

# Perancangan Downconverter Resistive Modulator untuk Aplikasi GSM pada Frekuensi 900 MHz

Teguh Firmansyah<sup>1</sup>, Iga Ayu Mas Oka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia.

<sup>2</sup>Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara (TNU). Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI).  
teguhfirmansyah@untirta.ac.id

**Abstrak** – Perkembangan telekomunikasi semakin pesat, mendorong dilakukannya berbagai penelitian dibidang komunikasi wireless (nirkabel). Salah satu subsistem dari perangkat komunikasi yaitu mixer atau lebih dikenal dengan modulator. Pada penelitian ini diusulkan perancangan downconverter resistive mixer pada frekuensi 900 MHz. Frekuensi 900 MHz merupakan frekuensi kerja Global System for Mobile communications (GSM). Penggunaan downconverter resistive mixer memiliki kelebihan diantaranya rangkaiannya sederhana dengan nilai gain yang besar. Perangkat lunak Advance Design Sistem (ADS) dipergunakan untuk perancangan mixer ini. Hasil perancangan menunjukkan nilai Gain lebih besar dari 20 dB dengan kestabilan sebesar 1,4. Selain itu mixer ini memiliki nilai linieritas yang tinggi dengan kompresi 1-dB saat power sebesar 20 dBm.

**Kata kunci** : ADS, GSM, Downconversion, resistive mixer.

**Abstract** – Increasingly rapid telecommunications development, encourage a variety of research in the field of wireless communications. One subsystem of a communication device that is better known mixer or modulator. In this study, the proposed design of the resistive downconverter mixer at 900 MHz. 900 MHz is the frequency of work Global System for Mobile communications (GSM). The use of resistive downconverter mixer has advantages such as simple circuit with a large gain value. Software Advance Design System (ADS) is used for the design of this mixer. Gain design results show the value of greater than 20 dB with a stability of 1.4. Besides this mixer has a high linearity value with 1 - dB compression when power is 20 dBm.

**Keywords** : ADS, GSM, Downconversion, resistive mixer.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan dan permintaan telekomunikasi yang semakin cepat mendorong dilakukannya penelitian dibidang komunikasi nir kabel. Salah satu teknologi nirkabel yang sudah existing diantaranya adalah teknologi Global System for Mobile communications (GSM) [1]. Pada sistem telekomunikasi nirkabel bagian radio frequency (RF) bisa dilihat dari dua sisi yaitu RF transmitter dan RF receiver [2]. Pada bagian RF receiver, sistem telekomunikasi disusun oleh subsistem diantaranya Low Noise Amplifier (LNA), Band Pass Filter (BPF), Local Oscillator (LO), Mixer Downconverting, dan Automatic Gain Control (AGC)[3].

Bagian subsistem receiver, mixer berfungsi untuk mencampur dua sinyal masukan untuk menghasilkan sinyal baru dengan frekuensi yang berbeda. Pada bagian receiver, mixer yang digunakan ialah mixer downconverting yang memiliki inputan sinyal RF serta sinyal local oscillator (LO) yang akan menghasilkan sinyal intermediate frequency (IF) [4].

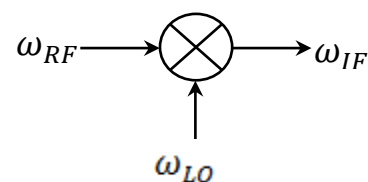
Sebagai state of the art, pada penelitian ini diusulkan perancangan downconverter resistive mixer pada frekuensi 900 MHz. Frekuensi 900 MHz merupakan frekuensi kerja Global System for Mobile communications (GSM). Penggunaan downconverter resistive mixer memiliki kelebihan diantaranya

rangkaiannya sederhana dengan nilai gain yang besar. Sementara itu, mixer ini memiliki nilai power supply DC sebesar 5 V dengan jenis bias voltage divider. Tipe transistor yang digunakan yaitu NEC NE662M04 yang memiliki kestabilan dan gain yang tinggi dengan berbasis teknologi silicon bipolar. Perangkat lunak Advance Design Sistem (ADS) dipergunakan untuk proses perancangan mixer ini.

dipergunakan untuk proses perancangan mixer ini.

