



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN CONCURRENT DOWN CONVERTER
MULTIBAND MIXER PADA FREKUENSI 900 MHz, 2.1 GHz, 2.3
GHz DAN 2.6 GHz DENGAN TEKNOLOGI CMOS 0.18-um**

SKRIPSI

**PARMONANGAN M
0806331203**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN CONCURRENT DOWN CONVERTER
MULTIBAND MIXER PADA FREKUENSI 900 MHz, 2.1 GHz, 2.3
GHz DAN 2.6 GHz DENGAN TEKNOLOGI CMOS 0.18-um**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**PARMONANGAN M
0806331203**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Parmonangan M

NPM : 0806331203

Tanda Tangan : 

Tanggal : 29 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Parmonangan M
NPM : 0806331203
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : **Perancangan Concurrent Down Converter Multiband Mixer pada Frekuensi 900 MHz, 2.1 GHz, 2.3 GHz dan 2.6 GHz dengan Teknologi CMOS 0.18-um.**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc, Ph.D

Penguji : Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo, M.Sc.

Penguji : Dr. Ir. Arman Djohan, M.Sc

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Selama pengerjaan skripsi ini saya menyadari tidak mampu mengerjakannya tanpa dorongan semangat dan perhatian yang diberikan oleh orang-orang disekeliling saya. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc., Ph.D selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Taufiq Alif Kurniawan ST, M.Sc. selaku asisten pembimbing yang telah membantu dan mengarahkan saya dalam penyelesaian skripsi ini.
- (3) Bapak saya Pdt. S. Manalu dan Ibu saya S.J. Siregar yang senantiasa memperhatikan kebutuhan saya, mendoakan dan memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi saya ini.
- (4) Saudara-saudara saya, Sonya R. Manalu, Insah D. Manalu, Sri Ayu Manalu dan Sahala Manalu yang tetap mendoakan dan mendukung saya selama penulisan skripsi ini.
- (5) Teman-teman satu angkatan Teknik Elektro 2008, secara khusus teman-teman satu bimbingan saya yang senantiasa menyemangati dan membantu saya dalam kesulitan, serta tak lupa juga kepada Risma Laura Sibarani yang senantiasa memperhatikan, mendoakan dan memberikan semangat.

Akhir kata, semoga pihak-pihak yang telah membantu saya tetap diberikan berkat dan senantiasa dalam perlindungan Tuhan dan semoga skripsi ini dapat berguna untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Parmonangan M
NPM : 0806331203
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

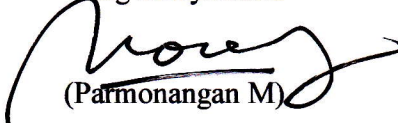
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Perancangan Concurrent Down Converter Multiband Mixer pada Frekuensi 900 MHz, 2.1 GHz, 2.3 GHz dan 2.6 GHz dengan Teknologi CMOS 0.18-um beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 29 Juni 2012

Yang menyatakan


(Parmonangan M)

ABSTRAK

Nama : Parmonangan M
Program Studi : Teknik Elektro
**Judul : PERANCANGAN CONCURRENT DOWN
CONVERTER MULTIBAND MIXER PADA
FREKUENSI 900 MHz, 2.1 GHz, 2.3 GHz DAN 2.6
GHz DENGAN TEKNOLOGI CMOS 0.18-um**

Dalam skripsi ini mixer *multiband down conversion* dengan teknologi CMOS 0.18-um dirancang dan disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *Advance Design System (ADS) 2011*. Dari hasil simulasi mixer pada frekuensi 900 MHz didapat *conversion gain* 23dB, *VSWR* 1,33 dan *noise figure* 29 dB, pada frekuensi 2.1 GHz didapat *conversion gain* 26 dB, *VSWR* 1,35 dan *noise figure* 31,4 dB, pada frekuensi 2.3 GHz didapat *conversion gain* 25,2 dB, *VSWR* 1,19 dan *noise figure* 34,7 dB dan pada frekuensi 2.6 GHz didapat *conversion gain* 23,9 dB, *VSWR* 1,07 dan *noise figure* 30,4 dB. Isolasi antar port LO-IF kurang dari -350 dB, LO-RF kurang dari kurang dari -650 dB dan IF-RF kurang dari -650 dB. Mixer dicatu dengan tegangan 3 V dan arus yang mengalir pada rangkaian sebesar 7 mA.

Kata kunci :

Mixer, multiband, down conversion, teknologi CMOS 0.18-um.

ABSTRACT

Name : Parmonangan M
Study Program : Electrical Engineering
**Title : DESIGN OF CONCURRENT DOWN CONVERTER
MULTIBAND MIXER FOR 900 MHz, 2.1 GHz, 2.3
GHz DAN 2.6 GHz USING CMOS TECHNOLOGY
0.18-um.**

In this final project multiband down conversion mixer is designed by using 0.18-um CMOS technology in Advance Design System (ADS) 2011 software. The result of the mixer simulation for 900 MHz the conversion gain 23 dB, VSWR 1,33 and noise figure 29 dB, at frequency 2.1 GHz the conversion gain 26 dB, VSWR 1,35 and noise figure 31,4 dB, for 2.3 GHz it has conversion gain 25,2 dB, VSWR 1,19 and noise figure 34,7 dB and at frequency 2.6 GHz conversion gain 23,9 dB, VSWR 1,07 and noise figure 30,4 dB. Port isolation between LO-IF is less than -350 dB, LO-RF is less than -650 dB, and IF-RF is less than -650 dB. Mixer is supplied by 3 V and the current is 7 mA.

Keywords :

Mixer, multiband, down conversion, teknologi CMOS 0.18-um.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Sistematika Penulisan	4
2. DASAR TEORI	5
2.1 <i>Radio Frequency Mixer</i>	5
2.1.1 Pengertian <i>Mixer</i>	5
2.1.2 <i>Mixer down-converter dan up-converter</i>	7
2.1.3 <i>Mixer Double Balance</i>	8
2.1.4 Parameter <i>Mixer</i>	9
2.1.4.1 <i>Conversion Gain</i>	10
2.1.4.2 <i>Isolation</i>	10
2.1.4.3 Linearitas <i>Mixer</i>	11
2.1.4.4 <i>Noise Figure</i>	12
2.1.4.5 VSWR.....	13
2.1.4.6 S-Parameter	13
2.2 Teknologi CMOS 0.18-um.....	13
3. PERANCANGAN MIXER MULTIBAND	15
3.1 Alur Perancangan <i>Mixer Multiband</i>	15
3.2 Bagian-bagian Rancangan <i>Mixer Multiband</i>	16
3.3 Spesifikasi <i>Mixer Multiband</i>	16
3.4 Rangkaian Inti <i>Mixer Multiband</i>	17
3.5 Rangkaian <i>Impedance Matching</i>	18
3.6 Rangkaian DC Bias.....	21
3.7 Rangkaian Balun.....	21
4. HASIL DAN ANALISIS	23
4.1 <i>S-Parameter</i>	23

