

RANCANG BANGUN HIGH GAIN LOW NOISE AMPLIFIER UNTUK MENINGKATKAN SENSITIFITAS RECEIVER PADA VHF AIR GROUND COMMUNICATION

Muh Wildan S.T;M.T., Ibnu Hermawan, SSi T;SiP; MSc, Akhmad Teguh Prihandoyo

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang.

Abstrak Radio receiver VHF A/G communication is a super heterodyne radio system, so that the radio system has a couple of blocks of the circuit and has own function. One part of the radio receiver is a Low Noise Amplifier (LNA). LNA is an important part of a radio receiver system and almost all communication equipment systems. LNA serves to strengthen the extremely weak signals captured by the antenna by adding a little bit of noise and minimize signal distortion. LNA has a specification that must be considered, such as stability, noise figure, gain, bandwidth, linearity, and dynamic range. Therefore, the LNA is very important, it is necessary to design the LNA. To increase the production of the gain can be done by designing a multistage LNA. This multistage LNA was designed using a voltage divider biasing. It was fabricated by using the Print Circuit Board with FR4 material or epoxy and using surface mounting device components. The operating point of amplifier at $I_c = 5\text{mA}$, $V_{CC} = 12\text{V}$ and $V_{CE} = 8\text{V}$, requires power consumption DC by 151.2mW . This multistage LNA was simulated and the result of parameter in bandwidth show good performance and still meet the design specification. The value of parameter are stability factor in bandwidth was obtained 1.966-2.15 and noise figure 1.481-1.636dB, gain (S_{21}) 40,168 until 43.28dB, reverse voltage gain (S_{12}) -55.3dB until -53.53dB, output return loss (S_{22}) below -9.4dB, at the center frequency 127.5MHz got $S_{21}=42.3\text{dB}$, $S_{11}=-52.3\text{dB}$, $S_{22}=-46.7\text{dB}$, input VSWR=1.005 and output VSWR=1.01. This design has a good parameter and the corresponding design specifications, is expected to be applied to VHF A/G communication equipment in Sultan Bantilan Tolitoli Airport. By increasing the LNA gain can increase the sensitivity of the equipment VHF A/G communication so that air traffic controller and the pilot did not have communication problems.

Kata Kunci *Multistage LNA, LC-Resonator, VHF A/G Communication*

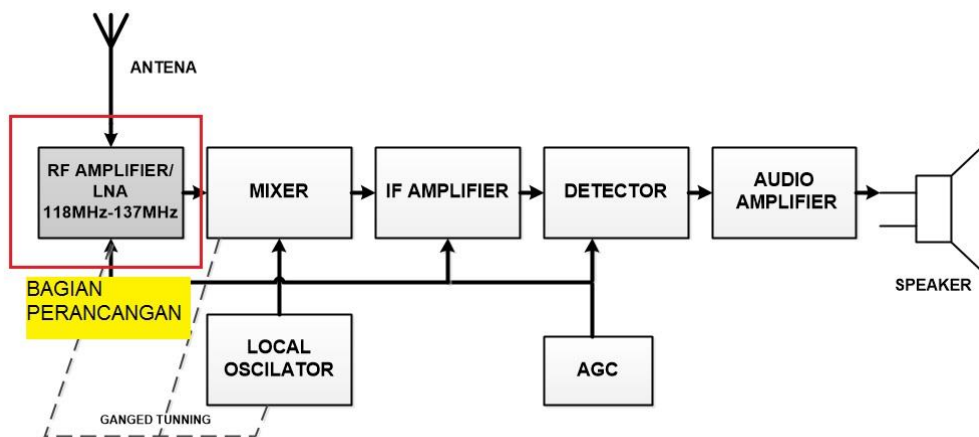
I. PENDAHULUAN

Radio VHF Air Ground (VHF A/G) Communication memiliki spesifikasi khusus yang telah diatur oleh International Civil Aviation Organization (ICAO) antara lain bekerja pada frekuensi 117,975 MHz sampai dengan 137 MHz dan memiliki kestabilan fekuensi yang dianjurkan pada sistem peralatan radio komunikasi adalah $\pm 0.0001\%$ dari frekuensi yang digunakan.[1] Faktor sensitifitas dari receiver yang diberikan peralatan setelah dikurangi rugi-rugi transmisi dan antena seharusnya masih dapat menerima dan mengolah sinyal sampai dengan - 107 dBm.[1] Ketika peralatan bekerja pada suatu bandwidth sebaiknya mempunyai keefektifan sinyal yang dapat diterima sebesar $\pm 0.0005\%$ dari bandwidth frekuensi yang digunakan. Dan yang terakhir radio penerima VHF A/G sebaiknya mempunyai adjacent channel rejection sebesar 60dB atau lebih.

RF amplifier atau disebut Low Noise Amplifier (LNA) berfungsi menguatkan sinyal yang sangat lemah yang ditangkap oleh antena dengan mengurangi

noise yang dihasilkan dan meminimalisasi terjadinya distorsi. LNA ini memegang peran penting pada sistem radio penerima karena akan mempengaruhi noise figure sistem secara keseluruhan terkait dengan sensitifitas radio penerima, selektifitas dan produksi kegagalan penerimaan. Perancangan LNA menjadi sangat penting dan harus memiliki spesifikasi yang harus diperhatikan antara lain stability, noise figure, gain, bandwidth, linearity, dan dynamic range. [2]

Perancangan co-design dual band LNA pada radio navigation aids yang dilakukan oleh Muh Wildan menggunakan single stage LNA konfigurasi bias collector feedback. Hasil simulasi yang dihasilkan pada frekuensi 113 MHz menghasilkan gain sebesar 24.111dB dengan noise figure sebesar 1.148 dB.[3] Sedangkan perancangan low noise amplifier dan bandpass filter pada sistem receiver payload komunikasi satelit oleh Rhyando Anggoro Adi. Rancangan ini menggunakan single



Gambar 1. Diagram blok Radio Penerima VHF Air Ground Communication dan posisi bagian perancangan LNA

stage LNA kelas A dengan menggunakan bias *voltage divider* menunjukkan nilai simulasi didapatkan *gain* 22.8dB dan *noise figure* sebesar 1.2 dB.[4] Perancangan *single stage* LNA pada peralatan radar ADSB pada frekuensi 1090 MHz menggunakan *single stub matching* yang dilakukan Daverius Ma'arang diperoleh *gain* sebesar 17.081dB dan *noise figure* sebesar 1.95 dB.[5]