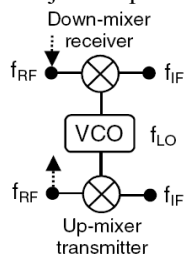
## II. DASAR TEORI MIXER

Mixer merupakan sebuah divais tiga port yang terdiri dari port local oscillator (LO), radio frequency (RF), dan intermediate frequency (IF), seperti ditunjukkan pada Gambar 1 [5]. Port LO dikendalikan oleh sebuah osilator lokal yang memiliki sinyal dengan amplitudo yang tetap.



Gambar 1. Mixer sebagai divais 3 port [6]  
Rangkaian mixer yang merupakan rangkaian nonlinear mempunyai peran yang sangat penting dalam

suatu sistem penerima dan pemancar radio (*RF transceiver*), karena rangkaian inilah yang melakukan translasi frekuensi dari RF ke IF (*down-converting*) untuk *receiver*, atau dari IF ke RF (*up-converting*) untuk *transmitter*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mixer digunakan untuk translasi frekuensi[7] Output dari mixer dapat berupa :

- Penjumlahan frekuensi dari kedua input tersebut (proses *up-converter*)
- Selisih frekuensi dari kedua input tersebut (proses *down-converter*)
- Kedua input tersebut
- Sinyal yang tidak diinginkan

Proses pencampuran kedua sinyal tersebut dapat dijelaskan secara matematis seperti di bawah ini:

Dengan A merupakan amplitudo, jika input sinyal informasi ( $f_i$ ) adalah dalam bentuk sinusoidal,

$$v_i(t) = A_i \sin 2\pi f_i t \quad (1)$$

begitu pula dengan sinyal pembawa lokal ( $f_c$ ),

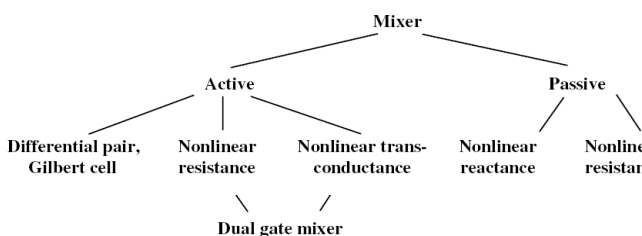
$$v_c(t) = A_c \sin 2\pi f_c t \quad (2)$$

proses *mixing* diwujudkan dengan proses pengalihan kedua input tersebut sesuai dengan rumus trigonometri:

$$v_i(t)v_c(t) = \frac{A_i A_c}{2} [\cos 2\pi(f_i - f_c)t - \cos 2\pi(f_i + f_c)t] \quad (3)$$

Ada dua proses yang terjadi (seperti yang telah disebut di atas) yaitu penjumlahan frekuensi ( $f_i + f_c$ ) atau *up-converter* dan pengurangan frekuensi ( $f_i - f_c$ ) atau *down-converter*. Untuk merealisasikan proses *mixing* tersebut, dibutuhkan suatu rangkaian yang dapat mengalihkan kedua input tersebut. Sedikitnya ada 3 teknik yang dapat dipertimbangkan untuk merancang rangkaian *mixer*, yaitu [8] :

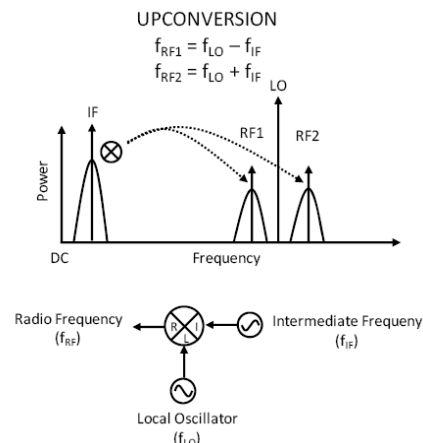
- Menggunakan *Gilbert-cell active mixer*.
- Menggunakan rangkaian yang berbasis pada nonlinier komponen berupa dioda-Schottky, dan
- BJT atau FET sebagai *transconductance mixer*.



