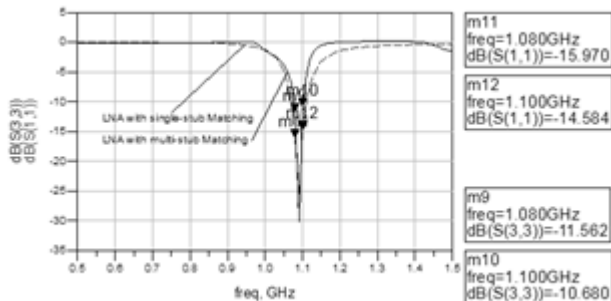
Hasil simulasi menunjukkan bahwa rangkaian lengkap LNA dengan single-stub matching memiliki nilai return loss  $\text{dB}(S_{11}) = -25,368 \text{ dB}$ . Sementara rangkaian

LNA dengan multi-stub matching memiliki return loss  $\text{dB}(S_{11})$  yang lebih baik yaitu sebesar  $\text{dB}(S_{11}) = -$

30,014 dB. Nilai return loss yang kecil disebabkan menggunakan multistub matching, yang mengakibatkan transmisi power ke LNA dari sumber berjalan lebih optimal.

C. Simulasi Bandwidth dari LNA

Hasil simulasi nilai bandwidth LNA terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan hasil bandwidth LNA

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rangkaian lengkap LNA dengan single-stub matching memiliki bandwidth 20 MHz pada saat nilai :

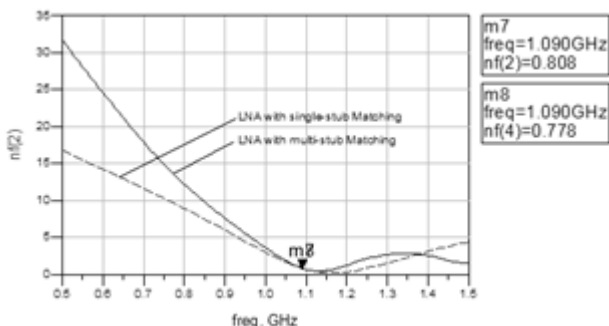
- a. Frekuensi atas 1080 MHZ memiliki nilai dB(S11) = -15,97 dB.
- b. Frekuensi atas 1100 MHZ memiliki nilai dB(S11) = -14,58 dB.

Sementara hasil simulasi rangkaian lengkap LNA dengan multi-stub matching memiliki bandwidth 20 MHz saat nilai :

- a. Frekuensi atas 1080 MHZ memiliki nilai dB(S11) = -11,562 dB.
- b. Frekuensi atas 1100 MHZ memiliki nilai dB(S11) = -10,680 dB.

D. Simulasi Noise Figure dari LNA

Hasil simulasi noise dari LNA terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan hasil noise figure LNA

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rangkaian lengkap LNA dengan single-stub matching memiliki nilai noise figure = 0.808 dB. Sementara rangkaian LNA

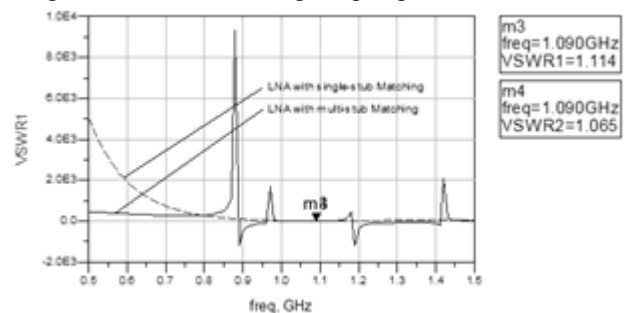
dengan multi-stub matching memiliki noise figure yang lebih baik yaitu sebesar nf = 0.778 dB.

Noise figure kedua perancangan masih dalam range spesifikasi yang diharapkan yaitu dibawah 1 dB. Hasil noise figure yang kecil ini lebih dikarenakan dari

penggunaan transistor yang memiliki noise figure yang rendah.

