

Rancang Bangun Simultan Dual Band LNA dengan LC Resonator untuk CPE m-BWA pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,6 GHz

Gunawan Wibisono¹; Teguh Firmansyah²; Dwi Muji Raharjo³

¹Teknik Elektro, Universitas Indonesia. Kampus UI Depok, 461425. Email : gunawan@eng.ui.ac.id.

²Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Jl. Jendral Sudirman Km. 3 Cilegon, Email : teguh.firmansyah1@gmail.com

³Kementrian Perhubungan, Republik Indonesia. Email : dwi_muji@yahoo.com.

Abstrak — Penelitian ini membahas rancang bangun rangkaian simultan dual band low noise amplifier (LNA) untuk customer premises equipment (CPE) mobile broadband wireless access (m-BWA) dengan menggunakan transistor HJFET 3210S01. Untuk dapat berfungsi secara dual band diusulkan dipergunakan LC Tank Resonator yang dirancang beresonansi pada frekuensi 2,3GHz dan 2,6 GHz. Rancangan dual band LNA diharapkan menghasilkan noise figure yang rendah, gain yang tinggi, stabil tanpa adanya osilasi, secara simultan. Hasil simulasi menunjukkan performansi yang baik. Kinerja pada frekuensi 2,3 GHz diantaranya gain (S_{21}) = 17.386 dB, Input Return Loss (S_{11}) = -31.598 dB, Noise Figure = 0.913 dB, VSWR = 1.054, bandwidth = 100 MHz. Sementara itu, kinerja pada frekuensi 2,6 GHz diantaranya gain (S_{21}) = 16.732 dB, Input Return Loss (S_{11}) = -32.147 dB, Noise Figure = 0.951 dB, VSWR = 1.051, bandwidth = 95 MHz. Selain itu, penggunaan LC tank resonator telah terbukti menghasilkan dual band LNA secara simultan.

Kata Kunci : LNA, dual band, simultan, LC Resonator

Abstract — This paper discusses the design of simultaneous dual-band low noise amplifier (LNA) for customer premises equipment (CPE) mobile broadband wireless access (m-BWA) by using HJFET 3210S01. It is proposed by used LC resonator tanks to resonate at a frequency 2.3 GHz and 2.6 GHz. The design of dual-band LNA is expected to obtain a low noise figure, high gain, stable and simultaneously. The simulation results show good performance at both frequency. Performance at 2.3 GHz are gain (S_{21}) = 17.386 dB, Input Return Loss (S_{11}) = -31.598 dB, Noise Figure = 0.913 dB, VSWR = 1.054, bandwidth = 100 MHz. Meanwhile, performance at 2.6 GHz are gain (S_{21}) = 16.732 dB, Input Return Loss (S_{11}) = -32.147 dB, Noise Figure = 0.951 dB, VSWR = 1.051, bandwidth = 95 MHz.

Keywords : LNA, dual band, simultaneous, LC Resonator

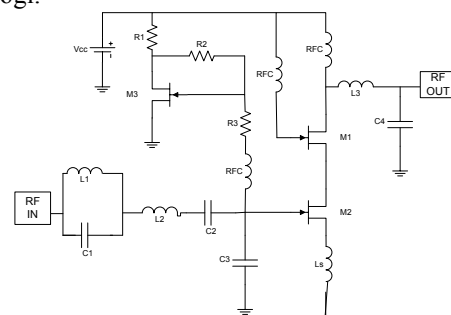
I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan telekomunikasi saat ini telah melahirkan banyak standar baru teknologi akses nirkabel pita lebar (*mobile broadband wireless access BWA*), seperti : WiMAX dan LTE. Teknologi ini memiliki karakteristik *high data rate, wide bandwidth, global mobility, service portability, low-cost service*, koheren serta cakupan daerah yang luas dalam menunjang aplikasi multimedia. [1].

