

# Perancangan *Concurrent* Dual Band *Low Noise Amplifier* untuk Monitoring Ground Check pada *Radio Navigation Aids*

Gunawan Wibisono  
Departement Teknik Elektro  
Fakultas Teknik. Universitas Indonesia (UI)  
Depok. Indonesia.  
gunawan@eng.ui.ac.id

Muh. Wildan  
Departement Teknik Elektro  
Fakultas Teknik. Universitas Indonesia (UI)  
Depok. Indonesia.  
muh.wildan77@gmail.com

**Abstract**—Pada penelitian ini dibahas perancangan rangkaian *concurrent* (simultan) dual band *Low Noise Amplifier* (LNA) untuk aplikasi *RF Field Detector* pada peralatan *Radio Navigation Aids* (RNA) untuk *monitoring ground check*. LNA ini bekerja pada peralatan VOR/ILS LOC dengan frekuensi VHF 108 – 118 MHz dan ILS GP pada frekuensi UHF 328,6 MHz – 335,4 MHz. Pada perancangan ini digunakan lumped element yang beresonansi pada frekuensi tengah 113,0 MHz dan 332,0 MHz. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *dual band LNA* ini dapat bekerja pada frekuensi 113,0 MHz dengan nilai gain ( $S_{21}$ ) masing-masing 24,11 dB dan 18,19 dB, input return loss ( $S_{11}$ ) masing-masing -39,35 dB dan -41,84 dB, NF sebesar 1,28 dB dan 1,25 dB pada kedua frekuensinya.

**Keywords**— *Dual Band, LNA, LC-Resonator, Radio Navigation Aids, VOR, ILS.*

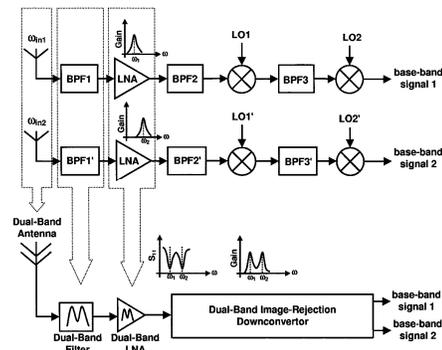
## I. PENDAHULUAN

Layanan fasilitas Navigasi Penerbangan mutlak diperlukan dalam Sistem pemanduan lalu lintas udara atau *Air Traffic Control* (ATC) dengan peralatan gelombang radio rambu udara atau *Radio Navigation Aids* (RNA). Informasi navigasi udara sebagai penunjang dan petunjuk bagi penerbang / pilot harus mampu menjamin keselamatan penerbangan sejak lepas landas, selama perjalanan terbang, maupun pada saat proses pendaratan di bandar udara yang dituju. Peralatan *Radio Navigation* tersebut diantaranya adalah *Very high frequency omni radio range* (VOR) dan *Instrument Landing System* (ILS). Peralatan VOR bekerja pada band VHF dengan alokasi frekuensi range 108 MHz – 118 MHz yang berfungsi untuk memberikan informasi arah atau *azimuth bearing* (*radial*) pesawat terhadap station VOR[1] dengan cara membandingkan phase kedua sinyal *guidance* yaitu *30 Hz reference* dan *30 Hz variabel* [7].

Sedangkan ILS adalah alat bantu pendaratan pesawat yang terdiri dari 3 (tiga) komponen sub system yaitu *ILS Localizer, Glide Path, dan Marker*. ILS Localizer bekerja pada band VHF frekuensi range antara 108 Mhz – 111,975 Mhz untuk menentukan kelurusan pesawat terhadap *center line runway*. ILS Glide Path yang bekerja pada band UHF frekuensi range antara 328,6 Mhz – 335,4 Mhz untuk menentukan sudut (*angle*) pendaratan, sedangkan Marker bekerja pada single frekuensi yaitu 75 Mhz yang digunakan untuk menentukan jarak tetap (*fix distance*) dari *threshold*