Gambar 3. Kasifikasi Jenis Mixer [9]

Berdasarkan fungsinya, *mixer* dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu *up-conversion mixer* dan *down-conversion mixer*. *Mixer* ini menghasilkan dua komponen frekuensi yang berguna pada *output*, contoh: penjumlahan dan selisih frekuensi ( $\omega_{RF} \pm \omega_{LO}$ ) dan sinyal palsu yang tidak diinginkan. Perbedaan utama antara *up* dan *down conversion mixer* adalah pada frekuensi sinyal *output*

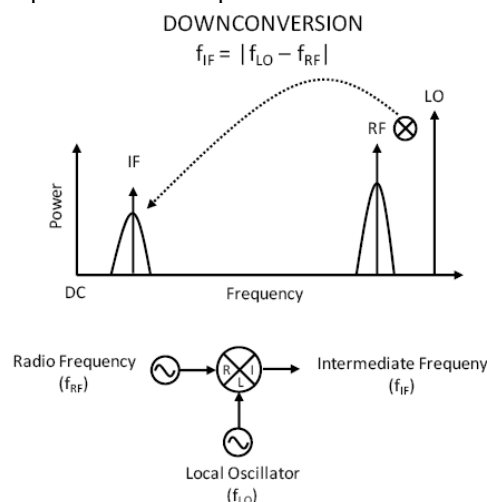
tersebut. Pada *down-conversion mixer*, frekuensi sinyal *output*-nya rendah (biasanya hanya beberapa MHz), dimana pada *up-conversion mixer* frekuensi sinyal *output*-nya tinggi (GHz).



Gambar 4. Definisi *up-conversion mixer* [10]

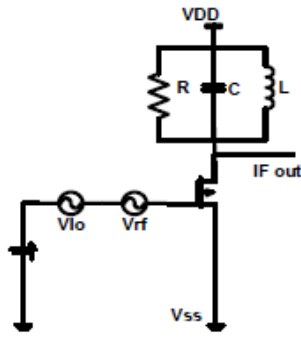
Pada *up-conversion mixer*, salah satu *input* selain dari LO biasanya disebut input IF yang frekuensinya jauh lebih rendah dari frekuensi LO. *Output mixer* ini merupakan penjumlahan dari frekuensi IF dan LO. Definisi *up-conversion mixer* dapat diilustrasikan pada Gambar 4.

Gambar 4. menunjukkan *up-conversion mixer* digunakan pada sisi pemancar (Tx), baik sebagai *modulator* atau *frequency up-converter* maupun keduanya, hal ini tergantung dari arsitektur Tx tersebut. Sedangkan pada *down-conversion mixer* terdapat pada susunan penerima (Rx) yang mentranslasikan frekuensi tinggi ke frekuensi lebih rendah sehingga dapat diproses pada bagian IF. Sinyal *input mixer* ini adalah RF dan *output*-nya adalah IF yang frekuensinya merupakan selisih dari frekuensi RF dan LO. Definisi *down-conversion mixer* dapat diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Definisi *down-conversion mixer*[11]

Berdasarkan *transconductance stage*, *mixer* dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu *unbalanced mixer* dan *balanced mixer*. *Unbalanced mixer* merupakan *mixer* yang paling sederhana dengan *noise figure* yang paling kecil. Sebuah *unbalanced mixer* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Unbalanced mixer [12]

Jenis mixer ini juga disebut sebagai *square law mixer*. Proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan karakteristik *nonlinear square law* transistor MOS. Isolasi *port-to-port* menentukan gangguan fraksi dari sinyal IF yang muncul pada RF. Pada disain mixer, masukan ke port yang berlainan tidak diperkenankan karena dapat menurunkan kinerja Tx dan Rx.