Untuk meningkatkan kinerja sensitifitas peralatan dan memudahkan dalam ketersediaan modul LNA pada peralatan

PERANCANGAN HIGH GAIN LOW NOISE AMPLIFIER

LNA merupakan rangkaian terdepan dari perangkat radio penerima yang memegang peranan sangat penting dalam perangkat receiver. Apabila blok LNA ini terjadi kegagalan maka sistem radio penerima akan mengalami kegagalan fungsi sistem secara keseluruhan. Kegagalan tersebut antara lain penurunan sensitifitas penerimaan dan produksi *noise* yang dihasilkan akan besar sehingga akan mengganggu kualitas keluaran yang dihasilkan peralatan sistem radio penerima. Oleh karena itu blok LNA ini sangat penting dalam sistem radio penerima VHF A/G

VHF A/G yang murah dan memiliki dimensi yang lebih kecil maka perlu dilakukan perancangan LNA dengan berbasis komponen lumped SMD yang nantinya diharapkan dapat memiliki parameter LNA didalam *bandwidth* frekuensi kerja dari VHF A/G terpenuhi..

Blok diagram sistem penerima radio VHF Air Ground Communication terlihat pada Gambar 1. Sementara pada bagian tersebut juga terlihat bagian perancangan *High Gain Low Noise Amplifier multistage* yang akan diusulkan.

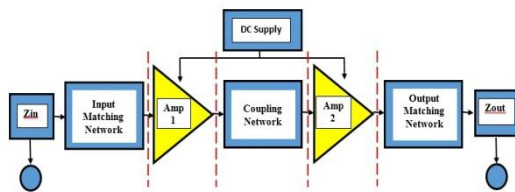
sehingga diperlukan perancangan blok LNA yang baik untuk meningkatkan kinerja peralatan LNA dan menyediakan modul LNA yang murah dan kemudahan dalam perawatan. rangkaian LNA yang baik perlu memperhatikan beberapa parameter antara lain *noise figure*, kestabilan, *gain*, VSWR, *input return loss*, dan *output return loss*. [6] Perancangan LNA ini membutuhkan *gain* yang tinggi sehingga penggunaan *single stage* LNA belum cukup untuk mencapai target *gain* yang diinginkan. Guna meningkatkan *gain* yang lebih tinggi, perancangan amplifier dibuat dengan *multistage amplifier*. [7] perancangan *multistage* LNA ini hanya menggunakan dua

APPROACH

Jurnal Teknologi Penerbangan

ISSN : 2548-8090 e-ISSN : 2548-810X

tingkat. Ini berarti menggunakan keluaran dari tingkat pertama sebagai masukan tingkat kedua, sehingga gain yang dihasilkan akan bertambah.



Gambar 2. Blok Diagram Multistage LNA

Gambar 2. memperlihatkan blok diagram sistem perancangan *multistage* LNA yang akan dibuat. Pada *design* ini menggunakan komponen *lumped* berupa *inductor* dan kapasitor. Spesifikasi ini digunakan sebagai acuan pencapaian target keberhasilan kerja rangkaian yang akan dicapai. Tabel 1. memperlihatkan data spesifikasi rancangan *multi stage* LNA yang harus terpenuhi dalam merancang.

Tabel 1. Spesifikasi Rancangan *Multistage* LNA

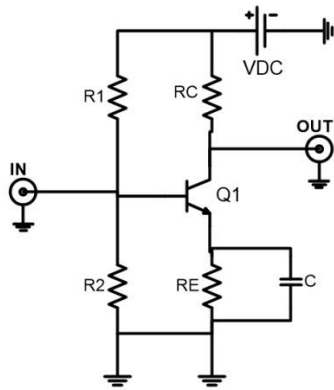
No.	Spesifikasi	Nilai
1.	Frekuensi kerja	118– 137 MHz
2.	Frekuensi tengah	127.5 MHz
3.	<i>Bandwidth</i>	19 MHz
4.	<i>Gain</i>	> 30 dB
5.	<i>Noise Figure</i>	< 2 dB
6.	<i>Input Return Loss</i>	< -10 dB
7.	<i>Output Return Loss</i>	< -10 dB
8.	Kestabilan (K)	> 1
9.	<i>Power Supply</i>	12 Volt
10.	<i>Power Consumption DC</i>	<150 mW

LNA dirancang menggunakan transistor 2SC3583 yang memiliki karakteristik *small amplifier* untuk LNA dan dapat dioperasikan pada band VHF, sehingga cocok untuk diterapkan pada rancangan, disamping memiliki *gain* yang tinggi dan *noise* yang rendah. DC bias menggunakan konfigurasi *collector feedback biasing*. Kelas *amplifier* yang digunakan pada perancangan telah ditentukan sebelumnya, yaitu menggunakan kelas *amplifier* tipe A. Penentuan titik kerja agar bekerja pada kelas A adalah menentukan titik operasi pada bagian tengah garis beban kurva IV yang telah dibuat [7][8][9]. Titik operasi transistor yang dipilih pada $V_{CC} = 12$ Volt, $V_{CE} = 8$ Volt, $I_C = 5$ mA, $H_{fe} = 75$ dikarenakan titik operasi ini berada pada tengah garis beban sehingga termasuk kedalam *amplifier* kelas A dan titik kerja ini direkomendasikan pada *datasheet* dengan asumsi *gain*, *noise figure* dan karakteristik lainnya diharapkan sesuai untuk mencapai target spesifikasi. Dengan target bias diatas, maka *power consumption quiescent* = 40 mW.