4.2 <i>Isolation</i>	25
4.3 <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	26
4.4 <i>Conversion Gain</i>	27
4.5 <i>Noise Figure</i>	28
4.6 Hasil Simulasi Rancangan Mixer Multiband	28
4.7 Perbandingan Hasil Jurnal [1][2] dan Hasil Simulasi Perancangan	29
5. PENUTUP	31
DAFTAR REFERENSI	32
DAFTAR LAMPIRAN	33



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Hasil simulasi jurnal [1].....	2
Tabel 1.2 Hasil simulasi jurnal [2].....	2
Tabel 3.1 Spesifikasi simulasi rancangan mixer multiband	17
Tabel 4.1 Power (dB) pada port IF	27
Tabel 4.2 Power (dB) pada port RF	27
Tabel 4.3 <i>Conversion Gain</i> pada Mixer	27
Tabel 4.4 <i>Noise Figure</i> Mixer	28
Tabel 4.5 Hasil Simulasi Rancangan Mixer Multiband	28
Tabel 4.6 Perbandingan hasil simulasi mixer dengan jurnal [1][2].....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol Mixer.....	5
Gambar 2.2 Proses kerja Mixer	6
Gambar 2.3 Ilustrasi definisi mixer <i>down conversion</i> dan mixer <i>up conversion</i>	8
Gambar 2.4 Mixer <i>double balance</i>	9
Gambar 2.5 <i>Isolation</i> pada Mixer RF	11
Gambar 2.6 1-dB <i>Compression Point</i> (P1dB).....	12
Gambar 2.7 <i>Third-order Input Intercept Point</i> (IIP3).....	12
Gambar 2.8 <i>Complementary MOS</i> (CMOS).....	14
Gambar 3.1 Diagram alur perancangan mixer multiband	15
Gambar 3.2 Blok rangkaian simulasi mixer multiband.....	16
Gambar 3.3 Rangkaian inti mixer.....	17
Gambar 3.4 Rangkaian <i>impedance matching</i>	18
Gambar 3.5 <i>Return Loss</i> Jurnal [3].....	19
Gambar 3.6 <i>Input impedance</i> pada port RF.....	19
Gambar 3.7 <i>Input impedance</i> pada port LO	20
Gambar 3.8 <i>Output impedance</i> pada port IF	20
Gambar 3.9 Rangkaian DC Bias.....	21
Gambar 3.10 Balun mixer	22
Gambar 4.1 <i>Return Loss</i> pada port RF (S11)	23
Gambar 4.2 <i>Return Loss</i> pada port LO (S33).....	24
Gambar 4.3 <i>Return Loss</i> pada port IF (S22).....	25
Gambar 4.4 <i>Port to port isolation</i>	26
Gambar 4.5 <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (VSWR)	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Sheet CMOS 0.18-um	33
Lampiran 2 Skematik Rangkaian Rancangan Mixer Multiband.....	35
Lampiran 2 Nilai komponen.....	36



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel mengalami kemajuan yang cukup pesat karena teknologi nirkabel memiliki keunggulan dari sisi perangkat, kemudahan dan pemeliharaan. Salah satu dari beberapa pengembangan yang secara konsisten dilakukan pada teknologi komunikasi nirkabel adalah pengembangan pada perangkat *Radio Frequency* (RF). Secara umum, perangkat RF pada *transceiver* (*transmitter* dan *receiver*) terdiri dari *Power Amplifier* (PA), *Low Noise Amplifier* (LNA), Filter, dan Mixer. Pada teknologi konvensional nirkabel, perangkat komunikasi yang beroperasi pada lebih dari satu pita frekuensi (*multiband frequency*) menggunakan sistem perangkat RF sesuai dengan jumlah pita frekuensi yang dioperasikan. Hal ini mengakibatkan jumlah komponen yang digunakan dalam sistem tersebut kurang efisien dan memerlukan biaya yang cukup besar. Untuk itu perlu dirancang teknologi yang mampu mengakomodasi *multiband frequency* dengan hanya menggunakan satu perangkat RF tetapi mampu menjaga kualitas dan keunggulan dari sistem secara keseluruhan. Dengan adanya teknologi ini maka diharapkan satu perangkat telekomunikasi nirkabel mampu mengakomodasi beberapa jenis teknologi akses nirkabel secara bersamaan. Pada penelitian ini, akan dirancang mixer untuk *down conversion*. Mixer ini akan mentranslasi frekuensi tinggi (RF) ke frekuensi rendah (IF) pada sisi penerima. Berdasarkan studi pustaka beberapa rancangan mixer yang digunakan sebagai referensi utama, yaitu:

1. A concurrent Dual-Band Mixer for 900MHz/1.8GHz RF Front-Ends, yaitu penelitian yang telah dilakukan Tamer A. Abdelrheem, Hany Y. Elhak dan Khaled M. Sharaf [1]. Hasil perancangan yang telah dilakukan yaitu mixer mampu bekerja secara simultan pada pita frekuensi 900 MHz dan 1.8 GHz dengan teknologi 0.8-um menggunakan SiGe BiCMOS dengan konsumsi arus 7.4 mA pada tegangan 3 V yang diberikan pada rangkaian. Untuk kedua pita frekuensi nilai *conversion gain* yang didapat sebesar 10.5dB dan 10.1dB, *noise figure* 12.6 dB dan 13 dB serta besarnya IIP3 adalah 2.6 dB dan 0.8 dB. Mixer ini menggunakan model Gilbert Cell *double-balance* yang dapat menghasilkan

linearitas dan *conversion gain* yang lebih baik serta *noise figure* rendah dibanding model rangkaian lainnya.

Tabel 1.1 Hasil simulasi jurnal [1]

Parameter	Spesifikasi	
Frekuensi IF (MHz)	225	
Frekuensi LO (MHz)	1170	1575
Frekuensi RF (MHz)	900	1800
<i>Return Loss RF</i> (dB)	15	10
<i>Return Loss IF</i> (dB)	14.5	14.5
<i>RF-IF Isolation</i> (dB)	-11.8	-16
<i>LO-IF Isolation</i> (dB)	-30.2	-31.7
<i>Conversion Gain</i> (dB)	10.5	10
VSWR	-	-
<i>Noise Figure</i> (dB)	12.6	13
<i>Voltage Supply</i> (Volt)	3	3
<i>Current Consumption</i> (mA)	7.4	7.4

2. Perancangan Mixer untuk *Mobile WiMAX* Pada Pita Frekuensi 2.3 GHz dan 2.6 GHz menggunakan *Heterojunction Bipolar Transistor*, telah diteliti oleh Muhammad Machbub Rochman [2]. Mixer yang dirancang diberi tegangan 3.7 V dan mampu memberikan nilai *conversion gain* 11 dB dan *noise figure* 2.8 dB. Rancangan mixer ini juga menggunakan model Gilbert Cell *double balance*.