WiMAX dan LTE masing-masing mempunyai kemampuan transfer data hingga 70 Mbps dan 100 Mbps dengan *coverage* yang luas. Pemerintah Indonesia, melalui Dirjen Pos dan Telekomunikasi, telah menetapkan frekuensi kerja WiMAX 3,3 GHz untuk *fixed* WiMAX dan 2,3 GHz untuk *mobile*-WiMAX [2]. Sedangkan LTE direncanakan pada pita frekuensi 2,6 GHz.

Meningkatnya permintaan akan layanan nirkabel telah mendorong penelitian perangkat komunikasi nirkabel tunggal yang bisa mendukung operasi multi-standar [3]. Ketersediaan perangkat CPE m-BWA yang bisa beroperasi multi standar ini sangat menguntungkan

dan lebih efisien bagi pengguna, karena tidak perlu memiliki perangkat CPE m-BWA untuk setiap pilihan teknologi.



Gambar 1. Rangkaian Simultan Dual Band LNA (proposed)

Pada rangkaian RF front-end CPE m-BWA, *low noise amplifier* (LNA) memainkan peran yang sangat penting dalam mengatur noise sistem secara keseluruhan [5]. LNA merupakan perangkat penerima RF m-BWA yang digunakan untuk menguatkan sinyal dengan menekan noise menjadi kecil sebelum diteruskan ke blok rangkaian berikutnya.

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk

menerapkan operasi dual-band pada LNA. Secara umum LNA dibagi menjadi empat kategori : (a) *parallel* LNA, (b) *switched* LNA, (c) *wideband* LNA dan (d) *concurrent* LNA [2]

Untuk mendapatkan fungsi dual band diantaranya dengan metode Switching [1],[2], dimana operasi kerja LNA dilakukan dengan mengubah mode operasi sesuai pita frekuensi yang dikehendaki pada satu waktu secara bergantian (tidak bisa bersamaan). Metode ini telah mampu membuat satu perangkat CPE bisa digunakan untuk fungsi dual band, namun *insertion loss* dan performansi *noise figure* sistem memburuk. Ini menjadi kendala jika pesawat penerima ingin digunakan untuk menerima dua frekuensi secara simultan karena cara kerjanya bergantian sesuai mode operasi yang dipilih [3].

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Hashemi [3], dengan menerapkan LC paralel yang di seri dengan induktan pada inputan sebagai *matching impedansi* input sekaligus sebagai pembentuk respon dual band bisa menunjukkan kinerja dual band LNA yang berfungsi secara simultan. Pada output rangkaian LC seri di paralel dengan LC paralel untuk meningkatkan fungsi transfer, tetapi performansinya masih kurang baik, *noise figure* yang masih cukup tinggi.

Pada penelitian ini, diajukan rancangan rangkaian RF *dual-band* LNA yang bisa bekerja secara simultan dengan LC-resonator matching yang beroperasi pada frekuensi 2,3 GHz untuk mendukung layanan aplikasi mobile WiMAX dan frekuensi 2,6 GHz untuk layanan aplikasi mobile LTE.

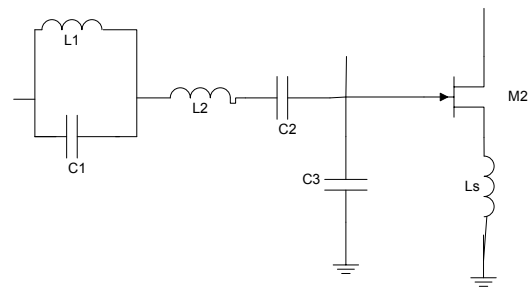
II. RANCANG BANGUN SIMULTAN DUAL BAND LNA

Pada gambar 1 memperlihatkan rangkaian simultan dual band LNA. Dalam rancangan simultan dual band LNA seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 menggunakan topologi *concurrent cascode amplifier*, M2 berfungsi sebagai penguat utama sedangkan M1 difungsikan untuk meningkatkan kestabilan rangkaian penguat. Rangkaian bias aktif disusun sedemikian rupa sehingga menghasilkan tegangan yang selanjutnya diinjeksikan ke rangkaian *cascode* FET *amplifier* sebagaimana spesifikasi kerja transistor HJFET NE3210S01. Arus yang mengalir melalui LNA lewat L5 dan L6 sebagai bloking sinyal RF ditentukan oleh *current mirror* yang dibentuk oleh M2 dan M3.