A. *Bias Transistor*

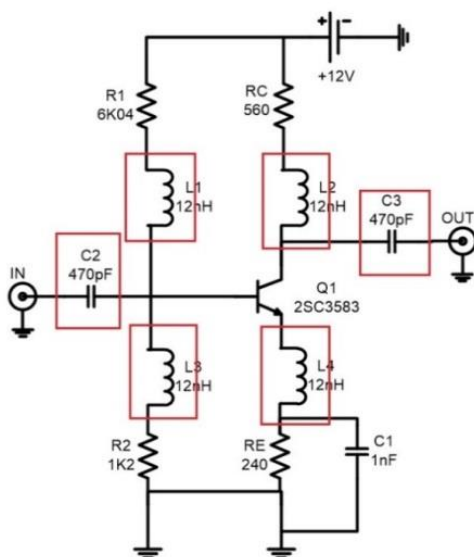
Pada perancangan bias transistor menggunakan topologi *voltage divider* yang tidak terpengaruh terhadap perubahan suhu. Terlebih dengan penambahan kapasitor yang diparalelkan dengan tahanan emitter agar rangkaian lebih stabil ketika ada perubahan suhu tanpa mengganggu kinerja operasi DC. Perhitungan penentuan nilai tahanan menggunakan aturan *rule of thumb* target bias sesuai dengan yang telah direncanakan.

Pada Gambar 3 menunjukkan perancangan bias yang digunakan.



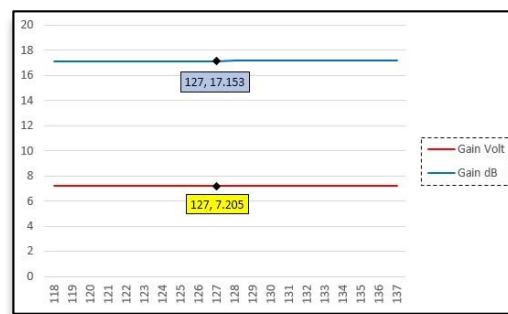
Gambar 3. Rancangan topologi bias transistor

Pada rangkaian bias DC juga ditambahkan *DC block* dan *DC Feed*. *DC blok* berfungsi untuk memblokir arus DC agar tidak keluar dari rangkaian bias transistor dan mengalirkan sinyal AC, sehingga tidak mempengaruhi titik kerja rangkaian *amplifier* dan *DC feed* berfungsi untuk mencegah sinyal AC masuk kedalam operasi DC dan mengijinkan sinyal DC untuk melalui komponen tersebut. Perhitungan nilai C menggunakan frequency terendah yaitu 118,0 MHz dan diharapkan nilai XC mendekati 0 (ideal) dan nilai L menggunakan frequency tertinggi yaitu 137,0 MHz dan diharapkan nilai XL mendekati 0 (ideal). Rangkaian bias secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian DC Blok dan DC Feed

Rangkaian tersebut kemudian disimulasikan untuk mengetahui besaran nilai *Voltage gain* pada rentang frequency yang akan diterapkan pada VHF A/G Communication. Input tegangan sebesar 1Volt diberikan pada amplifier tersebut dan hasil pengukuran didapatkan output tegangan sebesar 7Volt. Ini berarti amplifier bekerja dengan baik, dan bila dikonversikan dalam satuan decibel maka didapatkan penguatan gain sebesar 17dB. Seperti terlihat dalam grafik pengukuran *Voltage gain* pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Voltage Gain Volt vs Voltage Gain dB

B. *Kestabilan LNA*

Salah satu cara untuk mengetahui kestabilan rangkaian adalah dengan melakukan pengujian nilai *rollet's stability factor* (K) dan nilai Δ sesuai dengan persamaan, rangkaian dikatakan dalam kondisi stabil apabila nilai $K > 1$ dan $\Delta < 1$. [10]. Perhitungan dapat dilakukan dengan mengetahui S-parameter rangkaian yang telah ditambahkan rangkaian bias dengan DC Blok dan DC Feed.

$$|\Delta| = |S_{11} \cdot S_{22} - S_{12} \cdot S_{21}| \tag{1}$$

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

Hasil simulasi S-parameter pada frequency 118,0MHz adalah $S_{11}=0.652 \angle -$

APPROACH

Jurnal Teknologi Penerbangan

ISSN : 2548-8090 e-ISSN : 2548-810X

8.429° $S_{21}=7.042^\circ$ $\angle 120.610^\circ$ $S_{12}=0.024$
 $\angle 87.227^\circ$ $S_{22}=0.739$ $\angle -5.988^\circ$. Sehingga
hasil perhitungan didapatkan $K=1,2$. Ini
menunjukkan bahwa LNA dalam kondisi
unconditionally stable.

C. Impedance Matching

Rangkaian *impedance matching* ini bertujuan
untuk menyesuaikan impedansi rangkaian
amplifier dengan impedansi media transmisi
sebesar 50 Ohm, sehingga penguatan akan
lebih optimal dengan *noise figure* yang kecil.
Perancangan *impedance matching* ini
dilakukan dengan menggunakan *smith chart*
sehingga akan tidak perlu melakukan
perhitungan-perhitungan yang rumit.
Impedance matching ini dilakukan pada *input*
dan *output* rangkaian *amplifier*. Hal pertama
yang harus dilakukan adalah mencari nilai
source reflection coefficient dan *load*
reflection coefficient optimal dengan *noise*
figure yang kecil dan berada pada kondisi
unconditionally stable. [10]

Pemilihan *source reflection coefficient* dan
load reflection coefficient harus hati-hati
dengan memperhatikan rangkaian masih
dalam kondisi *unconditionally stable*
sehingga perlu dilakukan penggambaran
input stability circle dan *output stability*
circle pada *smith chart* untuk memastikan
pemilihan *reflection coefficient* nantinya
berada dalam kondisi *unconditionally stable*.
Frekuensi *matching* yang digunakan adalah
127.5 MHz sebagai frekuensi tengah dengan
S-parameter yang telah diketahui.

Langkah pertama menghitung nilai
 $|\Delta|$: dan didapatkan nilai sebesar 0,6203
dan selanjutnya menghitung nilai C_1 sebagai
berikut :

$$C_1 = S_{11} - \Delta s. S_{22}^\circ \quad (3)$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai C_1
 $0.210\angle -29.91$

Langkah kedua menghitung nilai C_2
sebagai berikut.

$$C_2 = S_{22} - \Delta s. S_{11}^\circ \quad (4)$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai
 C_2 sebesar $0.350\angle -17.295^\circ$.