E. Simulasi VSWR dari LNA

Hasil simulasi VSWR rangkaian lengkap LNA dengan single-stub matching tampak dan rangkaian LNA dengan multi-stub matching tampak pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan VSWR LNA

Hasil simulasi VSWR terlihat pada Gambar 10 menunjukkan bahwa rangkaian lengkap LNA dengan single-stub matching VSWR = 1,114. Sementara rangkaian lengkap LNA dengan multi-stub matching memiliki VSWR = 1,065. Perbandingan nilai-nilai hasil simulasi terlihat secara lengkap pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Simulasi LNA dengan Single-stub dan Multi-stub Matching

Spesifikasi	LNA dengan Single-Stub Matching	LNA dengan Multi-Stub Matching
Frekuensi	1090 MHz	1090 MHz
Gain	39,726 dB	41,744 dB
Input Return Loss	-25,368 dB	-30,014 dB
Bandwidth	20 MHz	20 MHz
Noise Figure	0.808 dB	0.778 dB
VSWR	1,114	1,065
Stability Factor	4,715	2,154

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa kinerja LNA yang telah disimulasikan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Telah dirancang dua buah LNA Radar ADS-B pada frekuensi 1090 MHz yaitu rangkaian LNA dengan single-stub matching dan rangkaian LNA dengan multi-stub matching. Hasil yang diperoleh berupa:
  - i. Hasil perancangan dan simulasi rangkaian LNA dengan single-stub matching memiliki keluaran gain (S21) = 39,726 dB, input return loss (S11) = -25,368 dB, bandwiditih = 20 MHz, noise figure = 0.808 dB, VSWR = 1,114 dan stability factor (K) = 4,175.
  - ii. Sementara hasil perancangan dan simulasi rangkaian LNA dengan multi-stub matching memiliki keluaran lebih baik, yaitu gain (S21) = 41,744 dB, input return loss (S11) = -30,014 dB,

bandwidth = 20 MHz, noise figure = 0.778 dB,

VSWR = 1,065 dan stability factor (K) = 2,154.

- b. Terlihat bahwa LNA dengan multi-stub matching memiliki hasil keluaran yang lebih baik, peningkatan gain dikarenakan penggunaan inter-stage matching sehingga penyaluran power lebih optimal, sementara itu, penurunan return loss dan VSWR disebabkan penggunaan multi-stub matching yang menghasilkan matching lebih baik.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roland Weibel & Marisa Jenkin. "MIT International Center for Air Transportation Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Costs, Benefits, Applications, and Implementation Challenges Airline" Advisory Board Meeting November 6, 2008.
- [2] Kathleen O'Brien. "BOEING is a trademark of Boeing Management Company Boeing : Avionics – Air Traffic Management Boeing Commercial Airplanes" Civil Aviation System Modernization Symposium Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Taipei, Taiwan. July 27-28, 2009
- [3] Gonzalez, Gualermo. Microwave Transistor Amplifier . Anal -'sis and Design, 2""r ed. New Jersey : Prentice Hall, Inc. 1996.
- [4] Pozar, David M. Microwave Engineering, 2""1 edition. New York : Wiley and Sons, 1998.
- [5] Manual hook Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B).
- [6] "Data sheet NE3210 Super low noise". 22 April 2011.
- [7] Amplifier Halim, C." 5-6 GHz Front End Low Noise Amplifier" Telecommunication Technologies 2008 and 2008 2nd Malaysia Conference on Photonics. NCTT-MCP 2008. Page(s): 136 - 139.2008.
- [8] MashuryWahab. " Design and Simulation of high performance low noise amplifier for FM-CW Radar" PusatPenel 1 ti an Elektronikadan Telckomunikasi (PPET-LIPI). 2008.
- [9] Norhapizin, -I-NA for wireless using 0.15  $\mu\text{m}$  GaAS pHEMT cascode feedback" IEEE Explore. 2008.
- [10] Yueh-HuaYu. "A Compact Wideband CMOS Low Noise Amplifier With Gain Flatness Enhancement" IEEE Journal of Solid-State Circuits, Volume: 45 , Issue: 3, Page(s): 502 - 509.2010 .
- [11] Abbas, T. "Design of a two stage Low Noise Amplifier at Ku Band". The 17th International Conference. IEEE Conferences. Page(s): 40 - 45.2005.
- [12] Challal, M. "Microstrip design of low noise amplifier for application in narrowband and Wideband"Signals, Circuits and Systems, 2008. SCS 2008. 2nd International Conference. Page(s): 1 -4. 2008.