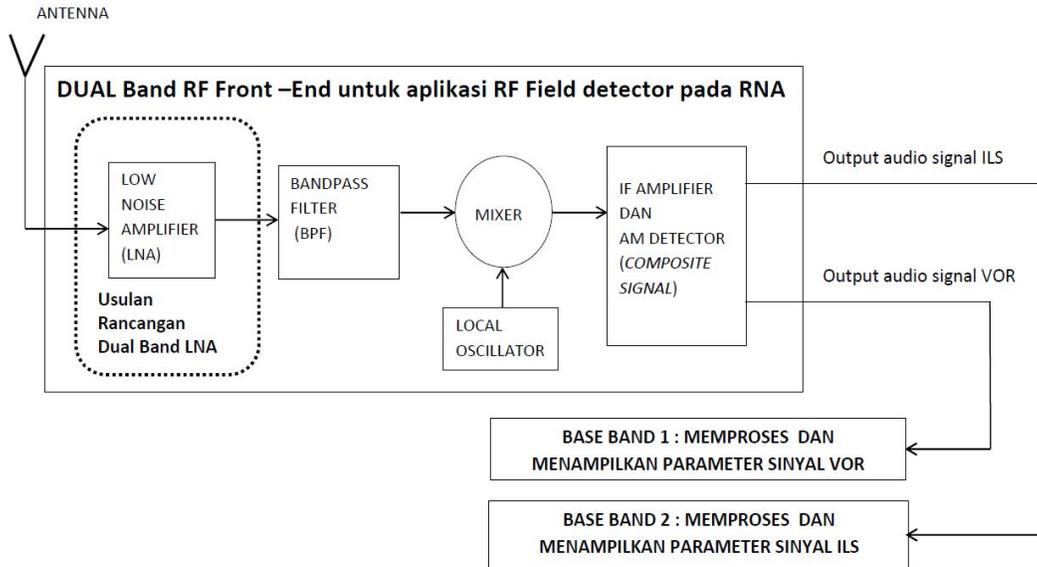
*runway* bandar udara. ILS bekerja dengan memodulasikan 2 sinyal *guidance tone* 90 Hz dan 150 Hz ke pemancar CSB dan SBO sehingga dapat diterima nilai dari *difference depth of modulation* (DDM) dari kedua signal tersebut pada pesawat. Bila kedua sinyal tersebut menunjukkan nilai 0 DDM yang berarti tidak terjadi perbedaan modulasi, maka dikatakan pesawat sudah tepat dalam jalur pendaratan kelurusan *center line runway* dan *slope angle* pendaratan[8].

Untuk mendukung dan menjamin keselamatan penerbangan maka wajib dilakukan pengecekan performa dari peralatan tersebut baik dengan *flight inspection* [3] maupun *ground inspection*[2]. Kegiatan *ground check* dapat dilakukan dengan memasang *RF field detector* yang digunakan sebagai sensor monitoring. Data parameter hasil pancaran VOR/LOC dan GP yang selanjutnya dapat diolah untuk dijadikan sebagai laporan *ground inspection*[2].



Gambar 1. Diagram blok *concurrent* dual-band receiver [4]

Pada penelitian ini diusulkan perancangan rangkaian *concurrent* (simultan) dual band *Low Noise Amplifier* (LNA) untuk aplikasi *RF field detector* pada peralatan *Radio Navigation Aids* (RNA) untuk *monitoring ground check*. LNA ini bekerja pada peralatan VOR/ILS LOC dengan frekuensi VHF 108 – 118 MHz dan ILS GP pada frekuensi UHF 328,6 MHz – 335,4 MHz. Riset ini diharapkan mampu menghasilkan dual band LNA yang bekerja secara simultan pada dua buah teknologi secara bersamaan. Blok diagram sistem *concurrent receiver* terlihat pada Gambar 1 sementara Gambar 2 memperlihatkan diagram RF front-end nya serta rancangan dual band LNA yang akan diusulkan.