A. Impedance Matching Menggunakan LC Resonator

Untuk mendapatkan penyesuai input yang dapat menerima kedua frekuensi kerja yang diharapkan akan digunakan rangkaian paralel LC resonator yang di hubungkan dengan seri LC resonator. Rangkaian LC resonator bisa beresonansi pada dua frekuensi 2,3 GHz dan 2,6 GHz secara simultan. Gambar 2.2 menunjukkan rangkaian *input matching*.

Rangkaian *inductively-degenerated common source* LNA seperti ditunjukkan pada Gambar 2. sementara itu, impedansi input dari rangkaian dinyatakan oleh :



Gambar 2. Rangkaian *inductively-degenerated common source*

$$Z_{IN} = \left(j\omega C_1 + \frac{1}{j\omega L_1}\right)^{-1} + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} + \left(j\omega C_3 + \frac{1}{j\omega C_{gs} + j\omega L_s}\right)^{-1} + \frac{L_s}{C_{gs}} g_m \quad (1)$$

Pada saat resonansi pada frekuensi kerja, penjumlahan nilai reaktansi yang berasal dari komponen induktor dan kapasitor akan bernilai sebagai berikut

$$\left(j\omega C_1 + \frac{1}{j\omega L_1}\right)^{-1} + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} + \left(j\omega C_3 + \frac{1}{j\omega C_{gs} + j\omega L_s}\right)^{-1} = 0 \quad (2)$$

Sehingga jika (1) dan (2) disubstitusikan akan diperoleh impedansi input :

$$Z_{IN} = \frac{L_s}{C_{gs}} g_m \quad (3)$$

Setelah mendapatkan 2 fungsi tersebut, selanjutnya diketahui bahwa terminal input diharapkan bisa sesuai (*match*) dengan 2 frekuensi kerja yaitu 2,3 GHz (ω_{low}) dan 2,6 GHz (ω_{high}), sehingga diperoleh [12] :

$$\omega_{low,high} = \sqrt{\frac{b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2}} \quad (4)$$

Dengan nilai :

$$b = \omega_{low}^2 + \omega_{high}^2 = \omega_1^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2 \quad (5)$$

$$c = \omega_{low}^2 \cdot \omega_{high}^2 = \omega_1^2 \cdot \omega_2^2 \quad (6)$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{L_1 C_1}}, \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_A C_A}}, \quad \omega_3 = \sqrt{\frac{1}{L_A C_1}}$$

Dimana,

$$L_A = L_2 + L_s,$$

$$C_A = C_2 + C_3 + C_{gs}$$

Selanjutnya dengan persamaan tersebut nilai L_A dan C_A dapat dicari jika frekuensi dari LC Tank dalam rangkaian dan ω_{12} memenuhi persamaan (5) dan (6) dan penyesuai input akan bekerja dengan baik. Fungsi dari dua induktor dan dua kapasitor memberikan frekuensi resonansi yang berbeda (pada 2,3 GHz dan 2,6 GHz). Ini memberikan penyesuaian yang lebih baik pada setiap bandwidth.

III. ANALISA HASIL

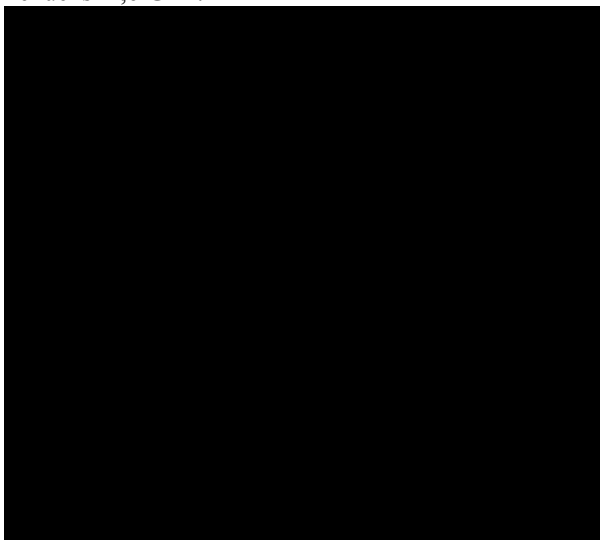
Nilai komponen untuk gambar 1, terlihat pada tabel 1. Sementara itu, hasil simulasi memperlihatkan rangkaian simultan dual band LNA dengan penyesuai impedansi LC resonator pada frekuensi kerja 2,3 GHz