PERANCANGAN DOWNCONVERTER RESISTIVE MIXER

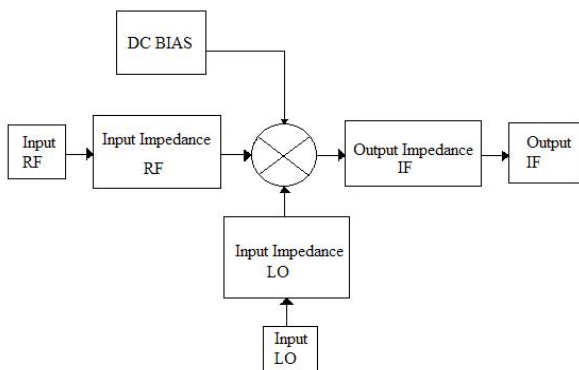
Mixer yang dirancang merupakan mixer *downconverting* dengan inputan berupa sinyal RF dengan frekuensi 950 MHz dan sinyal *Local oscillator* berfrekuensi 900 MHz sehingga output yang berupa sinyal IF memiliki frekuensi 50 MHz. Mixer yang akan dirancang ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi dan parameter mixer untuk GSM

| Parameter        | Spesifikasi | Satuan |
|------------------|-------------|--------|
| Frekuensi RF     | 950         | MHz    |
| Frekuensi LO     | 900         | MHz    |
| Frekuensi IF     | 50          | MHz    |
| Stability (K)    | > 1         | -      |
| Conversion gain  | > 15        | dB     |
| Impedansi sumber | 50          | Ohm    |
| Impedansi Beban  | 50          | Ohm    |
| Voltage Supply   | 5           | V      |

Pada proses perancangan mixer, terdapat rangkaian-rangkaian penyusun mixer yang perlu diperhatikan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 7, rangkaian tersebut dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

1. Inti mixer
2. DC bias
3. Input dan output matching.



Gambar 7. Rangkaian penyusun mixer

Rangkaian voltage divider dipergunakan pada proses perancangan rangkaian bias transistor serta memenuhi pendekatan persamaan (4) berikut ini. [13]

$$V_E = \frac{1}{10} V_{CC}$$

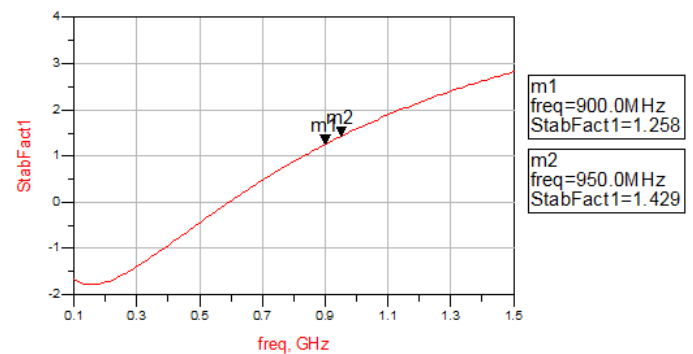
$$V_B = V_{BE} + V_E$$

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} \cong \frac{V_E}{I_C}$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} - V_E}{I_C}$$

$$R_2 = \frac{1}{10} \beta R_E \Omega$$

Tahapan selanjutnya yaitu mengecek nilai kestabilan dan mencari nilai impedansi masukan. Gambar 8 memperlihatkan nilai Kestabilan (K).



Gambar 8. Nilai kestabilan

Pada gambar memperlihatkan nilai Kestabilan (K) pada frekuensi 950 MHz sebesar 1,429 dan pada frekuensi 900 MHz sebesar 1,258. Hal ini memperlihatkan bahwa bias transistor berada pada kondisi stabil dengan nilai  $K > 1$ .

Tahapan selanjutnya yaitu mensimulasikan nilai Impedansi. Bagian ini penting dalam merancang disain RF karena menyesuaikan satu bagian dari rangkaian terhadap bagian lainnya untuk menghasilkan aliran daya yang maksimal antara dua bagian tersebut. Dua bagian tersebut ialah bagian input dari rangkaian dan juga output dari rangkaian. Untuk merancang impedance matching pada suatu rangkaian, dapat digunakan bantuan smith chart. Namun sebelum itu perlu untuk diketahui nilai dari beban pada masing-masing port seperti beban input pada *local oscillator* dan beban input pada RF ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai impedansi beban