Langkah ketiga menghitung letak pusat
lingkaran dari *input stability circle* dengan
persamaan.

$$C_s = \frac{C_1^\circ}{|S_{11}|^2 - |\Delta s|^2} \quad (5)$$

Langkah keempat menghitung jari-jari
lingkaran dari *input stability circle* dengan
persamaan

$$R_s = \left| \frac{S_{12}S_{21}}{|S_{11}|^2 - |\Delta s|^2} \right| \quad (6)$$

Langkah kelima menghitung letak pusat
lingkaran dari *output stability circle* dengan
persamaan.

$$C_l = \frac{C_2^\circ}{|S_{22}|^2 - |\Delta s|^2} \quad (7)$$

Langkah keenam menghitung jari-jari
lingkaran dari *output stability circle* dengan
persamaan.

$$R_l = \left| \frac{S_{12}S_{21}}{|S_{22}|^2 - |\Delta s|^2} \right| \quad (8)$$

Setelah semuanya telah diketahui
selanjutnya menggambarkan *stability circle*
tersebut untuk frekuensi 127.5 MHz pada
smith chart letak *input stability circle* dan
output stability circle hanya tergambar garis
dikarenakan radius dari keduanya sangat
besar dan berada diluar *smith chart*. Oleh
karena S_{11} dan S_{22} pada bernilai kurang dari
satu maka semua area dalam *smith chart*
adalah area stabil.

Oleh karena semua area didalam *smith*
chart adalah area stabil, maka proses
perancangan dapat dilanjutkan dengan
mencari nilai konjugasi impedansi sumber
dan impedansi beban dengan langkah
pertama mencari nilai *source reflection*
coefficient dan *load reflection*
coefficient. [11]

Dengan perhitungan nilai C_2 sebesar
 $0.350\angle -17.295^\circ$ dan nilai Δ sebesar $0.6203\angle -$
 3.881° . Sehingga perhitungan B_2 dapat
dilakukan dengan persamaan :

$$B_2 = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |D_s|^2 \quad (9)$$

Dari hasil perhitungan B_2 didapatkan nilai positif maka untuk penggunaan rumus mencari magnitudo Γ_L (*load reflection coefficient*) [11] menggunakan tanda negatif sehingga persamaan : $|\Gamma_L| = \frac{B_2 - \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2|C_2|}$ (10)

Dari perhitungan diatas dihasilkan magnitudo untuk *load reflection coefficient* berada di 0.726, sedangkan untuk besar sudutnya didapatkan dengan membalikan tanda bilangan pada sudut C_2 . Sehingga *magnitude* dan sudut untuk koefisien refleksi beban berada pada $0.726 \angle 17.925^\circ$. Nilai *load reflection coefficient* ini kemudian digunakan untuk mencari nilai *source reflection coefficient* dengan menggunakan persamaan

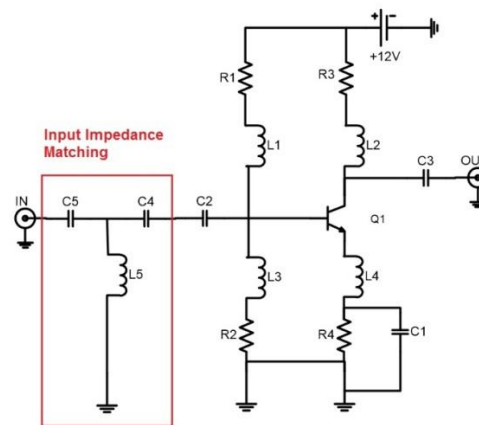
$$\Gamma_s = \left| S_{11} + \frac{S_{12} * S_{21} * \Gamma_L}{1 - (\Gamma_L * S_{22})} \right|^\circ \quad (11)$$

Dari perhitungan diatas dihasilkan *source reflection coefficient* berada pada $0.6363 \angle 9.684^\circ$. Γ_s dan Γ_L ini kemudian digambarkan pada *smith chart* yang tergambar pada lampiran 3. Dengan melihat *smith chart* secara langsung sehingga nilai impedansi beban (Z_{out}) diketahui sebesar $5.92 + j1.95$ Ohm, kemudian nilai ini dinormalisasikan dengan 50 Ohm menjadi $Z_{out} = 0.1184 + j0.039$ Ohm. Untuk impedansi sumber (Z_{in}) sebesar $4.24 + j1.335$ Ohm, kemudian dinormalisasikan dengan 50 Ohm menjadi $Z_{in} = 0.0848 + j0.0267$ Ohm. Setelah impedansi sumber dan beban diketahui langkah selanjutnya adalah membuat rangkaian *input matching impedance* dan *output matching impedance*.

D. Rangkaian Input Impedance Matching

Perancangan *input impedance matching* menggunakan rangkaian tiga komponen dengan konfigurasi “T” dengan susunan *high pass filter*. Penggunaan konfigurasi ini dikarenakan input LNA diinginkan *bandwidth* frekuensi yang sempit dan menghasilkan *noise figure* yang kecil. Pada *input impedance matching* ini dilakukan

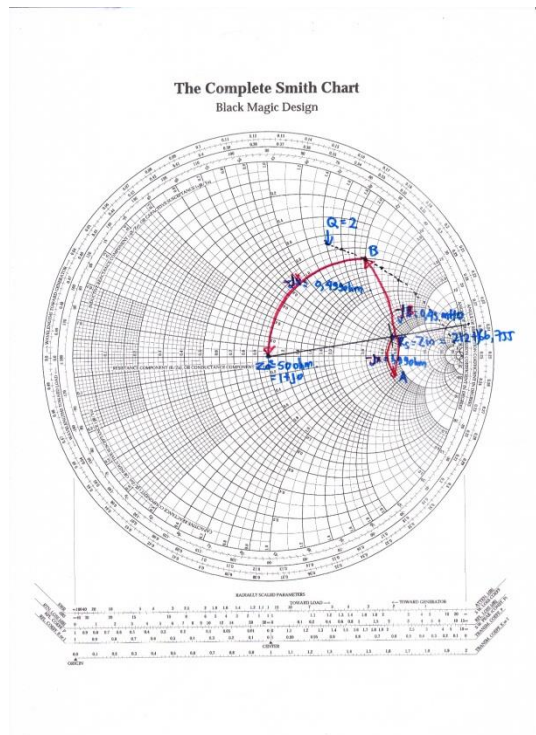
penyesuaian impedansi saluran transmisi (Z_o) sebesar 50 Ohm dengan Z_{IN} yang bernilai kompleks sebesar $212 + j66.755$ Ohm. Oleh karena nilai dari Z_{IN} ini bernilai kompleks maka perlu dikonjugasikan terlebih dahulu menjadi $212 - j66.755$ Ohm. Kedua nilai ini perlu dinormalisasikan dengan 50 Ohm terlebih dahulu agar mudah untuk penggambaran pada *smith chart*, sehingga menjadi $Z_o = 1 + j0$ Ohm dan $Z_s = 4.24 - j1.335$ Ohm.