dan 2,6 GHz masing-masing memiliki gain (S_{21}) sebesar 17,386 dB dan 16,732 dB, sedangkan input *return loss* $S_{(11)}$ sebesar -31.887 dB dan -33,881 dB seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

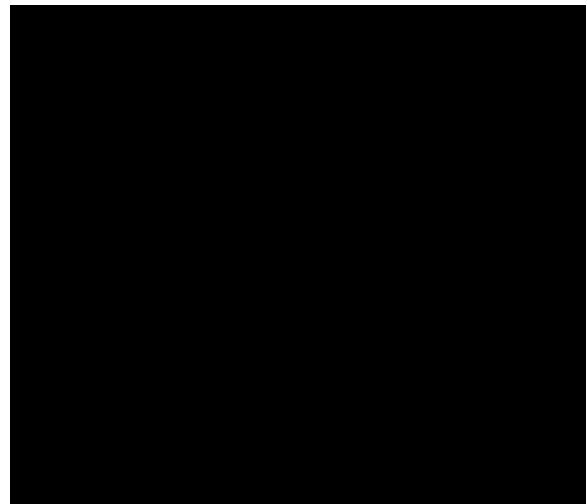
Tabel 1. Nilai Komponen

Komponen	Nilai Komponen
V_{CC}	3,5 V
R_1	3 k Ω
R_2	50 Ω
R_3	100 k Ω
L_1	106 pH
L_2	13,92 nH
L_3	5 nH
L_S	0,6 nH
C_1	36 pF
C_2	3,35 pF
C_3	0,05 pF
C_4	0,02 pF

Lebar *bandwidth* dihitung pada -10 dB input *return loss*. Rangkaian *dual band* LNA dengan penyesuai LC resonator memiliki *bandwidth* lebih besar daripada 100 MHz pada frekuensi 2,3 GHz dan \pm 95 MHz pada frekuensi 2,6 GHz.

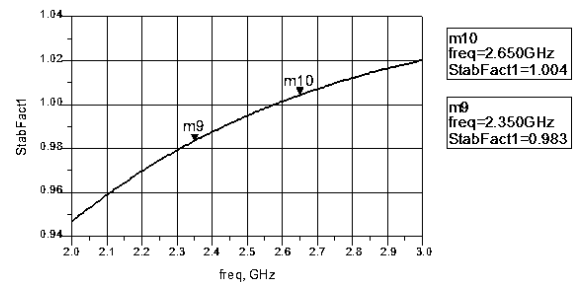


Gambar 3. Gain (S_{21}) dual band LNA



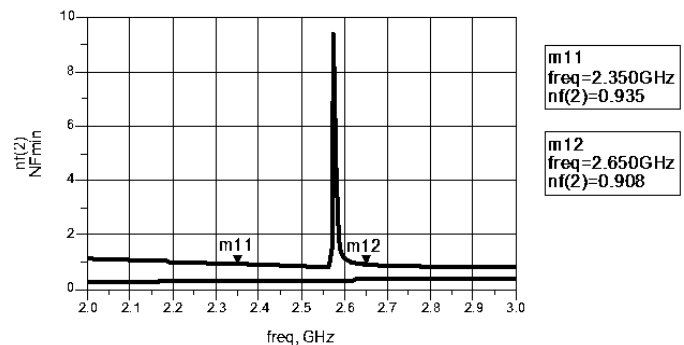
Gambar 4. Input *return loss* (S_{11}) dual band LNA

Faktor kestabilan $K > 1$ yaitu masing-masing bernilai 1,227 dan 1,308. Ini berarti transistor dalam kondisi yang stabil seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