| freq      | Zin1            | Zin2            | Zout            |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 850.0 MHz | 24.891 -j14.516 | 30.207 -j72.323 | 24.891 -j14.516 |
| 860.0 MHz | 24.863 -j14.298 | 30.647 -j71.514 | 24.863 -j14.298 |
| 870.0 MHz | 24.837 -j14.084 | 31.071 -j70.725 | 24.837 -j14.084 |
| 880.0 MHz | 24.812 -j13.875 | 31.480 -j69.956 | 24.812 -j13.875 |
| 890.0 MHz | 24.789 -j13.670 | 31.875 -j69.207 | 24.789 -j13.670 |
| 900.0 MHz | 24.767 -j13.470 | 32.256 -j68.476 | 24.767 -j13.470 |
| 910.0 MHz | 24.746 -j13.274 | 32.624 -j67.764 | 24.746 -j13.274 |
| 920.0 MHz | 24.727 -j13.082 | 32.979 -j67.068 | 24.727 -j13.082 |
| 930.0 MHz | 24.709 -j12.894 | 33.323 -j66.390 | 24.709 -j12.894 |
| 940.0 MHz | 24.692 -j12.710 | 33.655 -j65.727 | 24.692 -j12.710 |
| 950.0 MHz | 24.676 -j12.529 | 33.976 -j65.080 | 24.676 -j12.529 |
| 960.0 MHz | 24.661 -j12.352 | 34.286 -j64.448 | 24.661 -j12.352 |
| 970.0 MHz | 24.647 -j12.179 | 34.587 -j63.830 | 24.647 -j12.179 |
| 980.0 MHz | 24.634 -j12.009 | 34.877 -j63.227 | 24.634 -j12.009 |
| 990.0 MHz | 24.622 -j11.842 | 35.159 -j62.637 | 24.622 -j11.842 |
| 1.000 GHz | 24.610 -j11.678 | 35.431 -j62.060 | 24.610 -j11.678 |

Sementara pada desain mixer ini nilai impedansi terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai impedansi pada frekuensi kerja

| Impedansi | Frekuensi | Besar beban (ohm) |
|-----------|-----------|-------------------|
| Zin1 (RF) | 950 MHz   | 24,676 – j12,529  |
| Zin2 (LO) | 900 MHz   | 32,256 – j68,476  |

Setelah mengetahui besarnya beban, dengan menggunakan smith chart rangkaian *impedance matching* dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Diusahakan agar rangkaian impedance matching ini dapat menyesuaikan dengan besarnya beban konekor 50 ohm sehingga daya yang mengalir pada masing-masing port tidak mengalami gangguan.

Selain menggunakan smith chart, nilai impedansi dapat pula dicari dengan persamaan berikut ini : Dengan  $Z_L = R_L + jX_L$  tertentu maka dapat dicari nilai

$$B = \frac{X_L \pm \sqrt{R_L/Z_o \sqrt{R_L^2 + X_L^2} - Z_o R_L}}{R_L^2 + X_L^2} \tag{5}$$

$$X = \frac{1}{B} + \frac{X_L Z_o}{R_L} - \frac{Z_o}{B R_L} \tag{6}$$

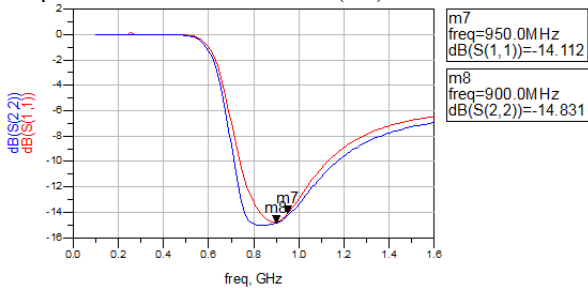
Setelah mendapatkan ke dua parameter tersebut kita dapat mencari nilai kapasitansi dan induktansi komponen dengan menggunakan rumus Untuk B dan X positif

$$C = \frac{b}{2\pi f Z_o} = \frac{B}{2\pi f} \quad L = \frac{x Z_o}{2\pi f} = \frac{X}{2\pi f} \tag{6}$$

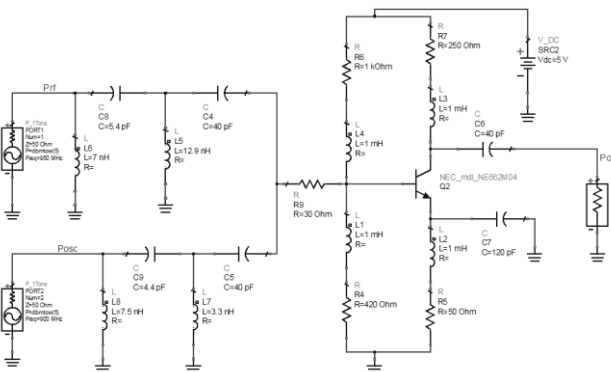
Untuk B dan X negatif

$$C = \frac{-1}{2\pi f x Z_o} = \frac{-1}{2\pi f X} \quad L = \frac{-Z_o}{2\pi f b} = \frac{-1}{2\pi f B} \tag{7}$$

Setelah melalui proses matching, gambar 9 memperlihatkan nilai return loss (dB).