Gambar 2. Diagram RF front –end untuk aplikasi RF field detector pada RNA dan usulan rancangan dual band LNA

## II. PERANCANGAN LNA

LNA merupakan rangkaian terdepan [4] dari perangkat penerima *RF field detector* yang memegang peranan sangat penting dalam menghasilkan sinyal *composite* yang selanjutnya dapat di demodulasikan dan dianalisa pada rangkaian base band. Pada design ini menggunakan komponen *lumped* berupa inductor dan kapasitor. Teknik *multiband concurrent* diterapkan dalam rancangan ini [5], sehingga dapat bekerja secara simultan pada kedua VHF/UHF untuk aplikasi *radio navigation receiver* atau *RF field detector* untuk monitoring *ground inspection*. Spesifikasi LNA yang akan diterapkan, seperti terlihat dalam Tabel I.

TABEL I. SPESIFIKASI LNA

Spesifikasi	Aplikasi	
	VOR / ILS LOC	ILS GS
Range Frekuensi	108 - 118 MHz	328,6 - 335,4 MHz
Frekuensi Tengah	113,0 MHz	332,0 MHz
Bandwidth	10 MHz ± 2 MHz	
Stability	K > 1	
Gain (S <sub>21</sub> )	> 10 dB	
Input Return Loss (S <sub>11</sub> )	< -10 dB	
Noise Figure	< 2 dB	

LNA dirancang menggunakan transistor 2SC3583 yang memiliki karakteristik small amplifier sehingga cocok untuk LNA dan dapat dioperasikan pada band VHF dan UHF, sehingga cocok untuk diterapkan pada rancangan, disamping memiliki gain yang tinggi dan noise yang rendah. DC bias menggunakan konfigurasi *collector feedback biasing*, dan diharapkan amplifier dapat bekerja pada kelas A [9][11][12]. Target bias yang direncanakan adalah pada V<sub>CE</sub> = 2,0 V, I<sub>C</sub> = 10 mA, dan V<sub>CC</sub> sebesar 12,0 V, dan DC gain transistor (β) =

110. Sehingga PDC (mW) = 20 mW. Pada bagian input matching impedance digunakan *LC-resonator* dengan teknik *multiband frequency transformation* dari single band ke *n-band*. Sedangkan bagian output matching impedance juga digunakan rangkaian *LC-resonator*.

Pada rangkaian bias DC juga ditambahkan beberapa komponen RFC dan C<sub>1</sub> untuk bloking DC, dan komponen kapasitor C<sub>BE</sub> yang dipasang paralel dengan Base – Emitter transistor dan juga inductor L<sub>E</sub> yang dipasang seri pada Emitter transistor yang dikenal dengan topology Induktif Degeneration Common Emitter (IDCE) untuk mengurangi nilai noise dan menjaga kestabilan rangkaian dengan nilai K > 1.

### A. Input Matching Impedance

Input matching impedansi menggunakan type RC parallel [10] yang kemudian digunakan teknik *multiband frequency transformations* dari single band ke *n-band frequency* [5], yaitu dengan menambahkan capacitor C<sub>IN</sub> secara seri pada input base transistor, sehingga nilai *imaginer* dari Z<sub>IN</sub> pada frekuensi single band matchingnya (*fm*). Nilai *ωm* dapat diturunkan berdasarkan persamaan

$$\omega = \frac{\omega t}{1 + \alpha^2 \omega t^2} \quad (1)$$

$$\omega t^2 - \frac{1}{\alpha^2 \omega m} \omega t + \frac{1}{\alpha^2} = 0 \quad (2)$$

Sehingga *ωt* memiliki 2 akar persamaan, Akar persamaan positif adalah low frekuensi (*ω1*) yang dioperasikan dan akar persamaan negatif adalah high frekuensi (*ω2*). Sehingga dapat dihitung nilai *ωm* sebagai berikut :

$$\omega 1 = 2\pi \times 113,0 \times 10^6 \quad (3)$$

$$\omega 2 = 2\pi \times 332,0 \times 10^6 \quad (4)$$

$$a2 = \frac{1}{\omega 1 a2} = -6,751864781 \times 10^{-19} \quad (5)$$

$$\omega m = \frac{1}{a2(\omega 1 - \omega 2)} = 1076346941 \text{ rad/s} \quad (6)$$