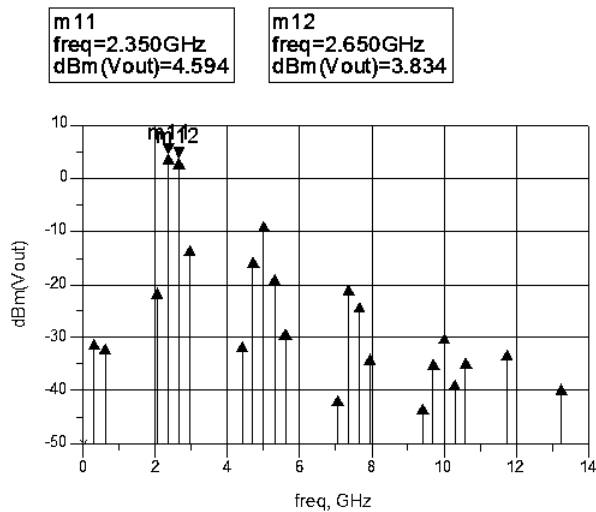
Gambar 5. *Stability factor* Dual Band LNA

Sementara itu, Nilai VSWR masing-masing 1.054 dan 1.051, sedangkan noise figure masing-masing 0,913 dB dan 0,951 dB seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Noise figure* dual band LNA

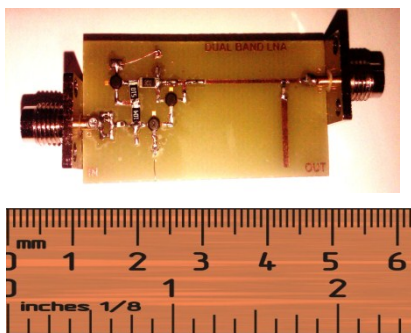
Pada Gambar 7 memperlihatkan rangkaian dual band LNA secara simultan bisa merespon input masukan dari simulasi sinyal generator pada kedua frekuensi kerjanya yaitu 2,3 GHz dan 2,6 GHz, sedangkan frekuensi lainnya di tolak



Gambar 7. Respon frekuensi Vout pada dual band LNA

IV. HASIL PABRIKASI DAN PENGUKURAN

Hasil pabrikan dual band LNA ditunjukkan pada Gambar 8. Pengukuran parameter-parameter dilakukan untuk melihat kinerja dual band LNA dengan menggunakan spektrum analyzer. Penguatan hasil pengukuran lebih rendah dibandingkan dengan hasil simulasi dan spesifikasi. Sedangkan input *return loss* masing-masing sebesar -11,616 dB dan -20,37 dB diperlihatkan pada Gambar 9.

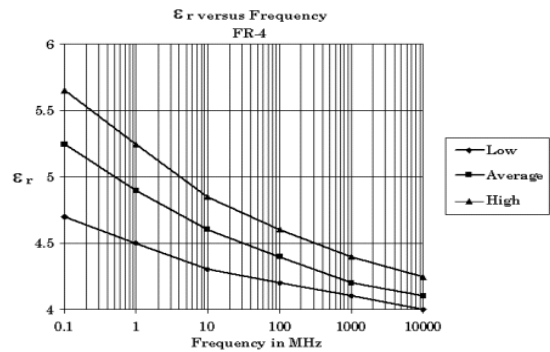


Gambar 8. Pabrikan dual band LNA



Gambar 9. Pengukuran input *return loss* (S11) dual band LNA

Secara umum hasil pabrikan simultan dual band LNA kinerjanya tampak menurun. Terdapat perbedaan yang sangat mencolok antara hasil rancangan (simulasi) dan hasil pabrikan seperti Tabel 3.1. Buruknya performansi dari hasil pabrikan simultan dual band LNA kemungkinan disebabkan kurang presisinya jalur PCB hasil pabrikan, penyolderan yang kurang baik pada komponen SMD yang berukuran sangat kecil, ketidak homogenan substrat (FR4), nilai toleransi dari komponen SMD dan nilai epsilon relatif substrat FR4 yang pada perhitungan simulasi konstanta dielektrik dianggap ideal yaitu 4.3 seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik perubahan epsilon relatif pada FR4 relatif terhadap perubahan frekuensi