Tabel 1.2 Hasil simulasi jurnal [2]

Parameter	Spesifikasi	
Frekuensi IF (MHz)	100	
Frekuensi LO (MHz)	2200	2500
Frekuensi RF (MHz)	2300	2600
<i>Return Loss RF</i> (dB)	15.3	19.335
<i>Return Loss IF</i> (dB)	29.837	29.837
<i>RF-IF Isolation</i> (dB)	<-350	<-350
<i>LO-IF Isolation</i> (dB)	<-400	<-400

Parameter	Spesifikasi	
<i>Conversion Gain</i> (dB)	6.22	5.23
VSWR	1.23	1.229
<i>Noise Figure</i> (dB)	-	-
<i>Voltage Supply</i> (Volt)	3.7	3.7
<i>Current Consumption</i> (mA)	-	-

Dari kedua hasil penelitian [1][2] penggunaan topologi Gilbert Cell *double balance* memberikan nilai *conversion gain* yang baik dan dapat bekerja dengan baik pada dua pita frekuensi berbeda. Namun pada kedua penelitian tersebut teknologi yang digunakan masih menggunakan 0.8-um BiCMOS pada penelitian [1] sedangkan pada penelitian [2] menggunakan *Heterojunction Bipolar Transistor* kemudian besarnya konsumsi arus yang digunakan pada rangkaian kedua penelitian tersebut masih cukup besar serta perangkat mixer [1][2] hanya mampu mengakomodasi pada dua pita frekuensi yang berbeda. Untuk teknologi yang dibutuhkan pada rangkaian analog yang sesuai dengan perkembangan teknologi nirkabel saat ini salah satu diantaranya adalah 0.18-um CMOS, karena mampu bekerja pada frekuensi tinggi dan mampu mengurangi konsumsi arus yang diperlukan. Dengan semakin berkembangnya teknologi akses pada komunikasi nirkabel saat ini, diperlukan perangkat mixer yang dapat mengkomodasi keseluruhan teknologi akses tersebut.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah merancang simulasi Mixer *Multiband down-conversion* yang mampu beroperasi pada empat pita frekuensi sekaligus, yaitu 900 MHz, 2.1 GHz, 2.3 GHz, dan 2.6 GHz dengan menggunakan teknologi CMOS 0.18-um. Rangkaian Mixer ini dirancang untuk sistem penerima (*receiver*) RF dengan menggunakan *software* Advance Design System (ADS) 2011. Simulasi mixer *multiband* dirancang dengan mengkombinasikan jurnal [1][2], yaitu pada bagian topologi rangkaian dan pita frekuensi yang digunakan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu perancangan simulasi *multiband down conversion* mixer yang mampu beroperasi pada frekuensi 900 MHz, 2.1 GHz, 2.3 GHz, dan 2.6 GHz. Hasil kinerja simulasi mixer *multiband* yang ingin dicapai pada rancangan ini yaitu memiliki *return loss* kurang dari -10 dB, *conversion gain* lebih dari 10 dB, *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) sebesar 1-2, *port to port isolation* kurang dari -50 dB, *noise figure* kurang dari 15 dB dan lebar bandwidth 30-60 MHz. Simulasi mixer *multiband* ini dirancang dengan perangkat lunak Advance Design System (ADS) versi 2011.

1.4 Sistematika Penulisan

Pembahasan dalam penulisan skripsi ini secara garis besar disusun dalam 5 bab, yang dapat diuraikan :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan latar belakang perancangan mixer *multiband*, tujuan dari perancangan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan teori mengenai mixer, rangkaian penyusun mixer serta parameter-parameter mixer.

BAB 3 PERANCANGAN MIXER MULTIBAND

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai bagian-bagian rangkaian dari rancangan mixer *multiband*.

BAB 4 HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini akan ditampilkan hasil dari simulasi perancangan mixer *multiband*.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dari hasil perancangan mixer *multiband* dan saran untuk pengembangan penelitian ini selanjutnya.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Radio Frequency Mixer

2.1.1 Pengertian Mixer

Mixer merupakan rangkaian nonlinear yang terdiri dari 3 port yaitu *Radio Frequency* (RF), *Local Oscillator* (LO), dan *Intermediate Frequency* (IF). Dua port sebagai input dan satu port yang lain sebagai output. Pada sisi penerima (*receiver*), port LO dan RF berfungsi sebagai input sedangkan port IF sebagai output. Berbeda dengan sisi pengirim (*transmitter*), port IF dan LO yang berfungsi sebagai input sedangkan RF menjadi output. Port LO biasanya menggunakan sinyal sinusoidal *continuous wave* (CW) atau sinyal *square wave*. Secara konsep sinyal LO bertindak sebagai “gerbang” yang berarti bahwa, mixer akan dianggap “ON” saat LO pada tegangan tinggi dan “OFF” ketika LO pada tegangan rendah. Port LO digunakan sebagai port input baik pada sisi penerima maupun pengirim. Simbol dari mixer dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Simbol Mixer

Mixer merupakan salah satu bagian penting dari perangkat RF karena berfungsi untuk melakukan translasi frekuensi sinyal frekuensi *carrier* dan frekuensi *baseband*. Mekanisme dari translasi frekuensi sinyal pada mixer yaitu dengan menentukan besarnya frekuensi IF dan RF sesuai dengan aplikasi yang diperlukan, kemudian menghitung besarnya frekuensi LO yang dibutuhkan. Untuk perangkat penerima (*receiver*), pada saat frekuensi RF masuk ke dalam mixer, sinyal RF tersebut akan dijumlahkan dan dikurangkan dengan sinyal LO sehingga menghasilkan komponen-komponen frekuensi harmonik maupun produk intermodulasi. Dari hasil penjumlahan dan pengurangan sinyal RF dan LO tersebut,

hanya komponen hasil selisih yang digunakan sebagai frekuensi IF dengan menggunakan filter.

Output yang dihasilkan mixer berupa :

- Penjumlahan frekuensi dari kedua input yaitu port LO dan port IF.
- Selisih frekuensi dari kedua input yaitu port RF dan port LO.
- Sinyal yang tidak diinginkan.

Proses pencampuran dari kedua sinyal tersebut dapat dijelaskan secara matematis sebagai berikut:

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

$$v_i(t) = A_i \sin 2\pi f_i t \quad (2.1)$$

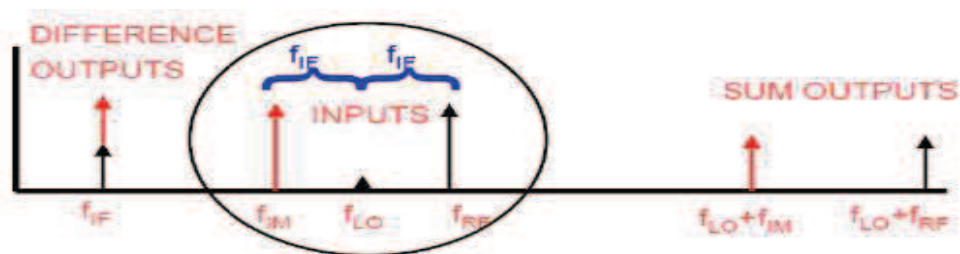
dan sinyal pembawa lokal (f_c), dinyatakan sebagai :

$$v_c(t) = A_c \sin 2\pi f_c t \quad (2.2)$$

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

$$v_i(t)v_c(t) = \frac{A_i A_c}{2} [\cos 2\pi(f_i - f_c)t - \cos 2\pi(f_i + f_c)t] \quad (2.3)$$

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa mixer sebagai komponen non-linear dalam proses kerjanya mengalihkan kedua sinyal masukan yang kemudian menghasilkan dua frekuensi baru yaitu $|f_i + f_c|$ dan $|f_i - f_c|$. Pada dasarnya dari kedua frekuensi baru yang digunakan hanya satu frekuensi sebagai keluaran, atau yang biasa disebut *sideband*. Untuk itu frekuensi lain yang tidak digunakan sebagai keluaran akan difilter, hal ini dilakukan untuk mencegah kebingungan dari sisi penerima karena kedua frekuensi baru tersebut sama-sama dikonversikan pada frekuensi IF yang sama.