Gambar 6. *Input Impedance Matching*

Dikarenakan *input impedance matching* menggunakan tiga elemen mathcing maka perlu ditentukan nilai Q terlebih dahulu. Nilai Q ini berpengaruh terhadap *bandwidth* frekuensi kerja yang digunakan, semakin rendah nilai Q maka *bandwidth* frekuensi semakin lebar.[11] Nilai Q yang digunakan adalah 2. Nilai Q ini digambarkan pada *smith chart*.

Gambar 6 menunjukkan rancangan rangkaian *input impedance* yang akan digunakan sedangkan gambar 7 menjelaskan proses penentuan nilai C dan L yang akan digunakan menggunakan *smith chart*.



Gambar 7. Penggambaran smith chart untuk input impedance matching pada LNA

Cara membuat *impedance matching network* dengan menggariskan poin Z_{IN} menuju ke Z_0 . Pada penambahan nilai seri kapasitor C_4 menghasilkan *capacitive reactance* sebesar $-jX = 1.99$ Ohm sehingga nilai kapasitor C_4 dapat dihitung dengan persamaan:

$$C_4 = \frac{1}{\omega XN}$$

$$= \frac{1}{2 * 3.14 * 127.5 * 10^6 * 1.99 * 50}$$

$$= \frac{1}{79710 * 10^6}$$

$$= 12.54 \text{ pF}$$

Pada penambahan nilai paralel induktor L_5 menghasilkan *inductive susceptance* sebesar $-jB = 0.483$ mho sehingga nilai kapasitor L_5 dapat dihitung dengan persamaan

$$L_5 = \frac{N}{\omega * B}$$

$$= \frac{1}{2 * 3.14 * 127.5 * 10^6 * 0.483}$$

$$= 129.1 \text{ nH}$$

Pada penambahan nilai seri kapasitor C_5 menghasilkan *capacitive reactance* sebesar $-jX = 0.449$ Ohm sehingga nilai kapasitor C_5 dihitung dengan persamaan

$$C_5 = \frac{1}{\omega XN}$$

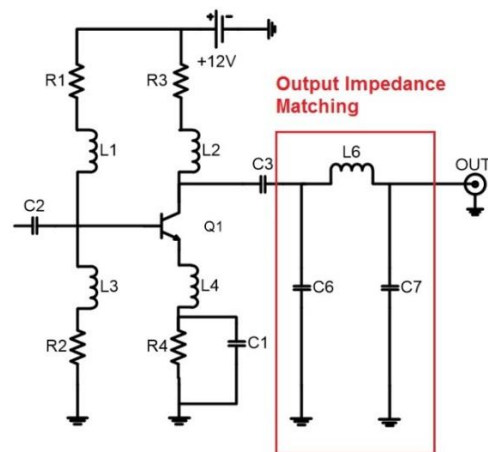
$$= \frac{1}{2 * 3.14 * 127.5 * 10^6 * 0.449 * 50}$$

$$= \frac{1}{17984.8 * 10^6}$$

$$= 55.6 \text{ nH}$$

E. Rangkaian Output Impedance Matching

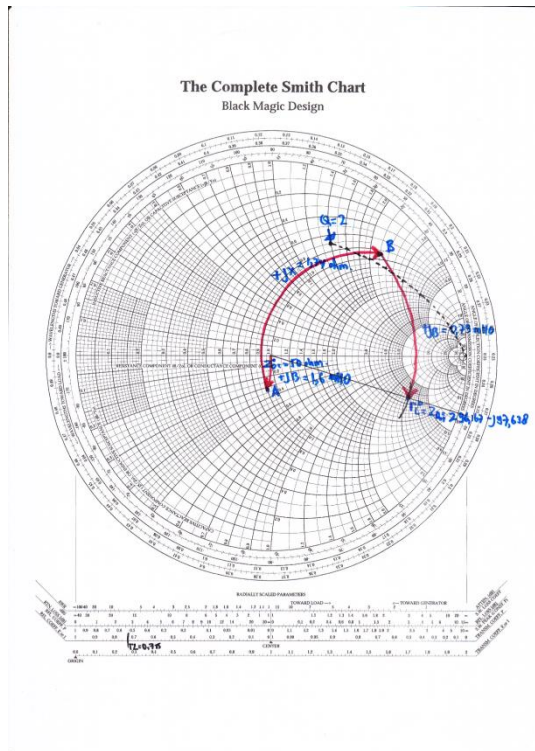
Perancangan *output impedance matching* ini menggunakan rangkaian tiga komponen konfigurasi “Pi” karena untuk keluaran LNA menginginkan *bandwidth* yang lebar. Konfigurasi “Pi” ini dirangkai dengan cara *low pass filter* yang ditandakan induktor yang dihubungkan secara seri.



Gambar 8. Output Impedance Matching

Pada *output impedance matching* ini dilakukan penyesuaian impedansi konjugasi sumber rangkaian (Z_{Out}) sebesar $296.164 + j97.638$ Ohm dengan impedansi saluran transmisi rangkaian (Z_L) yang bernilai 50 Ohm. Kedua nilai ini perlu dinormalisasikan dengan 50 Ohm terlebih dahulu agar mudah untuk penggambaran pada *smith chart*, sehingga menjadi $Z_{Out} = 5.92 + j1.95$ Ohm dan $Z_S = 1 + j0$ Ohm dan Z_{OUT} dikonjugasikan menjadi $5.92 - j1.95$,

proses *output impedance matching* digambarkan pada gambar 9.