Sehingga  $f_m$  dapat diketahui yaitu pada frekuensi 171,3 MHz. Dengan menambahkan nilai  $C_{IN} = 6\text{pF}$ , dapat ditentukan nilai induktansi ( $L_1$ ) untuk membuat *resonance* pada frekuensi tersebut, karena  $X_C = X_L$ , sehingga diperlukan inductor sebesar 140 nH. Dengan rumus *mapping function* diatas, maka dapat diturunkan rumus untuk menemukan nilai transformasi frekuensi pada kedua band.

$$\omega = \frac{1}{\frac{3}{\omega^2} - 6,75 \times 10^{-19} \omega^2} \quad (7)$$

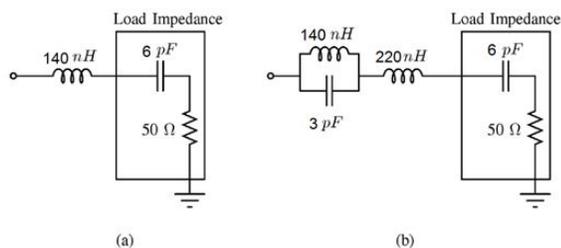
Nilai kapasitor 6 pF dapat ditransformasikan kedalam admittansi menjadi :

$$j6 \times 10^{-12} \omega = \frac{1}{\frac{1}{j6 \times 10^{-12} \omega^2} + j220 \times 10^{-9} \omega} \quad (8)$$

Sedangkan nilai inductor 140 nH dapat ditransformasikan kedalam impedansi menjadi :

$$j140 \times 10^{-9} \omega = \frac{1}{\frac{1}{j140 \times 10^{-9} \omega^2} + j3,0 \times 10^{-12} \omega} \quad (9)$$

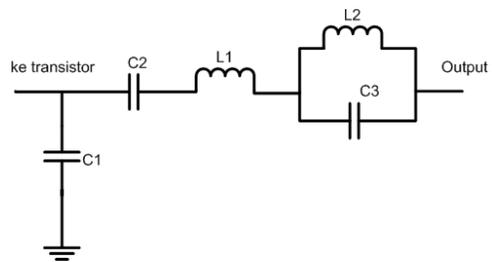
Sehingga nilai  $L_1$  dan  $C_{IN}$  untuk single frekuensi dapat diubah menjadi konfigurasi seperti pada Gambar 3 dibawah ini



Gambar 3. (a) konfigurasi input matching impedansi pada single frekuensi matching. (b) konfigurasi input matching impedansi dual band.

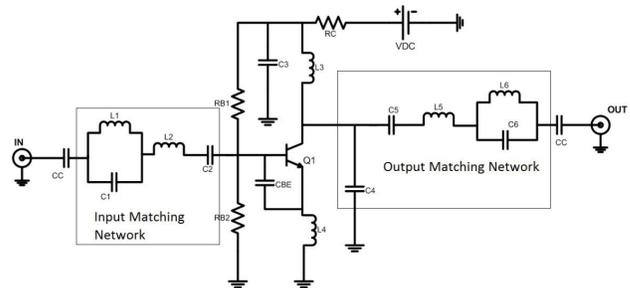
### B. Output Matching Impedance

Sebagaimana input matching impedance, perancangan output matching impedance dilakukan untuk mendapatkan maksimal transfer daya (*power maximum transfer*). Ketika LNA difungsikan *stand alone* biasanya perlu dilakukan penyesuaian impedansi input dan output ke 50  $\Omega$  dengan menggunakan transmission line atau dengan komponen *lumped*. Output matching impedansi LNA digunakan rangkaian LC yang sudah ditransformasikan ke dalam dual band seperti dalam perhitungan pada input matching impedance. Gambar 4 menunjukkan gambar output matching impedance. Fungsi dari *LC-resonator* akan memberikan frekuensi resonansi yang berbeda pada 113,0 MHz dan 332,0 MHz. Ini memberikan penyesuaian yang lebih baik pada setiap bandwidth sehingga dapat dicapai kurang lebih sebesar 10 MHz.