Gambar 2.2 Proses kerja mixer

Sumber : Yongxin Guo, "RF Circuit Design II RF Mixer", Lecture, Institute for Infocomm research (I2R), Singapore 117674.

Frekuensi LO sebagai sinyal inputan pada mixer dapat ditempatkan dibawah frekuensi RF (*lower side injection*) dan diatas frekuensi RF (*high side injection*). Penempatan besarnya frekuensi LO sesuai dengan besarnya frekuensi IF yang ditentukan. Dari Gambar 2.2 frekuensi LO yang digunakan adalah *low side injection* dengan besarnya nilai frekuensi LO adalah selisih frekuensi RF dengan frekuensi IF. Dari Gambar 2.2, frekuensi RF memiliki frekuensi *image* yang berada dibawah frekuensi LO. Kedua sinyal inputan yaitu frekuensi RF dan frekuensi *image* akan dikalikan dengan frekuensi LO sehingga menghasilkan nilai frekuensi IF yang sama, dinyatakan sebagai berikut:

$$F_{RF} - F_{LO} = F_{LO} - F_{IM} = F_{IF} \quad (2.4)$$

Untuk menghilangkan hasil perkalian frekuensi LO dan frekuensi *image* pada keluaran mixer maka digunakan filter dengan tujuan agar frekuensi *image* dari RF tidak diikutsertakan dalam proses *mixing*, namun hal ini tidaklah mudah karena dalam perancangan harus dapat menentukan frekuensi LO dan IF dengan tepat untuk mencegah frekuensi *image* yang berdekatan dengan frekuensi RF. Metode lain yang digunakan dalam memperkecil pengaruh frekuensi *image* pada hasil keluaran mixer adalah dengan menggunakan *multi-IF filtering* yaitu dengan menambahkan rangkaian filter dengan frekuensi IF yang rendah [10]. Namun metode ini membutuhkan dua mixer dan beberapa *phase-shifting networks*.

Untuk merealisasikan proses *mixing* tersebut, dibutuhkan suatu rangkaian yang dapat mengalikan kedua input tersebut. Ada 3 teknik yang biasa dilakukan untuk merancang rangkaian *mixer*, yaitu:

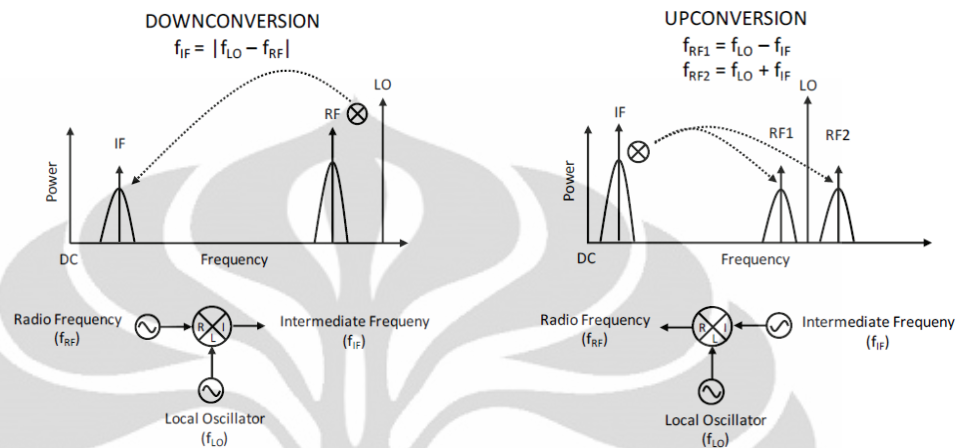
- a. Menggunakan model *Gilbert-cell active mixer*,
- b. Menggunakan rangkaian yang berbasis pada nonlinear komponen berupa dioda-Schottky, dan
- c. FET sebagai *transconductance mixer*.

2.1.2 Mixer *down-converter* dan *up-converter*

- a. Mixer *down-converter*

Pada sistem penerima, mixer melakukan translasi dari frekuensi tinggi RF ke frekuensi rendah IF dengan kata lain frekuensi output lebih rendah dibandingkan frekuensi input. Pada sistem ini port RF sebagai inputan dan

port IF sebagai output dimana besar frekuensinya merupakan selisih dari frekuensi RF dan LO. Gambar 2.3 (kiri) menjelaskan proses *mixing* pada mixer *down conversion* dimana pada saat sinyal frekuensi RF dan LO dikalikan maka akan menghasilkan frekuensi IF.



Gambar 2.3 Ilustrasi mixer *down conversion* dan mixer *up conversion*

Sumber : Marki Ferenc, Marki Christopher, "Mixer Basic Primer: A Tutorial for RF & Microwave Mixers", Morgan Hill CA 95037.

b. Mixer *up-converter*

Pada sistem pemancar, mixer melakukan translasi dari frekuensi rendah IF ke frekuensi tinggi RF. Pada saat frekuensi yang diinginkan lebih tinggi dari frekuensi input maka proses tersebut dinamakan *up conversion* dimana pada sistem ini port IF sebagai input dan port RF sebagai output dan besarnya frekuensi RF merupakan penjumlahan dari frekuensi IF dan LO. Gambar 2.3 (kanan) menjelaskan proses *mixing* pada mixer *up conversion* dimana pada saat sinyal frekuensi IF dan LO dikalikan maka akan menghasilkan frekuensi RF.

2.1.3 Mixer *Double Balance*

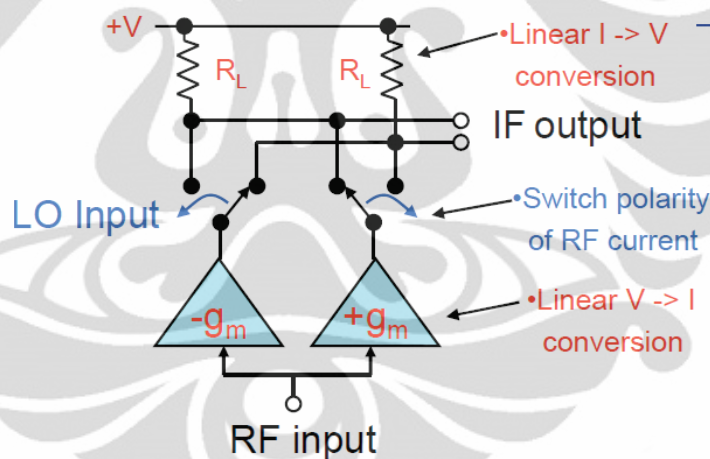
Mixer *double balance* merupakan salah satu jenis operasi mixer non-linear yang digunakan untuk memisahkan port RF dan port LO dengan tujuan agar antar port pada mixer terisolasi dengan baik dan tidak terjadi *power leakage* pada mixer. Mixer *double balance* memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah *conversion loss* yang tinggi, *port to port isolation* yang baik dan dapat meningkatkan *intercept*

point mixer. Mixer *double balance* dapat didesain dengan komponen aktif dan komponen pasif. Mixer *double balance active* sesuai dengan topologi Gilbert Cell dengan bias semikonduktor yang dapat bekerja pada frekuensi level LO rendah dan dapat memberikan nilai *conversion gain* yang baik namun mengurangi linearitas mixer [6]. Untuk Mixer *double balance passive* biasanya dengan menggunakan *quads* FET yang dapat memberikan linearitas yang baik tetapi membutuhkan frekuensi level LO yang tinggi dan menunjukkan nilai *conversion loss* yang tinggi.