Gambar 9. Penggambaran *smith chart* untuk *output impedance matching* pada LNA

Sama halnya dengan *input impedance matching*, *output impedance matching* juga menggunakan tiga elemen *matching*, sehingga maka perlu ditentukan nilai Q terlebih dahulu dengan Q sebesar 2. Cara menyesuaikan kedua impedansi ini adalah dengan menggariskan poin Z_L menuju ke Z_{Out} pada *smith chart*. [11]

Pada penambahan nilai paralel kapasitor C_7 menghasilkan *capacitive susceptance* sebesar $+jB = 1.67$ mHO sehingga nilai kapasitor C_7 dapat dihitung dengan persamaan

$$C_7 = \frac{B}{\omega * N}$$

$$= \frac{1.67}{2 * 3.14 * 127.5 * 10^6 * 50}$$

$$= 41.7 \text{ pF}$$

Pada penambahan nilai seri induktor L_6 menghasilkan *inductive reactance* sebesar $+jX = 1.74$ Ohm sehingga nilai kapasitor L_6

dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan

$$L_6 = \frac{XN}{\omega}$$

$$= \frac{1.74 * 50}{2 * 3.14 * 127.5 * 10^6}$$

$$= \frac{87}{801 * 10^6}$$

$$= 108.6 \text{ nH}$$

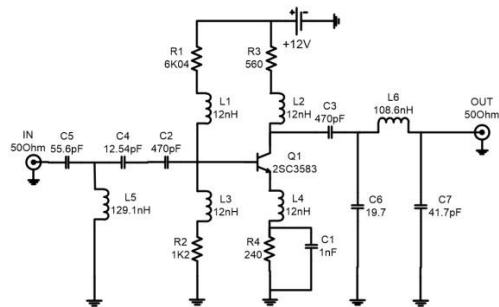
Pada penambahan nilai paralel kapasitor C_6 menghasilkan *capacitive susceptance* sebesar $+jB = 0.79$ mHO sehingga nilai kapasitor C_6 dapat dihitung sebagai berikut.

$$C_6 = \frac{B}{\omega * N}$$

$$= \frac{0.79}{2 * 3.14 * 127.5 * 10^6 * 50}$$

$$= 19.7 \text{ pF}$$

Setelah diketahui nilai-nilai komponen *impedance matching* maka rancangan *single stage LNA* tergambar pada gambar 10.



Gambar 10. Single LNA dengan *Input dan Output Impedance Matching*

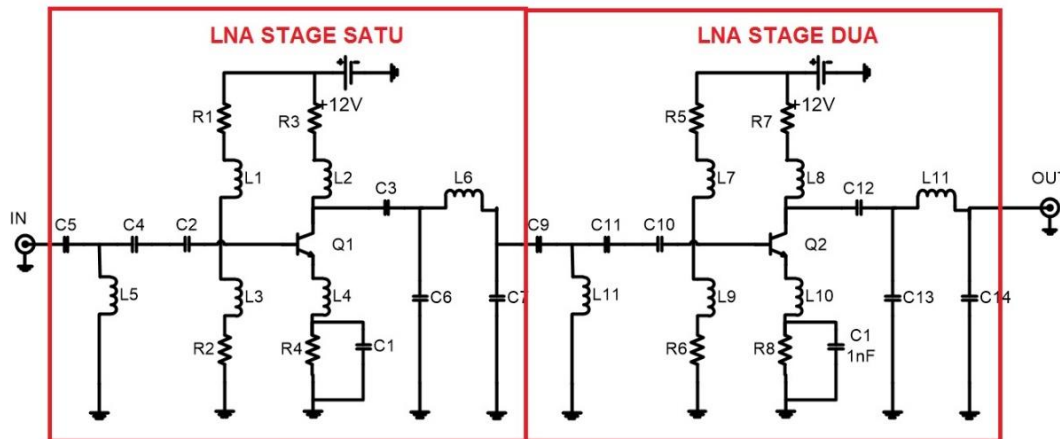
F. Perancangan Multistage LNA

Pada tahapan ini dirancang *multistage LNA* dengan dua tingkat sehingga dilakukan dengan cara bagian *output amplifier* pertama digabungkan dengan *input amplifier* kedua. Perancangan ini tidak perlu melakukan *impedance matching* lagi karena VSWR yang dihasilkan oleh *single stage LNA* telah

APPROACH

matching, diidentifikasi dengan nilai *input* dan *output* VSWR bernilai satu. Tujuan perancangan untuk mendapatkan *gain* sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan yaitu >30 dB yang tidak dapat di capai dengan hanya

single stage LNA. Gambar rangkaian dapat dilihat pada gambar 11.



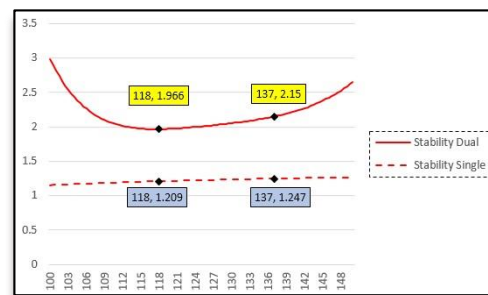
Gambar 11. Rancangan Rangkaian Multistage LNA pada VHF A/G Communication

II. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

Analisis simulasi ini dilakukan pada parameter-parameter penting guna melihat parameter sudah sesuai dengan spesifikasi *multistage* LNA yang telah ditentukan. Simulasi menggunakan software ADS versi 2009.

a. Analisis Simulasi Kestabilan

Analisis ini dilakukan untuk memastikan rangkaian *multistage* berada pada kondisi *unconditionally stable*. Gambar 12 memperlihatkan grafik nilai *stability factor* dari frekuensi 118 MHz sampai dengan 137 MHz. Data didapatkan dengan melakukan perhitungan *rollet's stability*. Grafik tersebut menunjukkan nilai $K > 1$ yaitu berada pada nilai 1.99 sampai dengan 2.15.



Gambar 12. Analisis Simulasi Kestabilan *Multistage* LNA

b. Analisis Simulasi S_{21} dan S_{11}

Analisis simulasi *gain* dan *input return loss* ini diperlihatkan pada gambar 13.

