

Perancangan dan Simulasi *Low Noise Amplifier* untuk Penerima *Automatic Picture Transmission* dan *High Resolution Picture Transmission*

Gunawan Wibisono
Teknik Elektro, Universitas Indonesia
Kampus UI Depok, 16424
gunawan@eng.ui.ac.id

Farid Tito Andarto
Teknik Elektro, Universitas Indonesia
Kampus UI Depok, 16424
faried.tieto@gmail.com

Intisari—Dalam makalah ini, LNA dual band yang beroperasi pada pita frekuensi APT dengan frekuensi tengah 137,5 MHz dan HRPT dengan frekuensi tengah 1702 MHz dirancang dan dianalisa. Perancangan dibuat dengan menggabungkan BPF dual band dengan rangkaian biasing MMIC dan disimulasikan dengan software ADS. Dalam perancangan BPF dual band, karakteristik dual band didapatkan dengan menggunakan transformasi frekuensi. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa S_{11} lebih kecil dari -10dB, gain lebih dari 18dB, NF kurang dari 0.8dB dan faktor kestabilan lebih dari 1.

Kata Kunci—Dual-band LNA, APT, HRPT

I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir penginderaan jauh satelit telah menjadi alat yang sangat diperlukan bagi para ilmuwan dan pendidik untuk mengamati atau memantau kondisi bumi. Ada banyak satelit cuaca yang memberikan informasi tentang kondisi bumi dan atmosfer. Satelit cuaca digunakan untuk memantau cuaca dan iklim bumi dari waktu ke waktu. Satelit cuaca membawa informasi kunci antara lain:

- Fisika - *Doppler effects, gravity, orbital dynamics*, dan sebagainya
- Ilmu tentang atmosfer - interaksi antara lautan dan atmosfer, perkembangan *contrail*, pergerakan awan, dan sebagainya.
- Meteorologi - Pelacakan badai *real-time*, studi Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ), dan lain-lain.
- Geologi - Geomorfologi & identifikasi bentuk lahan, hidrologi, identifikasi & pelacakan abu vulkanik, dan lain-lain.
- Geografi - lapisan vegetasi, proses sedimentasi sungai-laut, dan lain-lain.
- Ilmu pengetahuan lingkungan - Penilaian dampak dari bencana lingkungan, penilaian risiko ekologis, dan lain-lain.
- Kehutanan - Pemetaan vegetasi, deteksi kebakaran, analisis mengenai dampak lingkungan, dan lain-lain.

- Oceanografi - Dinamika arus laut, suhu permukaan laut, dan lain-lain.
- Penginderaan jauh - Spesifikasi Satellite & sensor, cakupan pita spektrum, dan lain-lain[3].

Salah satu satelit cuaca adalah NOAA yang mengirimkan informasi ini melalui metode "*direct readout*" ke stasiun bumi. Layanan yang paling populer dari *Polar Orbiting Environmental Satellites* (POEs) adalah data *Automatic Picture Transmission* (APT) dan *High Resolution Picture Transmission* (HRPT), sedangkan dari *Geostationary Operational Environmental satellites* (GOES) adalah data *Low-Rate Information Transmission* (LIRT) dan *GOES Variable* (GVAR). APT memiliki resolusi 4 km dan memiliki format transmisi analog. APT mentransmisikan sinyal analog pada pita frekuensi 137 MHz (frekuensi VHF) yang terdiri dari dua gambar yang dikirimkan secara bersamaan. Selama siang hari, APT mentransmisikan band 2 dan 4 (*near-IR and thermal IR*) dan pada malam hari APT mentransmisikan band 3 dan 4 (*thermal IR*). Berbeda APT yang memiliki resolusi 4 km, HRPT dengan saluran data ke-5 dengan data 10 bit memberikan keuntungan sekitar 10 kali lipat jumlah informasi yang didapat dari APT[1]. Namun, APT memiliki keuntungan lebih mudah dalam perancangan sistem untuk menerima data. Parameter transmisi APT dan HRPT untuk NOAA POEs satelit terdapat dalam Tabel 1 dan 2.