Gambar 4. Output matching impedance

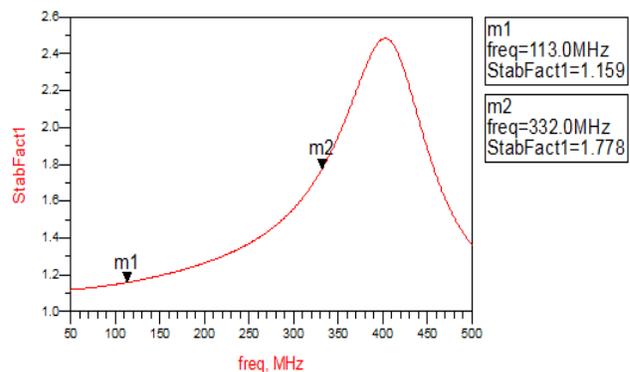
Sehingga rangkaian lengkap dari dual band LNA adalah seperti pada Gambar 5. berikut ini :



Gambar 5. Usulan rangkaian simultan dual band LNA untuk aplikasi RNA

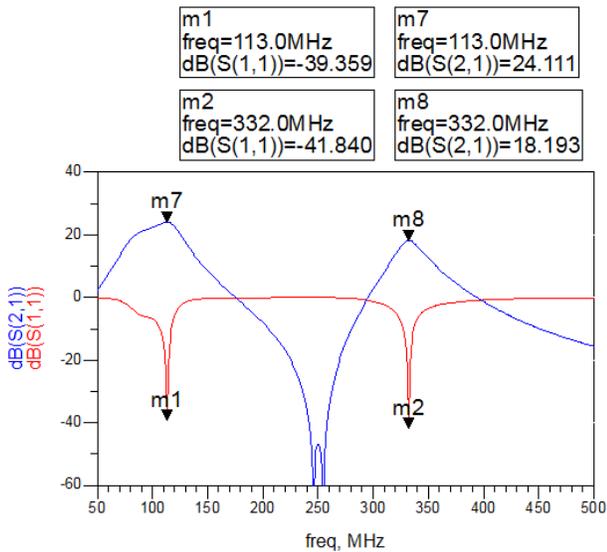
## III. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas hasil simulasi dari dual band LNA yang bekerja pada frekuensi tengah 113,0 MHz dan 332,0 MHz. Perhitungan nilai  $K$  pada band frekuensi 113, 0 MHz sebesar 1,140 dan pada frekuensi 332,0 MHz sebesar 1,361. Ini berarti nilai  $K > 1$  yang memenuhi persyaratan LNA yaitu *unconditional stabil*. Sementara hasil simulasi nya terlihat pada gambar 6.



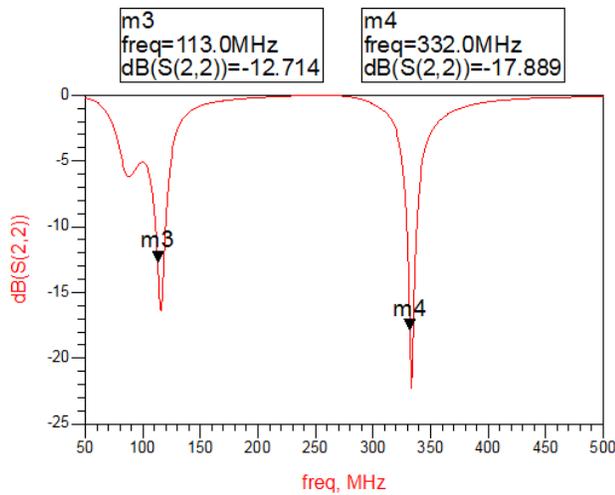
Gambar 6. Hasil simulasi stability factor

Hasil simulasi nilai  $S_{11}$  terlihat pada gambar 7 pada kedua frekuensi 113,0 MHz dan 332,0 MHz berturut turut adalah -39.35 dB dan -41.84 dB dan bandwidth yang dicapai pada batas  $S_{11} < -10$  dB sekitar 10 MHz. Nilai Input Return Loss ini sudah memenuhi persyaratan rancangan LNA.