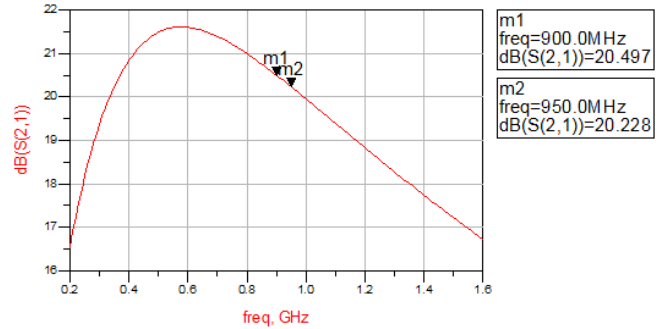
Gambar 9. Nilai return loss (dB) pada port 1 dan port 2 Rangkaian lengkap *Downconverter Resistive Mixer* terlihat pada gambar 10. Tahapan selanjutnya yaitu menganalisa kinerja mixer hasil rancangan.



Gambar 10. Rangkaian lengkap Resistive Modulator

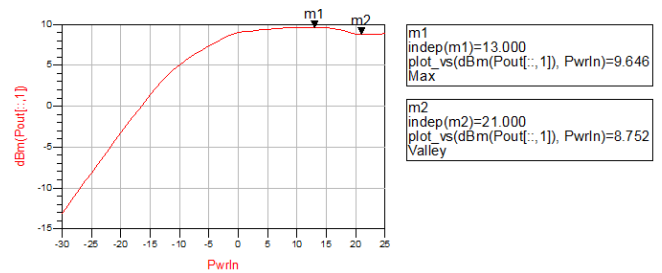
III. PEMBAHASAN DAN ANALISA HASIL

Pada Gambar 11 terlihat hasil simulasi nilai gain pada *Downconverter Resistive Mixer*.



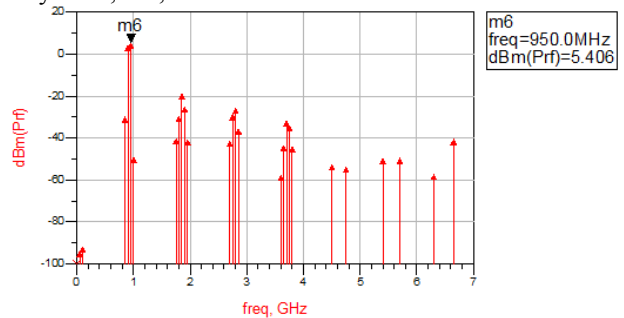
Gambar 11. Nilai Gain (dB)

Desain mixer ini memiliki nilai gain yang besar, sampai dengan diatas 20 dB. Hal ini memperlihatkan bahwa mixer ini memiliki nilai penguatan yang baik. Sementara Gambar 12 memperlihatkan perbandingan nilai antara  $P_{RF}$  dan  $P_{OUT}$ .

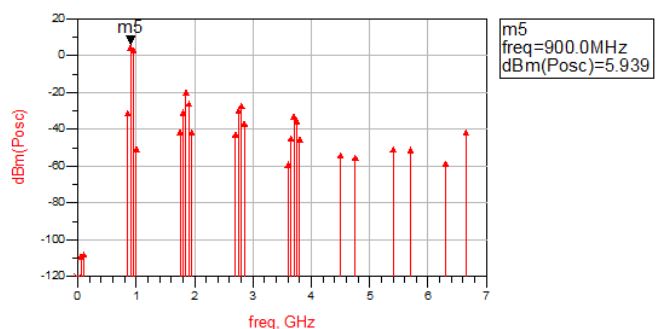


Gambar 12. Perbandingan nilai antara  $P_{RF}$  dan  $P_{OUT}$ .