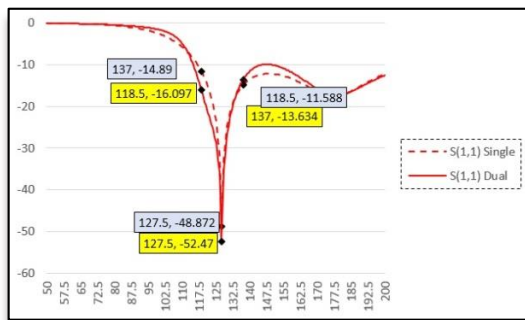


(a)

APPROACH

Jurnal Teknologi Penerbangan

ISSN : 2548-8090 e-ISSN : 2548-810X



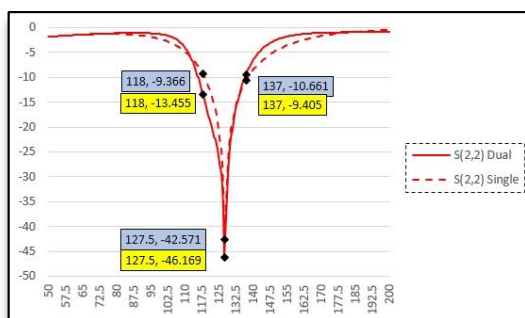
(b)

Gambar 13. Grafik (a) S_{21} dan (b) S_{11} Multistage LNA

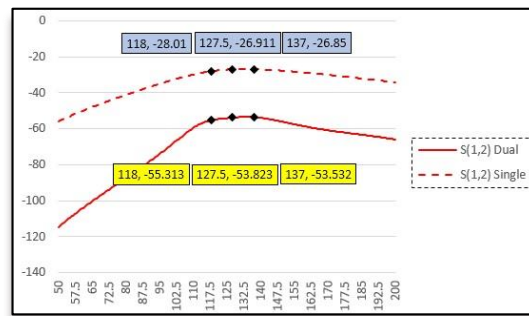
Nilai S_{21} multistage pada frekuensi tengah 127.5 MHz sebesar 42.245 dB naik sebesar 21.123 dB dari single stage LNA sedangkan nilai S_{11} multistage pada frekuensi 127.5 MHz sebesar -52.47 dB turun sebesar -3.598 dB dari single stage LNA. Data tersebut telah memenuhi spesifikasi rancangan dengan *input return loss* <-10dB dan *gain* >30dB

c. Analisis Simulasi S_{12} dan S_{22}

Analisis *reverse voltage gain* dan *output return loss* ini diperlihatkan pada gambar 14.



(a)



(b)

Gambar 14. Grafik (a) S_{12} dan (b) S_{22} Multistage LNA

Nilai S_{12} multistage pada frekuensi tengah 127.5 MHz sebesar -53.823 dB turun sebesar -26.912 dB dari single stage LNA. Untuk nilai S_{22} multistage pada frekuensi 127.5 MHz sebesar -46.169 dB turun sebesar -3.598 dB dari single stage LNA. Data tersebut telah memenuhi spesifikasi rancangan meskipun S_{22} pada frekuensi 137 MHz sedikit dibawah spesifikasi dengan *output return loss* <-10dB dan *reverse voltage gain* <-30dB.

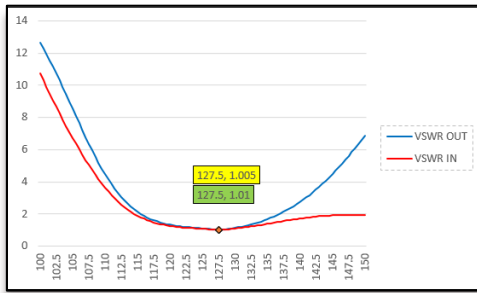
d. Analisis Simulasi VSWR

Analisis simulasi *Voltage Standing Wave Ratio* bertujuan memeriksa frekuensi tengah dalam kondisi matching. Gambar 15 menggambarkan grafik data simulasi VSWR tiap frekuensi, dan data pada frekuensi tengah dihasilkan *input VSWR* sebesar 1.005 dan *output VSWR* sebesar 1.01 maka rancangan telah *matching* dan syarat parameter VSWR terpenuhi.

APPROACH

Jurnal Teknologi Penerbangan

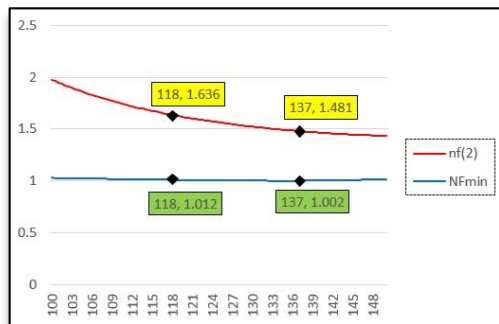
ISSN : 2548-8090 e-ISSN : 2548-810X



Gambar 15. Grafik VSWR MultiStage LNA

e. Analisis Simulasi Noise Figure

Gambar 16 menunjukkan grafik data noise figure rancangan multistage LNA.



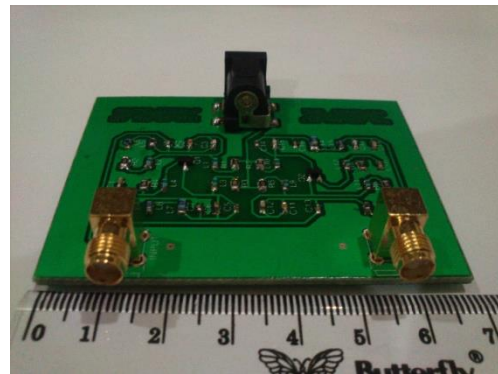
Gambar 16. Grafik Data Noise Figure Multistage LNA

Dari data grafik didapatkan noise figure sebesar 1.636 dB pada frekuensi 118 MHz dan nilai terendah sebesar 1.481 dB pada frekuensi 137 MHz. sehingga dinyatakan parameter noise figure sudah memenuhi target spesifikasi rancangan.

III. HASIL FABRIKASI DAN PENGUKURAN

Pabrikasi PCB dengan double layer (dua sisi) dengan transmisi grounded coplanar dengan mengisi jalur yang kosong sebagai ground pada sisi atas dan

ditambahkan seluruh sisi bawah hanya sebagai ground. Lebar jalur hubungan komponen sebesar 0.4064 mm dan untuk lebar isolasi PCB dengan jalur komponen sebesar 0.8126 mm agar aman dari hubungan singkat. Sisi atas dengan sisi bawah dihubungkan dengan melalui through hole planting. Gambar 17 menunjukkan hasil pabrikasi rancangan multistage LNA pada Receiver VHF A/G Communication



Gambar 17. Hasil Fabrikasi rangkaian multistage LNA VHF A/G Communication

Uji coba rancangan dan melakukan pengukuran menggunakan Network Analyzer untuk memastikan bahwa rancangan multistage LNA dapat beroperasi sesuai dengan rencana perancangan yang sudah dibuat. Gambar 18 menunjukkan cara melakukan ujicoba rancangan.