Dari Gambar 2.4 dijelaskan bahwa sebuah mixer ideal *double balance* [10] terdiri dari :

1. Sebuah *switch* yang digerakkan oleh *Local Oscillator* (LO) yang berfungsi untuk membalikkan polaritas dari frekuensi inputan RF pada frekuensi LO.
2. Sebuah tahapan penguat *differential transconductance*.

▪ Ideal Double Balanced Mixer



Gambar 2.4 Mixer *double balance*

Sumber : Yongxin Guo, "RF Circuit Design II RF Mixer", Lecture, Institute for Infocomm research (I2R), Singapore 117674.

2.1.4 Parameter Mixer

Dalam menentukan kualitas dari mixer maka ada beberapa parameter yang harus diperhatikan meliputi *conversion gain*, *isolation*, linearitas mixer, *noise figure*, VSWR dan s-parameter.

2.1.4.1 Conversion Gain

Conversion gain didefinisikan sebagai *conversion gain* daya atau *conversion gain* tegangan dan direpresentasikan dengan G_C . Ketika impedansi *input* dan *output* *mixer* bernilai sama dengan impedansi sumber, *conversion gain* daya dan *conversion gain* tegangan dalam satuan dB bernilai sama. *Conversion voltage gain* adalah rasio dari tegangan IF_{rms} terhadap tegangan RF_{rms} yang dinyatakan sebagai berikut:

$$G_C = \frac{V_{IF(rms)}}{V_{RF(rms)}} \quad (2.4)$$

Conversion gain daya adalah rasio dari daya output pada beban terhadap daya input RF yang dinyatakan sebagai berikut:

$$G_C = \frac{P_{out(IF)}}{P_{in(RF)}} \quad (2.5)$$

Besarnya nilai *conversion gain* bergantung dari jenis *mixer* aktif atau *mixer* pasif, nilai beban pada rangkaian input RF, *output impedance* serta nilai level daya pada yang disuplai LO. Untuk *mixer* aktif secara umum memiliki *conversion gain* sebesar ± 10 dB. Beberapa hal lain yang mempengaruhi besarnya *conversion gain* adalah rugi-rugi pada saluran transmisi, *balun mismatch*, dan *mixer* yang tidak seimbang.

Conversion gain merupakan nilai yang sangat penting dari suatu *mixer* karena parameter ini berhubungan dengan besarnya penguatan sinyal input, nilai isolasi dan P1dB. Oleh karena itu pada setiap penelitian *mixer*, nilai *conversion gain* merupakan *benchmark* dari keseluruhan hasil rangkaian rancangan.

2.1.4.2 Isolation

Isolation merupakan ukuran besarnya daya yang keluar (*power leakage*) diantara satu port *mixer* ke port lainnya. Oleh karena dalam setiap perancangan *mixer* selalu ada *power leakage*, parameter *isolation* akan menunjukkan seberapa besar perbedaan daya antara sinyal input dengan daya yang bocor pada port lainnya.

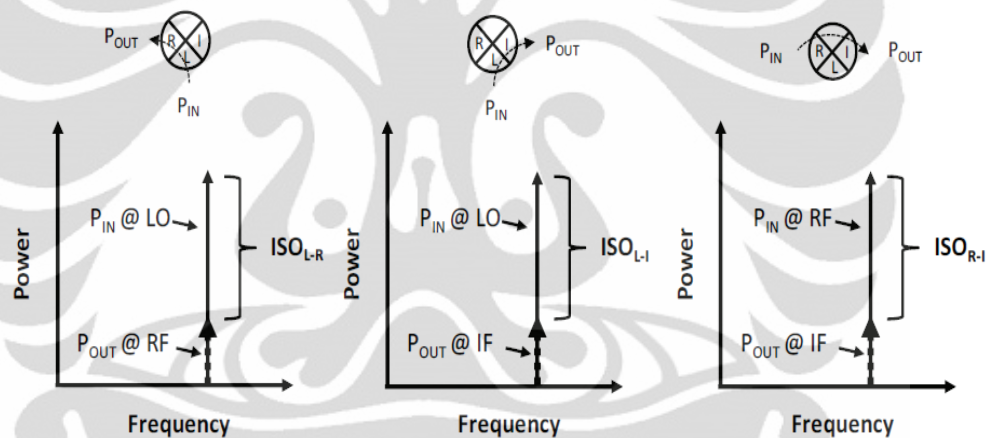
Besarnya *isolation* pada *mixer* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang diberikan oleh,

$$P_{iso(L-R)} = P_{in(LO)} - P_{out(RF)} \quad (2.6)$$

Tiga jenis *isolation* yang ada pada mixer RF [5] adalah LO-RF, LO-IF dan RF-IF:

- LO-IF isolation*, didefinisikan sebagai rasio level daya frekuensi LO yang masuk ke *port* LO dengan daya frekuensi LO yang keluar dari *port* IF, disebut juga *L-I feed through*, dalam satuan dB.
- RF-IF isolation*, didefinisikan sebagai rasio antara level daya frekuensi RF yang masuk ke *port* RF dengan daya frekuensi RF yang keluar dari *port* IF, disebut juga *R-I feed through*, dalam dB.
- LO-RF isolation*, didefinisikan sebagai rasio antara level daya frekuensi LO yang masuk ke *port* LO dengan daya frekuensi LO yang keluar dari *port* RF, disebut juga *L-R feed through*, dalam dB.

Ketiga *port isolation* mixer RF dapat digambarkan seperti seperti pada Gambar 2.5 :



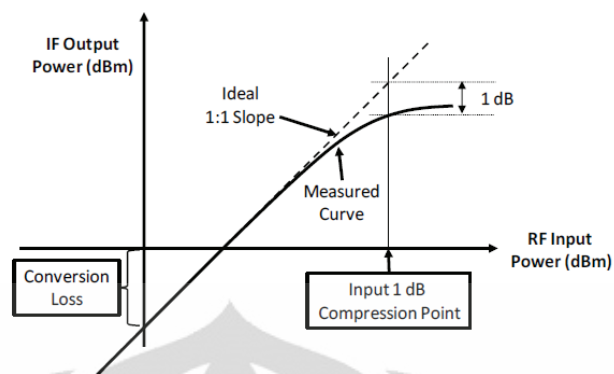
Gambar 2.5 *Isolation* pada Mixer RF

Sumber : Marki Ferenc, Marki Christopher, "Mixer Basic Primer: A Tutorial for RF & Microwave Mixers", Morgan Hill CA 95037.