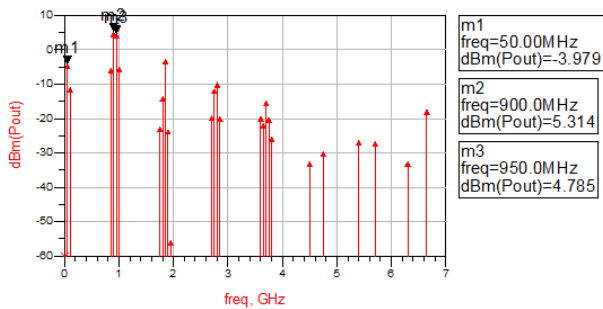
Gambar 12 memperlihatkan kinerja mixer yang memiliki linieritas yang tinggi dengan 1-dB kompresi sampai dengan nilai  $P_{RF}$  sebesar 20 dBm. Sementara Gambar 13-15 memperlihatkan gambar spektrum pada sinyal RF, LO, dan IF.



Gambar 13. Spektrum pada sinyal RF



Gambar 14. Spektrum pada sinyal IF



Gambar 15. Spektrum pada sinyal IF

Pada gambar 13 dan Gambar 14 tidak memperlihatkan spektrum sinyal IF. Akan tetapi setelah melewati proses demodulasi menggunakan *mixer downconverting* maka muncul frekuensi IF sebesar 50 MHz. Hal ini memperlihatkan bahwa proses demodulasi telah berjalan.

#### KESIMPULAN

Pada penelitian ini berhasil dirancang *downconverter resistive mixer* pada frekuensi 900 MHz. Frekuensi 900 MHz merupakan frekuensi kerja *Global System for Mobile communications* (GSM). Penggunaan *downconverter resistive mixer* memiliki kelebihan diantaranya rangkaiannya sederhana dengan nilai gain yang besar. Hasil perancangan menunjukkan nilai Gain lebih besar dari 20 dB dengan kestabilan sebesar 1,4. Selain itu mixer ini memiliki nilai linieritas yang tinggi dengan kompresi 1-dB saat power sebesar 20 dBm.

#### DAFTAR REFERENSI

- Pozar, David. M., "Microwave and RF Design of Wireless Systems", John Wiley and Sons, 2001.
- Ellinger, Frank, "Radio Frequency Integrated Circuits and Technologies", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- Mehdi, Ghulam, "Highly Linear Mixer for On-Chip RF Test in 130nm CMOS", 2007.
- A. S. Allen., "Advanced RFIC Design, Gilbert Cell Mixer", 2004
- Bonghyuk Park, Kyung Ai Lee, Songcheol Hong, and Sangsung Choi "A 3.1 to 5 GHz CMOS Transceiver for DS-UWB Systems", ETRI Journal, 2007
- Davis, W. Alan., Agawal, Krishna., "Radio Frequency Circuit Design", John Wiley & Sons, Inc., USA, 2001.
- Leenaerts, D., Tang Johan.V.D., Vaucher C.S., "Circuit Design for RF Transceivers", Kluwer Academic Publishers, Boston, 2001.
- J. Y. Lyu and Z. M. Lin, "A 2~11 GHz Direct-Conversion Mixer for WiMax Applications", IEEE, 2007.
- Xiaoqin Sheng, "RF Mixer Design for Zero IF Wi-Fi Receiver in CMOS", 2005
- Z. C. Su, Z. M. Lin, and J. Y. Lyu, "A High Conversion Gain Mixer with Active Balun for UWB and WiMax Systems"
- Zaki. Perancangan Mixer Untuk Mobile WiMax Pada Frekuensi 2,3 GHz. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Mahbub. Perancangan Mixer untuk m-Wimax pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,6 GHz dengan heterojunction Bipolar Transistor. Tesis. Universitas Indonesia.
- G. Wibisono, T. Firmansyah. *Design of dielectric resonators oscillator for mobile WiMAX at 2, 3 GHz with additional coupling  $\lambda/4$* . IEEE TENCON 2011-2011.