Untuk menerima data dari APT atau HRPT diperlukan stasiun penerima di bumi. Secara umum penerima ini terdiri dari dua bagian yaitu perangkat lunak dan perangkat keras. Bagian perangkat lunak terdiri dari

- Program untuk memperkirakan dan melacak posisi satelit cuaca dan wilayah yang menjadi cakupan satelit tersebut, misalnya dengan menggunakan software WXTRACK.
- Program untuk men-*decode* sinyal analog APT menjadi gambar, software yang digunakan WXSAT and SATSIGNAL.

Perangkat keras stasiun penerima adalah sistem penginderaan jauh yang didasarkan pada teknik modulasi AM dan FM, dan terdiri:

- Antena omnidirectional atau directional.
- Penerima dengan lebar pita frekuensi IF (*Intermediate Frequency*) 30 hingga 45 kHz untuk APT dan 3 MHz untuk HRPT
- RF preamplifier dengan gain tertentu yang berada setelah antenna.
- Komputer yang dilengkapi dengan converter analog ke digital. [2]

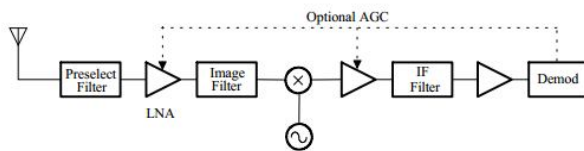
Diagram blok komponen stasion penerima ditunjukkan pada Gambar 1. Blok diagram ini merupakan blok diagram yang umum dipakai dalam perancangan penerima radio *superheterodyne*. Salah satu bagian terpenting dalam receiver adalah *Low Noise Amplifier* (LNA). LNA menguatkan sinyal (memberikan gain) untuk menghindari *losses* di rangkaian pasif. Gain ini diperlukan untuk memberikan performansi *noise figure* yang bagus tetapi juga tidak mengurangi *dynamic range* dari gain LNA. *Noise figure* LNA kurang dari 0,8dB dan gain 15-20 dB cukup untuk mendeteksi sinyal APT atau HRPT [1].

TABLE I. PARAMETER TRANSMISI APT SATELIT POES NOAA

Parameter	U.S. POES
Frekuensi (MHz)	137,5 (NOAA 16); 137,62 (NOAA 15); 137,1 (NOAA 19); 137,9125 (NOAA 18)
Modulasi	Analog FM
Deviasi carier	+/- 17 kHz
Daya Pancar	5 Watt (36,99 dBm)
Polarisasi Antena	<i>Right Hand Circular</i>
Resolusi	4 km

TABLE II. PARAMETER TRANSMISI HRPT SATELIT POES NOAA

Parameter	U.S. POES
Frekuensi (MHz)	1698;1707;1702,5
Modulasi	Digital, Split Phase, Modulasi Fasa
Daya Pancar	6,35 Watt (38,03 dBm)
Polarisasi Antena	<i>Right Hand Circular, Left-hand Circular</i> berdasarkan pemancar yang digunakan
Resolusi	1 km



Gambar 1. Blok diagram penerima *super heterodyne*¹

¹ Gambar diambil dari *Complete Wireless Design*, 2nd ed., McGraw-Hill Companies, Inc., 2001

Dalam penelitian ini, perancangan LNA dual band dilakukan dengan konsep transformasi frekuensi dari *dual band* BPF[4]. Dual band LNA diperlukan karena APT dan HRPT memiliki frekuensi dengan band yang berbeda, APT berada di band VHF sedangkan HRPT berada di band L. Teknologi dual band juga diperlukan untuk lebih menyederhanakan rangkaian atau memperkecil ukuran rangkaian yang diharapkan juga dapat mengurangi konsumsi daya. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang *dual band* LNA menggunakan komponen MMIC (*Monolithic Microwave Integrated Circuits*) dan memiliki karakteristik :

- Frekuensi kerja LNA hanya untuk pita APT (137,1 MHz – 137,9 MHz) dan pita HRPT (1698 MHz - 1707 MHz).
- Return loss* dual-band LNA <-10 dB .
- Dual band* LNA memiliki gain minimal 18 dB.
- Noise figure* minimal sebesar 0.8 dB.

II. DUAL BAND LNA

Sebelum mendesain *dual band* LNA, langkah awal yang dilakukan adalah mendesain *dual band* BPF yang *concurrent* untuk band APT dan HRPT.