2.1.4.3 Linearitas Mixer

a. 1-dB Compression Point (P1dB)

P1dB merupakan salah satu satuan untuk mengukur linearitas mixer yang didefinisikan sebagai besarnya daya masukan RF yang dibutuhkan untuk meningkatkan *conversion loss* dengan penambahan 1 dB dari idealnya. Pada Gambar 2.6 titik P1dB didapat pada saat terjadi penurunan sebesar 1 dB kurva mixer yang aktual terhadap kurva mixer ideal.



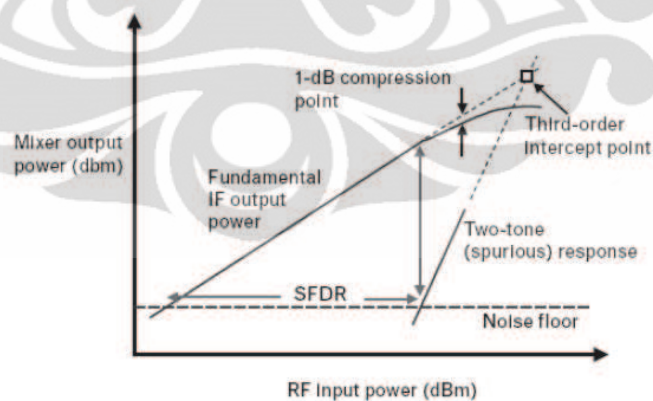
Gambar 2.6 1-dB *Compression Point* (P1dB)

Sumber : Marki Ferenc, Marki Christoper, “Mixer Basic Primer: A Tutorial for RF & Microwave Mixers”, Morgan Hill CA 95037.

Pada umumnya nilai P1dB berada diantara 4-7 dB dibawah nilai minimum yang direkomendasikan untuk level LO *drive* mixer RF.

b. *Third-order Input Intercept Point (IIP3)*

IIP3 merupakan titik yang menunjukkan daya masukan RF pada saat tingkat daya keluaran dari hasil intermodulasi yang tidak diinginkan sama dengan tingkat daya keluaran IF yang diinginkan. Gambar 2.7 menunjukkan titik IIP3, yaitu titik perpotongan kurva mixer ideal dengan kurva intermodulasi mixer.



Gambar 2.7 *Third-order Input Intercept Point (IIP3)*

Sumber : Rosu Iulian, “RF Mixers”, <http://www.qsl.net/va3iul>.

2.1.4.4 Noise Figure

Noise figure didefinisikan sebagai rasio dari *Signal to Noise Ratio* (SNR) pada input dibandingkan dengan SNR pada output, yang dinyatakan oleh :

Universitas Indonesia

$$NF = \frac{SNR_{input}}{SNR_{output}} \quad (2.7)$$

Hasil kumulatif dari *noise figure* akan membatasi pendekteksian minimum sinyal pada sisi penerima.

2.1.4.5 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) merupakan perbandingan amplitude tegangan maksimum dan tegangan minimum gelombang berdiri (*standing wave*). Parameter VSWR menunjukkan kestabilan pada *impedance matching network* untuk setiap port pada mixer, dengan melihat ada atau tidaknya tegangan yang direfleksikan. Namun nilai VSWR yang sangat baik sekalipun tidak menjamin kualitas dari mixer karena masih terdapat sinyal harmonik yang timbul dari port masukan.

2.1.4.6 S-Parameter

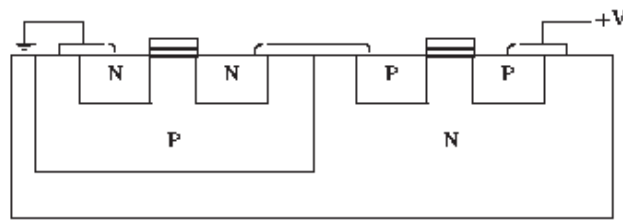
Scattering parameter (S-Parameter) merupakan hubungan antara tegangan gelombang datang dengan tegangan gelombang pantul dalam suatu rangkaian empat kutub (*two-port network*) yang terhubung dengan saluran transmisi yang mempunyai impedansi karakteristik Z_0 .

Pada mixer, port 1 adalah input, port 2 merupakan output dan port 3 adalah port LO, sehingga koefisien S-parameter yang digunakan di mixer yaitu:

- S_{11} , S_{22} , dan S_{33} merepresentasikan koefisien refleksi pada port 1,2 dan 3.
- S_{21} , merepresentasikan *gain* (penguatan) yaitu perbandingan tegangan antara port output dan input.
- S_{13} , S_{23} , dan S_{32} merepresentasikan koefisien refleksi *port-port isolation*.

2.2 Teknologi CMOS 0.18

Complementary MOS (CMOS) merupakan salah satu jenis teknologi MOSFET yang populer saat ini. Pada teknologi ini kedua *channel* P dan N berada pada substrat material yang sama seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Complementary MOS (CMOS)*

Teknologi CMOS banyak digunakan pada rangkaian analog karena memiliki kekebalan pada *noise* yang tinggi dan konsumsi daya yang rendah. Akan tetapi penggunaan CMOS sebagai perangkat *switch* seperti pada rangkaian mixer membutuhkan daya yang besar karena untuk proses *switch* terjadi perubahan polaritas dari input.

Pemanfaatan CMOS tidak hanya sebagai komponen aktif untuk menguatkan sinyal inputan pada rangkaian analog, namun CMOS juga dapat digunakan untuk DC bias karena dapat menggantikan komponen pasif (resistor dan induktor) yang menambah *noise* pada rangkaian dan untuk mengoptimasi arus pada DC bias dengan mengubah besarnya *width* (W) dari CMOS, yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$I_D = \frac{K_N \cdot W}{2L} \cdot (V_{GS} - V_T)^2 \quad (2.8)$$

