

DESAIN DAN REALISASI LOW NOISE AMPLIFIER WILAYAH FREKUENSI 200 MHz MENGGUNAKAN PENYESUAI IMPEDANSI LUMPED ELEMEN TUNTUK PERANGKAT GROUND PENETRATING RADAR

Holan F. Purba¹, Heroe Wijanto², Budi Prasetya³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan salah satu jenis radar yang digunakan untuk mendeteksi objek yang bersifat metal dan non-metal yang berada di dalam tanah. Antena pengirim GPR mentransmisikan impuls elektromagnetik menembus tanah dan mengenai objek. Sebagian impuls yang diterima objek akan dipantulkan kembali oleh objek tersebut dan diterima oleh antena penerima. Dari sinyal pantul akan dapat diketahui posisi dan bentuk objek. Dari antena penerima sinyal pantul akan diteruskan ke amplifier. Amplifier pada perangkat receiver berfungsi sebagai penguat daya, agar daya yang dibutuhkan terpenuhi sampai ke penerima. Akan tetapi sebuah penguat tidak hanya menguatkan sinyal informasi saja, tetapi juga sinyal noise (derau) yang ditimbulkan oleh penguat itu sendiri. Hal ini dapat mengakibatkan sinyal informasi yang diterima susah dideteksi karena mempunyai level daya noise yang cukup besar. Dengan menggunakan Low Noise Amplifier (LNA) suatu sinyal terima akan dikuatkan dengan penguatan yang cukup namun memiliki besar noise yang rendah.

Pada Tugas Akhir ini akan diimplementasikan sebuah prototipe Low Noise Amplifier (LNA) dengan daerah frekuensi kerja ground penetrating radar. LNA yang akan diimplementasikan merupakan penguat stabil (satu tingkat) yang dirancang dengan menggunakan transistor yang tingkat kestabilannya harus diselidiki terlebih dahulu. Sedangkan untuk penyepadan impedansi akan direalisasikan dengan menggunakan lumped element (Topologi π dan Topologi T). Pengujian pada perangkat Low Noise Amplifier (LNA) dapat dilakukan dengan mengukur parameter LNA, yaitu meliputi pengukuran wilayah frekuensi, pengukuran Noise Figure, pengukuran Gain, pengukuran rasio tegangan gelombang berdiri (VSWR), pengukuran sensitifitas & daya ambang penguat dan pengukuran impedansi. Dari hasil pengukuran, LNA yang telah direalisasikan didapatkan bahwa LNA tersebut bekerja pada frekuensi (147.28 - 219.27) MHz dengan penguatan 9.238 dB dan noise figure 1.83 dB, hasil ini berbeda dengan perancangan yaitu pada frekuensi 200 MHz tersebut yang seharusnya menghasilkan penguatan 24.53 dB. LNA ini dapat bekerja pada frekuensi (147.28 - 219.27) MHz sehingga BWVSWR $\leq 1.5 = 72$ MHz

Kata Kunci : LNA, GPR, Noise Figure, Gain, VSWR, Lumped Element

Telkom
University

Abstract

Ground Penetrating Radar (GPR) is kind of radar that is used to detect and locate buried metal and non-metal objects. Tx antenna GPR is transmitting electromagnetic impulse so that penetrate soil and bounced by object to Rx antenna GPR. From bound wave obtainable locate information of object. From Rx antenna bound wave will be continued to amplifier. An amplifier on receiver equipments is very important. It used as power amplifier so that the power which needed is enough to could be received by receiver. But an amplifier does not only amplify the information signals, but also noise signal which is produced by the device it self. To design a simple amplifier, the maximum gain on information signals and the minimum gain on noise signals usually can not be reached together in the same time. Because of it, it should be made Low Noise Amplifier (LNA) which is a power amplifier that has high power information signal gain and low power noise signal gain, until an acceptable limited value.

In this Last assignment, it is implementation of LNA Prototype at frequency operation of GPR. This device is a stable amplifier (single class) which is designed using unstable transistor (conditioned stability), which has stability rate that must be found before using it. While to match the impedance will be realized by using lumped element (Topology π and Topology T) To know performance of the LNA, test to compare the result of measurement with its specification have been done. The examination is done by measuring the LNA parameters like frequency region, noise figure, gain, voltage standing wave ratio (VSWR), sensitivity & threshold power of the amplifier and characteristic impedance. From result of measurement, this LNA have active at (147.28 - 219.27) MHz with gain 9.238 dB and Noise Figure 1.83 dB. This is different with design that is at 200 MHz with design gain 24.53 dB. LNA active at frequency region (147.28 - 219.27) MHz. With the result that BWVSWR $\leq 1.5 = 72$ MHz.

Keywords : LNA, GPR, Noise Figure, Gain, VSWR, Lumped Element

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan sistem yang sangat berguna untuk proses pendeteksian benda-benda yang berada atau terkubur di dalam tanah dengan kedalaman tertentu tanpa harus menggali tanah. Dengan adanya *devices* ini, berbagai kegiatan atau penelitian yang memerlukan informasi keadaan di bawah permukaan tanah dapat dilakukan dengan mudah. Salah satu sub sistem pada *ground penetrating radar* (GPR) yang memainkan peran yang cukup penting adalah *Low Noise Amplifier* (LNA).