Gambar 7. Simulasi  $S_{11}$  dan  $S_{21}$

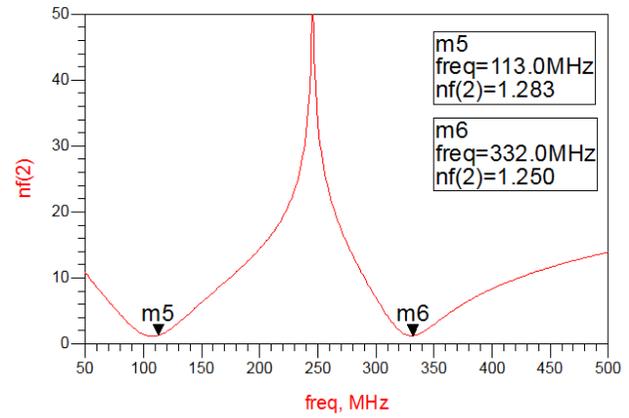
Sedangkan untuk simulasi gain ( $S_{21}$ ) menunjukkan pencapaian gain pada frekuensi 113,0 MHz sebesar 24.11 dB dan pada frekuensi 332.0 Mhz sebesar 18.19 dB. Hal ini juga sudah memenuhi persyaratan LNA yang dirancang yaitu mencapai diatas 10 dB pada kedua bandnya.



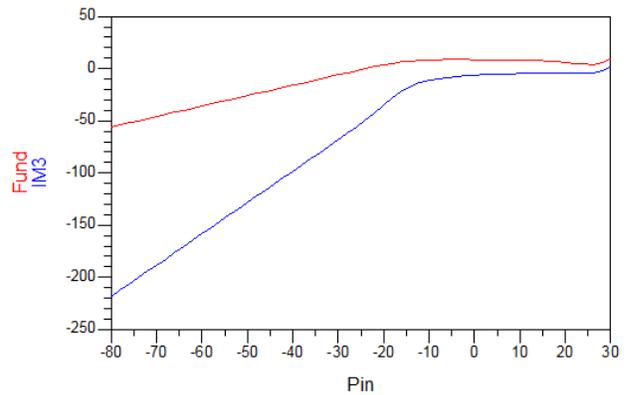
Gambar 8. Simulasi  $S_{22}$

Sedangkan hasil simulasi untuk Output Return Loss ( $S_{22}$ ) terlihat seperti pada gambar 8 dengan hasil dibawah -10 dB pada kedua bandnya.

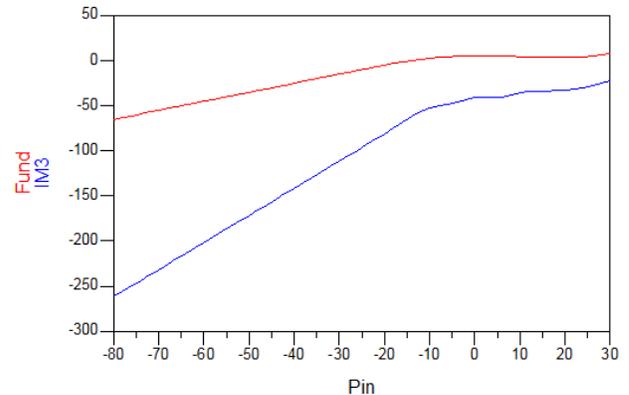
Pada Gambar 9. Terlihat hasil simulasi ini dihasilkan nilai NF pada band VHF frekuensi tengah 113,0 MHz sebesar 1.28 dB dan pada band UHF frekuensi tengah 332.0 MHz menunjukkan hasil nilai 1.25 dB. Ini juga sudah memenuhi persyaratan LNA yang dirancang dengan nilai minimal <2.



Gambar 9 : Simulasi noise figure



Gambar 10. Power Fundamental dan IM3 pada frekuensi 113 MHz



Gambar 11. Power Fundamental dan IM3 pada frekuensi 223 MHz

Pada Gambar 10 dan Gambar 11 memperlihatkan nilai power fundamental dan IM3 pada LNA. Selain itu grafik tersebut memperlihatkan bahwa LNA ini memiliki linieritas yang tinggi. Sementara itu, jika dibandingkan dengan penelitian yang lain maka dapat terlihat seperti Tabel II.