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, telah berhasil di rancang bangun perangkat simultan dual band LNA untuk aplikasi m-BWA dengan menggunakan LC resonator sebagai penyesuai impedansi sekaligus pembentuk respon dual band pada frekuensi kerja 2,3 GHz dan 2,6 GHz. Hasil simulasi menunjukkan hasil performansi yang cukup baik dengan parameter masing-masing sebagai berikut : Gain (S21) = 17.386 dB/ 16.732 dB, Input Return Loss (S11) = -31.598 dB / -32.147 dB, Output Return Loss (S22) = -31.598 dB / -32.147 dB, Noise Figure = 0.913 dB/ 0.951 dB, VSWR = 1.054 / 1.051, bandwidth = 100 MHz / ± 95 MHz.

Penggunaan topologi *cascode amplifier* menunjukkan peningkatan kestabilan dari rangkaian dual band LNA. Dari simulasi dan perhitungan didapatkan faktor kestabilan pada masing-masing frekuensi kerja 2,3 GHz dan 2,6 GHz yaitu 1,227 dan 1,308. Hal ini berarti transistor dalam kondisi stabil.

Sementara itu, penggeseran frekuensi kerja dan menurunnya performansi dimungkinkan karena pengaruh dari nilai toleransi komponen, kualitas penyolderan yang kurang baik, mengingat keterbatasan kemampuan dalam penyolderan komponen SMD yang sangat kecil secara manual serta ketidakhomogenan dari bahan substrat mikrostrip

REFERENCES

[1] Z.Li et al ., " A Dual Band CMOS Front end With Two Gain Mode for Wireless LAN Applications, " IEEE JSSC, Vol. 39,pp.2069-2073.NOV .2004.
 [2] Ruey-Lue Wang, Ciao-Ning Cai, Chien Hsuan Liu,Hung-Hsi Chien, Chung-Chin Chuang, Yi-Shu Lin, Yan-Kuin Su, A Dual-band current-

- reused LNA with the switching of LC-resonances, Fourth International Conference on Innovative Computing, Information and Control, IEEE 2009.
- [3] A. Ismail, and A. Abidi, "A 3 to 10GHz LNA Using a Wideband LC ladder Matching Network," ISSCC Dig. Tech. Papers, pp.384, 2004.
- [4] Lini Lee¹, Roslina Mohd Sidek, S. S. Jamuar¹ and Sabira Khatun, Design of a Dual-Band Low Noise Amplifier (LNA) Utilizing Positive Feedback Technique, *4th Student Conference on Research and Development (SCOReD 2006), Shah Alam, Selangor, MALAYSIA, 27-28 June, IEEE 2006.*
- [5] Hossein Hashemi, Ali Hajimiri, Concurrent Multiband Low Noise Amplifiers – Theory, Design and Applications, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2002.
- [6] D. M Pozar, Microwave Engineering, 2nded. New York : Wiley, 1998.
- [7] Irwan Fauzi, Perencanaan Rangkaian RF Penerima CPE Mobile WiMAX pada 2.3GHz., 2009.
- [8] Hongyun Xie, Lijian He, Pei Shen, Junning Gan, Jia Li, Yiwen Huang, Lu Huang, Wanrong Zhang, A Novel Dual-band Power Amplifier for Wireless Communication, International Conference on Communication Software and Networks, IEEE 2009.
- [9] RF, RFIC & Microwave Theory, Design.
- [10] Rowan Gilmore, Les Besser, Practical RF Circuit Design for Modern Wireless System Vol. II, Artech House, 2003.
- [11] Peter Vizmuller, RF Design Guide Systems, Circuits, and Equations, Artech House, 1995.
- [12] Xinzhong Duo, Li-Rong Zheng, Mohammed Ismail and Hannu Tenhunen, A Concurrent Multi-Band LNA for Multi-Standard Radios, IEEE 2005.