A. Dual Band BPF

BPF akan digunakan untuk memilih sinyal APT dan HRPT. Dari karakteristik impedansi MMIC MGA-62563 pada frekuensi APT dan HRPT bersifat kapasitif, sehingga transformasi frekuensi menggunakan tipe II [4]. Persamaan umum transformasi frekuensi tipe II adalah

$$\omega_m = \frac{\omega_t + a_3 \omega_t^2 + a_5 \omega_t^5 + \dots}{1 + a_2 \omega_t^2 + a_4 \omega_t^4 + \dots} \quad (1)$$

Dimana ω_m adalah frekuensi yang ditransformasi, ω_t adalah frekuensi hasil transformasi, n adalah jumlah band, a_i (i=2 hingga n) adalah parameter transformasi. Persamaan transformasi frekuensi 2 band didapatkan dari persamaan (1) dengan hanya mengambil persamaan orde 2. Sehingga persamaan (1) dapat ditulis

$$\omega_m = \frac{\omega_t}{1 + a_2 \omega_t^2} \quad (2)$$

atau

$$\omega_t^2 - \frac{\omega_t}{a_2 \omega_m} + \frac{1}{a_2} = 0 \quad (3)$$

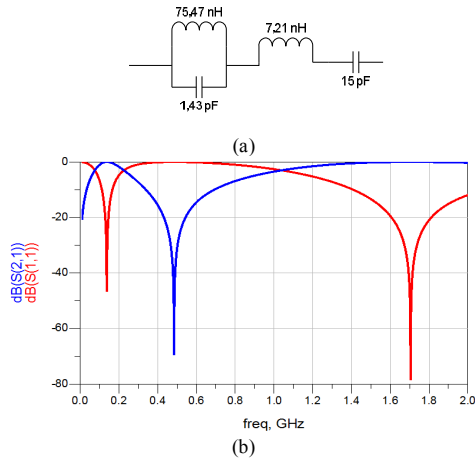
APT memiliki frekuensi 137,5 MHz (sebagai akar pertama persamaan, ω_1) dan HRPT memiliki frekuensi tengah 1702,5 MHz (sebagai akar pertama persamaan kedua, ω_2). Dari persamaan (2) atau (3) dapat ditentukan nilai a_2

$$a_2 = -\frac{1}{\omega_1 \omega_2} \quad (4)$$

dan nilai ω_m adalah

$$\omega_m = \frac{1}{a_2(\omega_1 + \omega_2)} \quad (5)$$

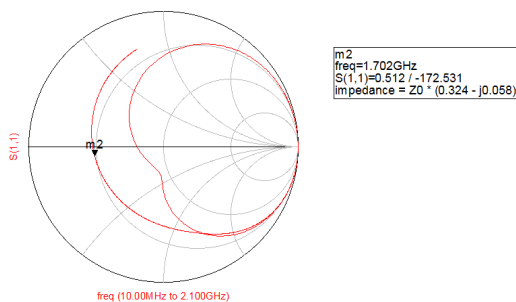
Dengan memasukkan nilai ω_1 dan ω_2 , didapatkan nilai a_2 sebesar $-1.08206E-19$, ω_m sebesar 939843074 atau f_m sebesar 150 MHz. Jika dipilih nilai C pada IC sebesar 15 pF, hasil dari transformasi frekuensi dan nilai komponen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 (a) Topologi BPF dual band dan (b) Hasil simulasi S_{11} and S_{21}

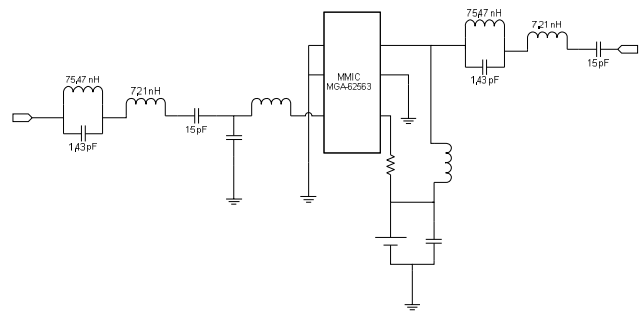
B. Dual Band LNA

Dual band LNA didapatkan dengan menggabungkan rangkaian bias MMIC dengan dual band BPF (Gambar 2a) pada bagian masukan dan keluaran MMIC. Rangkaian matching impedance baik untuk band APT maupun HRPT diperlukan untuk mendapatkan transfer daya yang optimal. Dalam hal ini karena impedansi APT mendekati 50Ω dan reaktansinya dapat diabaikan, sehingga rangkaian matching impedance hanya diperlukan untuk band HRPT. Impedansi pada frekuensi ini didapatkan dari plot S_{11} hasil simulasi sebagaimana Gambar 3.