Pada sisi penerima, sebelum suatu sinyal memasuki subsistem LNA, sinyal yang telah dipancarkan oleh antenna pengirim dan yang telah dipantulkan kembali oleh objek pemantul akan ditangkap terlebih dahulu oleh antenna penerima. Antena penerima juga akan menerima sejumlah noise. Sinyal terima dan noise tersebut tentunya akan diteruskan ke LNA untuk dikuatkan kembali. LNA ini berfungsi menguatkan sinyal dengan tambahan noise yang sangat rendah.

Pada tugas akhir ini, akan diimplementasikan sebuah *prototype Low Noise Amplifier* (LNA) yang diaplikasikan untuk perangkat GPR.

1.2. MAKSUD DAN TUJUAN

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Memahami prinsip kerja *Low Noise Amplifier* untuk aplikasi GPR.
2. Mendesain dan mengimplementasikan sebuah perangkat *Low Noise Amplifier* (LNA) yang bekerja pada daerah frekuensi kerja dari perangkat *Ground Penetrating Radar*.
3. Menguji *Low Noise Amplifier* yang telah direalisasikan untuk melihat parameter-parameter yang dihasilkan.

1.3. PERUMUSAN MASALAH

Untuk mendapatkan perancangan dan implementasi *Low Noise Amplifier* (LNA) pada GPR ini, maka tugas akhir ini di definisikan beberapa masalah antara lain :

1. Bagaimana menentukan spesifikasi perangkat LNA yaitu frekuensi operasi, bandwidth, noise figure, sensitivitas, gain, daya output, VSWR, serta impedansi karakteristik yang akan diimplementasikan sebagai perangkat pada GPR.
2. Bagaimana merancang LNA yang sesuai untuk aplikasi GPR dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
3. Bagaimana mengimplementasikan rancangan rangkaian penyepadanan LNA pada saluran transmisi.
4. Pengujian hanya dilakukan pada *low noise amplifier* yang akan diimplementasikan saja.
5. Analisa *low noise amplifier* yang telah diimplementasikan.

1.4. BATASAN MASALAH

Untuk menghindari meluasnya materi pembahasan Tugas Akhir ini, maka permasalahan pada tugas akhir ini dibatasi pada beberapa hal berikut :

1. Media perambatan gelombang elektromagnetik adalah berbagai medium dengan permitivitas, permeabilitas, dan konduktivitas tanah di Indonesia.
2. Merealisasikan penyepadanan impedansi dengan menggunakan lump element.
3. Transistor yang digunakan adalah transistor jenis BFR91
4. Tidak membahas perangkat *receiver* yang lain.
5. Penentuan frekuensi kerja berdasarkan *pulse repetition frequency (prf)* dari *pulse generator*.
6. Spesifikasi penguat yang dirancang bangun :
 - a) Frekuensi kerja : 180 – 220 MHz.
 - b) Frekuensi tengah : 200 MHz.
 - c) *Noise Figure (NF)* : ≤ 2 dB.
 - d) *Gain (G)* : 24 dB.
 - e) VSWR : $\leq 1,5$ (untuk frekuensi kerja).
 - f) Impedansi (Z_0) : 50 Ω *unbalanced*.
 - g) *Operating voltage* : + 12 Volt.
 - h) Minimum input *power* : - 36 dBm.
 - i) Maksimum output *power* : - 12 dBm

1.5. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Metode ekperimental, yaitu metode yang bersifat prediktif (ke masa depan) dengan pengukuran objek secara cermat.
2. Melakukan diskusi ilmiah, konsultasi dengan dosen-dosen pembimbing dan rekan untuk mendapatkan pemahaman materi dan teori-teori yang mendukung.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Secara umum sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang penjelasan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, metodologi pemecahan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Berisi penjelasan tentang teori dasar *Ground Penetrating Radar*, *Low Noise Amplifier*, penyepadanan impedansi beserta rugi-ruginya.

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI

Pada bab ini dibahas tentang Perancangan dan Realisasi perangkat Low Noise Amplifier (LNA) .