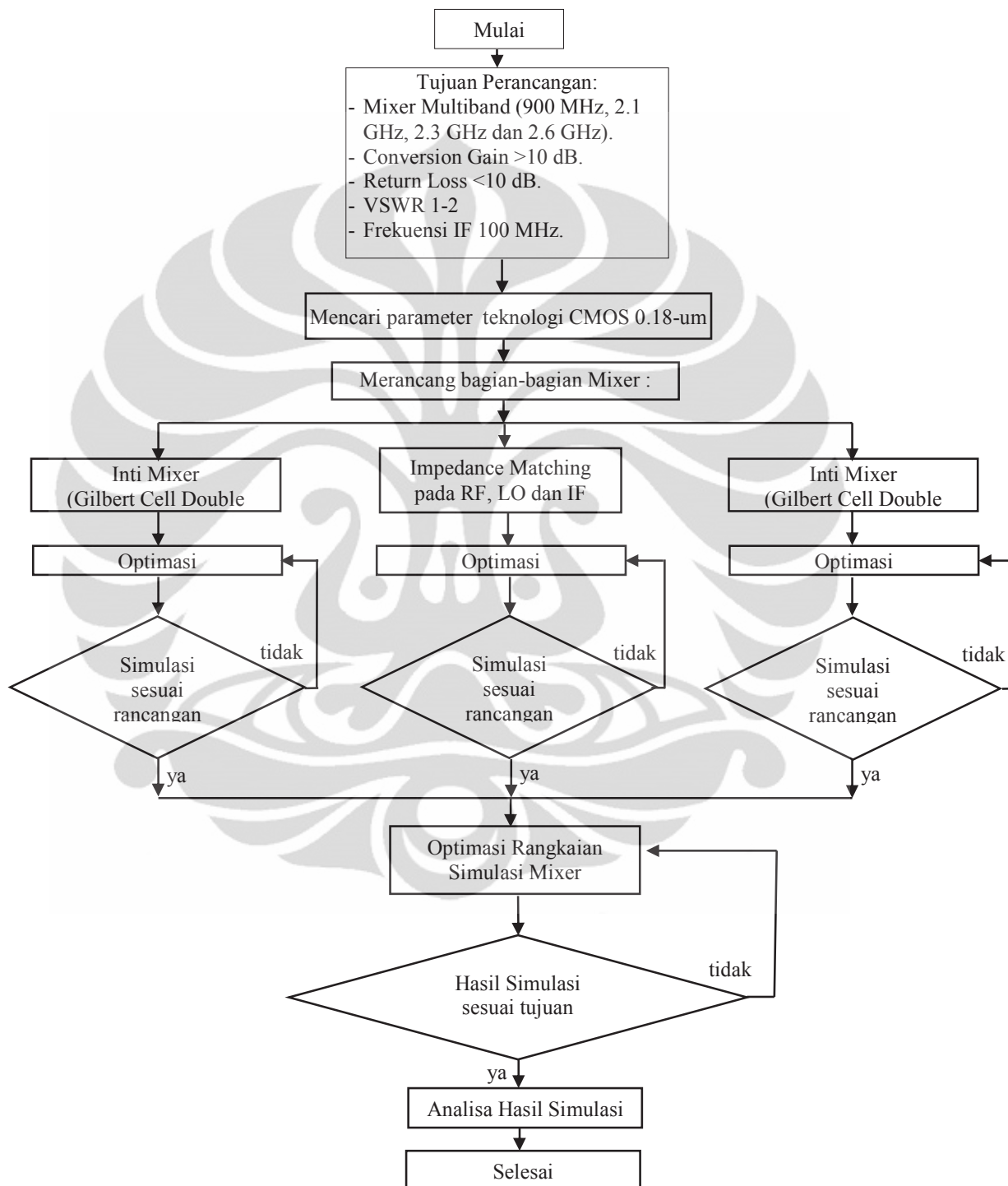
Dari persamaan diatas, nilai K_N merupakan nilai transkonduktansi transistor saat saturasi sesuai dengan jenis teknologi CMOS yang digunakan, nilai V_{GS} merupakan besar tegangan pada gate-source dan V_T adalah nilai tegangan threshold MOSFET, sedangkan nilai L (*Length*) merupakan panjang gate MOSFET yang digunakan dan W adalah lebar gate.

Selain dapat mengatur besarnya arus yang mengalir pada DC bias, CMOS juga digunakan sebagai komponen aktif yang memberikan penguatan, yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$g_m = \sqrt{\frac{2 \cdot K_N \cdot W \cdot I_D}{L}} \quad (2.9)$$

BAB 3 PERANCANGAN MIXER MULTIBAND

3.1 Alur Perancangan Mixer Multiband

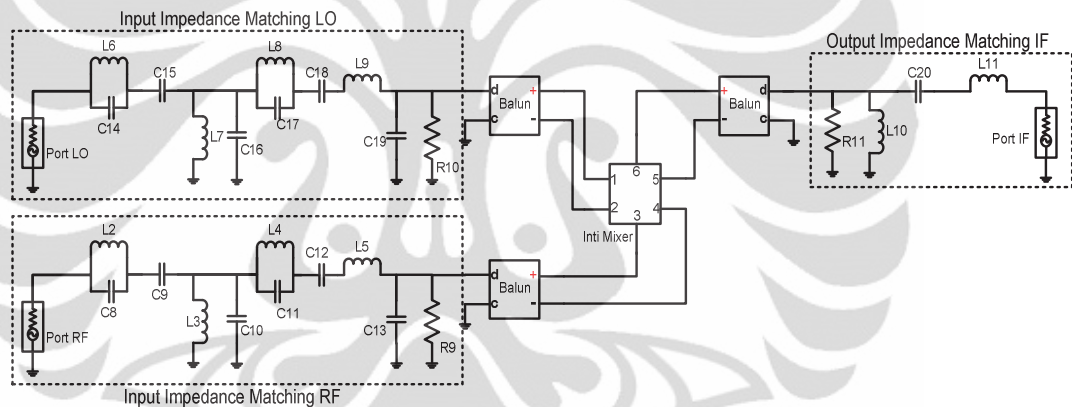


Gambar 3.1 Diagram alur perancangan mixer multiband

3.2 Bagian-bagian Rancangan Mixer Multiband

Pada sisi penerima (*receiver*) RF terdapat rangkaian *Low Noise Amplifier* (LNA), *Filter*, *Local Oscillator*, *Mixer down-conversion*, dan *Automatic Gain Control*. Mixer multiband yang dirancang merupakan mixer *down-converter* yang terletak pada sisi penerima RF. Input mixer pada bagian penerima RF adalah sinyal frekuensi RF dan sinyal frekuensi LO sedangkan outputnya adalah sinyal frekuensi IF. Adapun rangkaian penyusun dari mixer *down-converter*, terdiri dari:

- Inti Mixer
- DC Bias
- Impedance Matching (output dan input)
- Balun



Gambar 3.2 Blog rangkaian simulasi mixer multiband

Gambar 3.2 merupakan blok rangkaian dari rancangan simulasi mixer yang terdiri dari bagian *input impedance matching* RF, *input impedance matching* LO, *output impedance matching* IF, balun, dan inti mixer. Dapat dilihat dari Gambar 3.2 bahwa mixer ini merupakan mixer *down-conversion* dimana port RF dan LO sebagai input sedangkan port IF sebagai output.