Hasil pengukuran S_{21} dan S_{11} pada frekuensi tengah 127.5 MHz menunjukkan hasil yang berbeda dengan hasil simulasi yaitu sebesar $S_{21} = 16.875$ dB dan $S_{11} = -7.137$ dB. Hasil pengukuran S_{12} dan S_{22} pada frekuensi tengah 127.5 MHz menunjukkan hasil yang berbeda dengan hasil simulasi yaitu sebesar $S_{12} = -47.554$ dB dan $S_{22} = -9.712$ dB. Pada frekuensi tengah diperlihatkan input VSWR adalah

APPROACH

Jurnal Teknologi Penerbangan

ISSN : 2548-8090 e-ISSN : 2548-810X

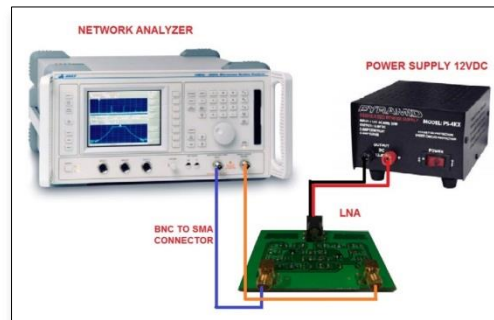
1.020 dan untuk *output* VSWR adalah 1.050.

Hasil pengukuran pabrikasi masih kurang sempurna hasilnya karena beberapa factor pengaruh kondisi lingkungan sekitar rancangan, karena kurang presisinya hasil pabrikasi, penyolderan komponen SMD yang kurang baik, dan ketidak homogenan subtract (FR4), nilai toleransi dan kualitas komponen (factor Q) dari komponen SMD yang digunakan, serta faktor kemungkinan terjadinya *skin effect* pada jalur pcb yang membuat nilai *parasitic* resistansi, induktansi, dan kapasitansi sehingga akan mempengaruhi nilai *impedance matching* pada rangkaian.

IV. KESIMPULAN

V. BERDASARKAN HASIL PERANCANGAN DAN ANALISA KINERJA RANGKAIAN *MULTISTAGE LNA* DIDAPATKAN KESIMPULAN SEBAGAI BERIKUT :

1. Telah dirancang dan dipabrikasi rancangan *multistage LNA VHF A/G communication* dengan menggunakan komponen *Surface Mounting Device (SMD)*. Dari hasil analisis simulasi rancangan *multistage LNA VHF A/G* ini dihasilkan nilai-nilai parameter LNA didalam bandwith antara lain kestabilan =1.966-2.15 dan *noise figure*= 1.481-1.636dB, *gain*=40,168dB-43.28dB, *input return loss* <-13.63dB, *reverse gain*=-55.3dB- -53.53dB, *output return loss* <-9.4dB pada frekuensi 127.5MHz dihasilkan $S_{21}=42.3\text{dB}$, $S_{11}=-52.3\text{dB}$, $S_{22}=-46.7\text{dB}$, *input*



Gambar 18. Ujicoba hasil pabrikasi dengan Network Analyzer

VSWR=1.005 dan output VSWR=1.01. Dari hasil pengukuran pada frekuensi 127.5 didapatkan hasil $S_{21}=16.875\text{dB}$, $S_{11}=-7.157\text{dB}$, $S_{12}=-47.554\text{dB}$, $S_{22}=-9.712$, *stability factor*=>5 dan VSWR=1.050, perbedaan hasil simulasi dengan hasil pengukuran dikarenakan faktor lingkungan mempengaruhi nilai komponen.

2. Hasil simulasi rancangan ini memiliki parameter yang bagus dan sesuai spesifikasi rancangan dengan *power consumption DC* yang kecil sebesar 151.2mW, sehingga diharapkan dapat diterapkan pada peralatan VHF A/G communication.
3. Bertambahnya *gain* pada LNA diharapkan dapat meningkatkan sensitifitas peralatan VHF A/G communication, sehingga kinerja

APPROACH

Jurnal Teknologi Penerbangan

ISSN : 2548-8090 e-ISSN : 2548-810X

peralatan VHF A/G semakin bagus.

REFERENSI

- [1], **Annex 10 Communication System**, Vol III 2nd Edition, ICAO, 2007
- [2] Ravinder Kumar, Munis Kumar, and Viranjay M. Srivastava, **Design and Noise Optimization of RF Low Noise Amplifier for IEEE Standard 802.11A WLAN**, VLSI design & Communication System (VLSICS) Vol.3 No.2, 2012
- [3] Muh Wildan, **Co-Design Dual band LNA dan Bandpass Filter Untuk Ground Check Monitoring pada Radio Navigation Aids**, Depok: Tesis UI, 2014
- [4] Rhyando Anggoro Adi, **Rancang Bangun Low Noise Amplifier dan Bandpass Filter pada Sistem Receiver Payload Komunikasi IiNusat**, Depok: Skripsi UI, 2011
- [5] Daverius Ma'arang, **Rancang Bangun LNA untuk ADSB dengan dual stub matching**, Depok: Skripsi UI, 2011
- [6] Mike Golio, **RF and Microwave Passive and Active Technologies**, New York: CRC Press, 2008
- [7] Malvino, **Prinsip-Prinsip Elektronika**, Alih Bahasa oleh Ir.Alb.Joko Santoso, Jakarta: Salemba Teknika, 2003
- [8] David M. Pozar, **Microwave Engineering**, 4th Edition, USA: John Wiler & Sons, 2012
- [9] Guillermo Gonzalez, **Microwave Transistor Amplifier Analysis and Design**, New Jersey: Prentice-Hall, 1984
- [10] Michael Steer, **Microwave and RF Design**, North Carolina: Scitech Publishing, 2010
- [11] Chris Bowick, **RF Circuit Design**, Washington: Newnes, 1982