Gambar 3. Smith Chart parameter S_{11} dan impedansi band HRPT

Jika Z_0 diasumsikan 50Ω , maka $Z_L = (16 - j2,9)\Omega$, dan dipilih matching impedance tipe L. Setelah melakukan perhitungan didapatkan nilai C sebesar 2.726 pF dan nilai L sebesar 2.452 nH. Gambar akhir rangkaian dual band LNA yang diusulkan diperlihatkan pada Gambar 4.



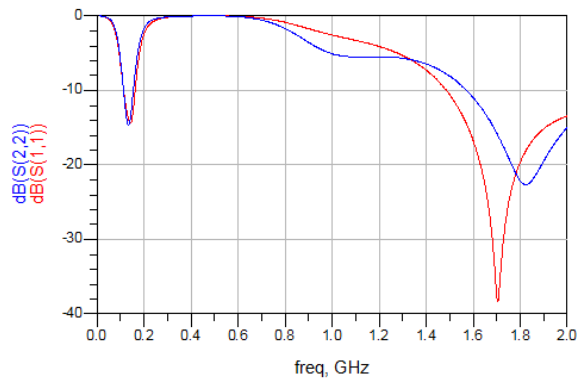
Gambar 4. Dual Band LNA yang diusulkan untuk penerima APT dan HRPT

III. HASIL

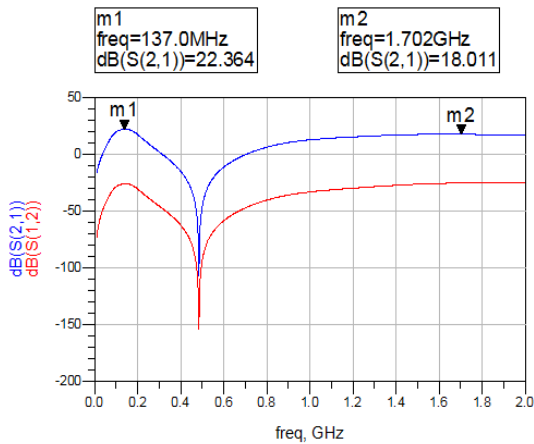
Gambar rangkaian akhir yang diusulkan pada Gambar 4 disimulasikan dengan menggunakan software ADS 2009 Update 1. Hasil simulasi untuk parameter-parameter S ditunjukkan pada Gambar 5. Diperlihatkan pada Gambar 5 bahwa dual band LNA yang diusulkan dapat beroperasi pada frekuensi tengah pita APT ($137,5$ MHz) dan pita HRPT (1702 MHz), dan sebagaimana direncanakan, return loss LNA ini lebih kecil dari -10 dB ($-14,128$ pada band APT dan $-38,17$ pada band HRPT). Nilai return loss yang kecil memberikan keuntungan dengan adanya transfer daya optimal dari input ke output.

Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran gain S_{21} . Pada band APT, nilai S_{21} sebesar $22,364$ dB pada frekuensi 137 MHz. Sedangkan pada band HRPT, nilai S_{21} sebesar $18,011$ dB pada frekuensi 1702 MHz. Nilai gain baik pada band APT maupun HRPT sudah memenuhi spesifikasi yang diharapkan.