TABEL II. PERBANDINGAN HASIL PENELITIAN

Ref	Fc (GHz)	S <sub>11</sub> (dB)	S <sub>21</sub> (dB)	NF (dB)
[4]	2.45	-25	14	2.3
	5.25	-15	15.5	4.5
[6]	1.8	-17	30	2.1
	5.2	-19	20	1.7
[10]	0.9	-20.5	16.8	1.98
	2.4	-13.2	31	1.92
Proposal	0.113	-39.35	24.11	1.28
	0.332	-41.84	18.19	1.25

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa kinerja dual band LNA pada frekuensi tengah 113,0 MHz dan 332,0 Mhz untuk aplikasi *RF field detector* untuk monitoring ground check pada RNA didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dirancang dual band LNA menggunakan LC Resonator dengan teknik *transformation frequency* sebagai penyesuai input impedansi sekaligus pembentuk respon dual band pada frekuensi kerja 113,0 MHz dan 332,0 MHz.

2. Hasil simulasi menunjukkan hasil performansi yang baik pada frekuensi kerja 113,0 Mhz dan 332.0 Mhz. Hasil Simulasi noise figure adalah 1.283 dB dan 1.250 dB. Hal ini berarti transistor cocok digunakan sebagai rancangan LNA. Sedangkan Gain (S<sub>21</sub>) = 24.11 dB/ 18.193 dB, Input Return Loss (S<sub>11</sub>) = -39.359dB/ -41.840 dB, Sedangkan Output Return Loss (S<sub>22</sub>) dicapai dibawah -10 dB pada kedua bandnya serta pencapaian bandwidth pada batas (S<sub>11</sub>) < -10 dB adalah ± 10 MHz.

#### PERNYATAAN

Penelitian ini didanai oleh Riset Strategi Nasional Dikti Tahun 2014

#### REFERENSI

- [1] ICAO, Annex 10, Aeronautical Telecommunication, Vol 1, Chapter 3, "Specifications for radio navigation Aids", , 1996
- [2] ICAO, Doc 8071, "Manual on testing of radio navigation aids", Vol 1, 2000
- [3] FAA, Doc 8200.1B, "United States Standard Flight Inspection Manual", January 2003
- [4] Hossein Hashemi, Ali Hajimiri, Concurrent Multiband Low Noise Amplifiers – Theory, Design and Applications, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2002
- [5] Nagarjuna Nallam, Shouri Chatterjee, "Multi-Band Frequency Transformation, Matching Network and Amplifiers", IEEE Transaction On Circuit And Systems, Vol. 60 No.6, June, 2013
- [6] Z.Y Lu, H.Y.Xie, W.R.Zhang, dkk., "Design of Dual Band SiGe HBT LNA with Current Reuse Topology", Electron Devices and Solid-State Circuits (EDSSC), 2011 International Conference of, 2011
- [7] Thales, "Technical Manual Doppler VHF Omnidirectional Radio Range", 2004
- [8] Leif W. Nyback, "ILS Principles and Equipment Theory, Park Air Systems, 2002
- [9] U.L Rohde dan D.P Newkirk, "RF/Microwave Circuit Design for Wireless Applications", John Willey & Sons, Inc. 2000
- [10] Sambit Datta, Kunal Datta, Ashudeb Dutta, Tarun kanti Bhattacharyya, "A Concurrent Low-Area dual band 0.9/2.4 GHz LNA in 0.13 μm RF CMOS Technology for Multi-Band Wireless Receiver", Circuits and Systems (APCCAS), IEEE Asia Pacific Conference on, 2010
- [11] Rowan Gilmore, Les Besser, Practical RF Circuit Design for Modern Wireless System Vol. II, Artech House, 2003
- [12] Hafez Fouad, "An RF Cascode BJT-LNA with Shunt-series Input Matching", URSI Twentieth national Radio Science Conference, 2003.