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Menunjukan hasil pengukuran dari *low noise amplifier* yang telah direalisasikan dan menganalisa hasil pengukuran, serta membandingkannya dengan spesifikasi perancangan perangkat awal.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari uraian pada bab-bab yang telah dibahas sebelumnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengukuran dan analisis pada perangkat, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengukuran, LNA yang telah direalisasikan dapat bekerja pada frekuensi 200 MHz dengan penguatan 9.376 dB dan Noise Figure 1.83 dB. Hasil ini berbeda dengan perancangan yaitu pada frekuensi 200 MHz seharusnya menghasilkan penguatan minimal 24 dB. Hal ini dapat disebabkan oleh pemilihan prategangan DC yang memiliki efisiensi yang rendah dan adanya redaman pada saluran transmisi.
2. Untuk dapat menghasilkan perangkat LNA yang baik maka parameter-parameter utama yang harus diperhatikan saat melakukan perancangan awal adalah frekuensi kerja penguat, kestabilan komponen, *noise figure* yang diinginkan serta kemampuan penguatan maksimum dari transistor yang digunakan.
3. Bahan atau substrat yang digunakan untuk mikrostrip sangat mempengaruhi hasil perancangan. Untuk pembuatan alat atau broadband aktif frekuensi tinggi, harus digunakan substrat yang memiliki kemampuan tinggi dan data-data yang akurat misalnya besarnya nilai redamannya.
4. Penyebab penurunan nilai gain pada frekuensi operasi ke frekuensi lain adalah dikarenakan pada saat perancangan hanya mengacu pada satu frekuensi, yaitu frekuensi tengah saja. Apabila diaplikasikan untuk frekuensi yang lain akan terjadi penyimpangan.
5. *Bandwidth* yang didapatkan pada batas $VSWR \leq 1,5$ pada tugas akhir ini sebesar 72 MHz dengan prosentase *bandwidth* 36 %. Sehingga *bandwidth* yang didapatkan pada tugas akhir ini sudah memenuhi syarat UWB (Ultra Wideband) dimana $B_{fractional} \geq 20\%$ dengan *bandwidth* spesifikasi awal sebesar 40 MHz.
6. Nilai impedansi LNA pada saat *VSWR minimum* yaitu pada frekuensi 197.28 MHz sebesar $(47.5 - j 1,305) \Omega$ masih bersifat kapasitif. Nilai reaktif ini dapat dikompensasi lagi untuk melebarkan *bandwidth*.

7. Faktor yang menyebabkan bergesernya wilayah frekuensi kerja penguat adalah tingkat akurasi pembuatan jalur mikrostrip yang tidak dapat diabaikan untuk frekuensi tinggi serta penggunaan nilai resistor, kapasitor dan induktor yang tidak sesuai dengan hasil perancangan penyepadan impedansi. Untuk nilai induktor yang dibuat sendiri hanya didasarkan pada teori praktis, hal ini disebabkan keterbatasan alat ukur LCR meter.
8. Kelengkapan data karakteristik komponen aktif maupun komponen pasif yang digunakan sangat mempengaruhi metode dan hasil dari LNA .

5.2 Saran

Untuk perbaikan dan pengembangan penelitian tentang tugas akhir ini, beberapa saran penulis antara lain :

1. Dalam pembuatan penyepadan impedansi *lumped element*, ukuran konstruksi maupun nilai induktansi hasil rancangan induktor harus presisi dan nilainya diukur menggunakan LCR meter yang memiliki *range* pengukuran orde nano Henry.
2. Untuk memperoleh *bandwidth* yang lebih lebar lagi dapat digunakan penyepadan impedansi jenis multi elemen dan dapat dirancang penguat balance seperti menggunakan *hybrid 90°*, *lange coupler*, dan *Splitter* dengan *penggeser fasa 90°*.
3. Untuk mengurangi besarnya redaman diusahakan panjang jalur mikrostrip seminimal mungkin
4. Pemasangan dan penyolderan komponen diusahakan serapi mungkin untuk meminimalisir pengaruh induktansi liar pada rangkaian penguat.
5. Untuk memperoleh penguatan yang lebih besar dapat dilakukan dengan merancang penguat dua tingkat atau lebih ataupun menaikkan arus I_c mengingat NF (Noise Figure) masih cukup rendah.
6. Substrat yang memiliki kualitas yang baik dan data yang akurat diperlukan karena akan sangat memaksimalkan hasil dari perancangan awal.
7. Untuk mendapatkan data pengukuran yang optimal, sebaiknya pengukuran parameter-parameter dari penguat daya sebaiknya dilakukan pada waktu, tempat, dan alat ukur yang sama serta usahakan hanya sekali dilakukan suatu pencuplikan dalam pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Electronic device and circuit theory, Boylestad Nashelsky,1999, Prentice hall international, Inc. USA
2. Foundation for microwave engineering, Robert E, collin, 1992, McGraw-hill, inc. USA
3. Electromagnetic fields and waves. Magdy F. iskander,2000, Waveland press, inc, USA
4. Microwave circuit design, George D. Vendelin, Wiley, Inc.1990, Singapore
5. *Microwave Engineering*. Pozar, David M., 2nd Ed, JWS, Singapore. 2003.
6. Microwave engineering using microstrip circuit, Fooks R. A. Zakarevicius, Wiley, Inc.1992, Singapore
7. Microwave transistor amplifiers analysis and design, Guilermo Gonzales,1992 Ph.D., Prentice hall international, Inc. USA
8. RF and microwave circuit and component design for wireless systems, Kai chang, inder bahl, Vijay nair,2002, Willey interscience, Canada
9. Diktat Elektromagnetik II, Heroe Wijanto, 2002, STT Telkom, Bandung
10. Diktat Komponen Gelombang Mikro, Tearalangi T, 2003, STT Telkom, Bandung
11. Diktat Elektronika Komunikasi, Team Dosen, 2006, IT Telkom, Bandung

Telkom
University