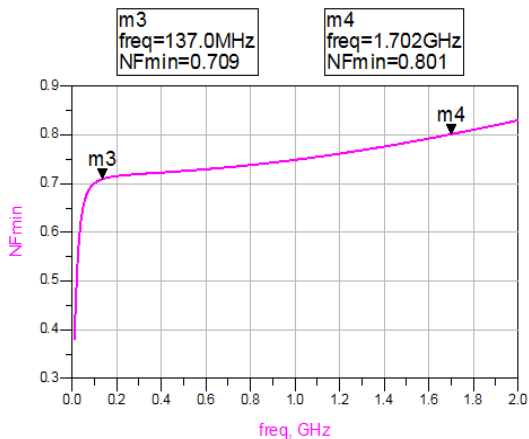
Parameter yang selanjutnya dianalisa adalah noise figure. Hasil simulasi noise figure terdapat pada Gambar 7, untuk APT dan HRPT masing-masing adalah $0,709$ dB dan $0,801$ dB. Nilai-nilai ini sesuai dengan persyaratan yang disarankan NOAA. Parameter terakhir yang dianalisa pada paper ini adalah kestabilan rangkaian LNA. Pada gambar terakhir (Gambar 8), rangkaian yang diusulkan berada pada posisi unconditionally stable yang akan memberikan kemungkinan kecil untuk berosilasi. Pada frekuensi 137 MHz nilai K sebesar $1,022$ dan pada frekuensi 1702 MHz nilai K sebesar $1,3$. Nilai ini mencukupi spesifikasi yang diharapkan dengan memiliki faktor kestabilan $K > 1$ pada frekuensi kerja APT dan HRPT.



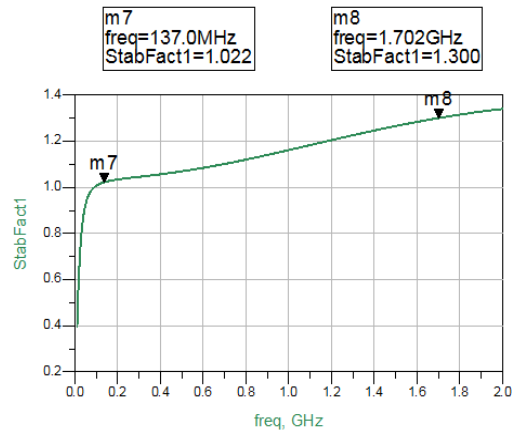
Gambar 5. Hasil simulasi S_{11} dan S_{22} dari dual band LNA yang diusulkan



Gambar 6. Hasil simulasi S_{12} dan S_{21} dari dual band LNA yang diusulkan



Gambar 7. Hasil simulasi *noise figure* dari dual band LNA yang diusulkan



Gambar 8. Hasil simulasi faktor kestabilan dari dual band LNA yang diusulkan

IV. KESIMPULAN

Dual band LNA dengan MMIC yang didapatkan dengan cara frekuensi mapping *dual band* BPF dapat beroperasi pada dua frekuensi (pita APT dan HRPT) secara bersamaan, dirancang, dan dianalisa. Dari hasil simulasi memperlihatkan bahwa *dual band* LNA yang diusulkan dapat beroperasi pada dua frekuensi yang berbeda pada frekuensi tengah 137,5 MHz dan 1702 MHz. Dari hasil simulasi didapatkan *return loss* S_{11} , *gain* S_{21} , *noise figure* dan faktor kestabilan dari *dual band* LNA yang diusulkan memenuhi spesifikasi desain. Gain pada band HRPT masih memiliki bandwidth yang cukup lebar, sehingga rangkaian masih perlu di-*tuning* lagi agar bandwidth *gain* S_{21} dapat lebih sempit.

PERNYATAAN

Penelitian ini didanai oleh Riset Strategi Nasional Dikti tahun 2014.

REFERENSI

- [1] NOAA. "User's Guide for Building and Operating Environmental Satellite Receiving Stations, updated 2009," *U.S. Department Of Commerce*
- [2] N. Benabadji, A. Hassini and A. H. Belbachir. "Hardware and Software Considerations to Use NOAA Images," *CDER, Rev. Energ. Ren.* Vol.7 (2004)1-11
- [3] Lucas Moxey, Compton Tucker, Jim Sloan, and John Chadwick. "Introducing Real-Time AVHRR-APT Satellite Imagery in the Classroom Environment," *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 13, No. 3, September 2004
- [4] Nagarjuna Nallam, and Shouri Chatterjee. "Multi-Band Frequency Transformations, Matching Networks and Amplifiers," *IEEE Transactions On Circuits And Systems—I: Regular Papers*, Vol. 60, No. 6, June 2013
- [5] Cotter W. Sayre. *Complete Wireless Design*, 2nd ed., McGraw-Hill Companies, Inc., 2001
- [6] "MGA-62563 datasheet," Avago Technologies