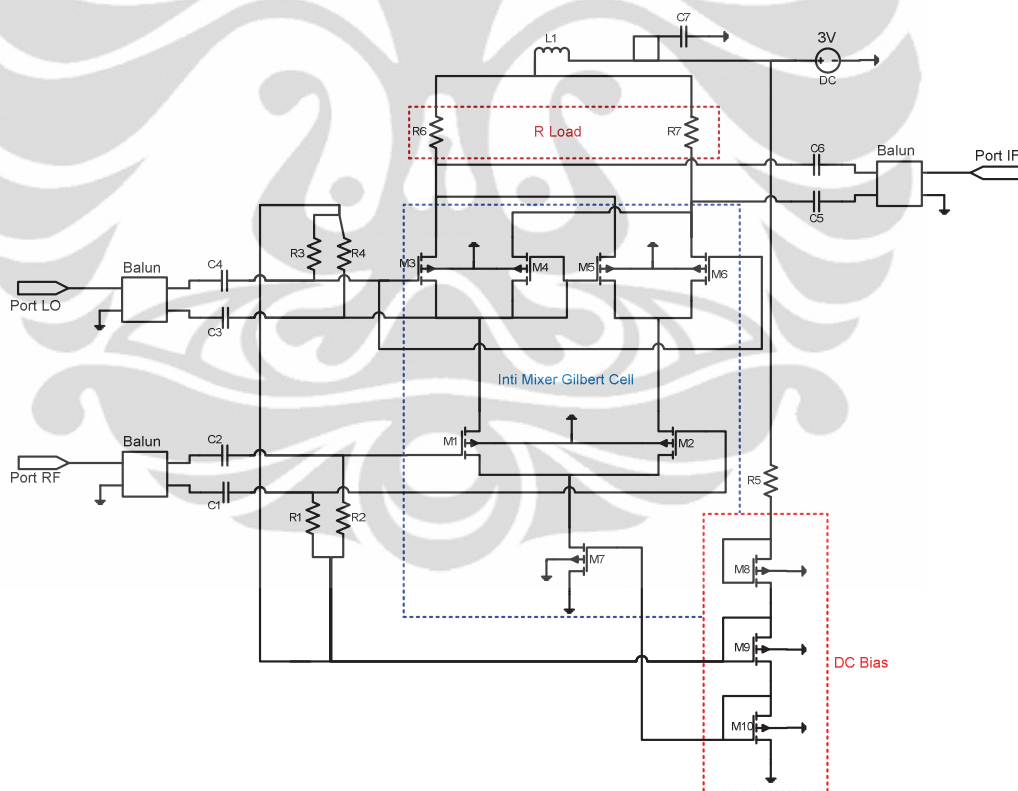
3.3 Spesifikasi Mixer Multiband

Mixer *down-conversion* ini dirancang untuk frekuensi RF 900 Mhz, 2.1 GHz, 2.3 GHz dan 2.6 GHz dengan frekuensi LO sebesar 100 MHz sehingga besarnya frekuensi LO 800 MHz, 2 GHz, 2.2 GHz dan 2.5 GHz. Tabel 3.1 merupakan spesifikasi simulasi rancangan mixer multiband yang digunakan.

Tabel 3.1 Spesifikasi simulasi rancangan mixer multiband

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi IF (MHz)	100
Frekuensi LO (MHz)	800, 2000, 2200 dan 2500
Frekuensi RF (MHz)	900, 2100, 2300 dan 2600
Return Loss (dB)	< -10
Port-to-Port Isolation (dB)	< -50
Conversion Gain (dB)	> 10
VSWR	1-2
Voltage Supply (Volt)	< 4

3.4 Rangkaian Inti Mixer Multiband



Gambar 3.3 Rangkaian inti mixer

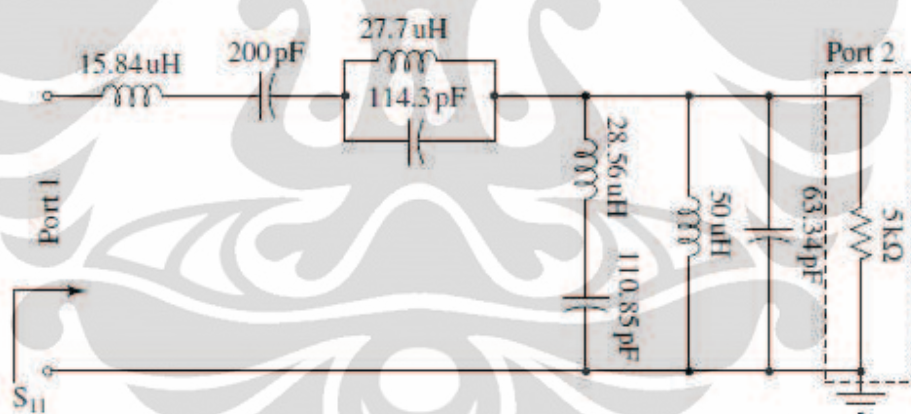
Gambar 3.3 merupakan rangkaian inti dari rancangan mixer dengan menggunakan Gilbert cell double balance. Komponen utama yang membentuk *Gilbert-cell* adalah komponen aktif, yaitu transistor atau MOSFET. Dapat dilihat pada Gambar 3.3 RF+ dan RF- terpisah dengan sepasang transistor pada bagian port

LO. *Gilbert-cell mixer* memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya. Kelebihannya antara lain adalah menghasilkan LO dan IF *rejection* pada output RF dengan baik, setiap *port* pada *mixer* terisolasi secara terpisah, linearitas yang lebih baik dibanding *single-balanced mixer*. Sedangkan kekurangannya antara lain adalah memiliki *port* yang sangat sensitif terhadap terminasi reaktif, dan membutuhkan tingkat kendali LO yang lebih baik.

Pada rangkaian inti mixer Gambar 3.3, transistor M2 dan M3 berfungsi untuk mengkonversi tegangan sinyal inputan menjadi arus, sedangkan transistor M4-M7 melakukan pengalihan antara sinyal inputan RF dengan sinyal LO yang berfungsi sebagai *switching*.

3.5 Rangkaian *Impedance Matching*

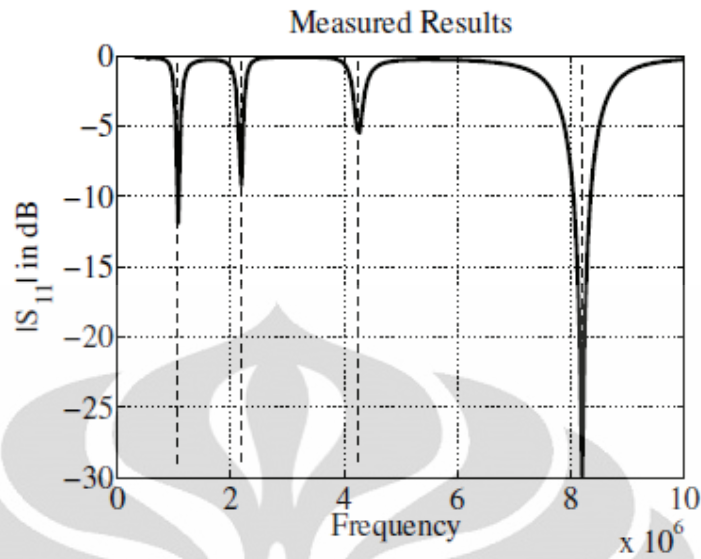
Rancangan *impedance matching* untuk port RF dan port IF mengoptimasi rancangan [3] seperti yang ditunjukkan Gambar 3.4 dibawah ini :



Gambar 3.4 Rangkaian *impedance matching*

Sumber : Nallam N., Chatterjee S., “Design of Concurrent multi-band matching Networks”, IEEE Journal, 2011.

Rancangan *impedance matching* ini dapat bekerja pada empat pita frekuensi yaitu 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz dan 8 MHz, namun besarnya *return loss* dihasilkan belum berada dibawah -10 dB untuk frekuensi 2MHz dan 4MHz. Hasil simulasi dari rangkaian *impedance matching* [3] dapat dilihat pada Gambar 3.5.

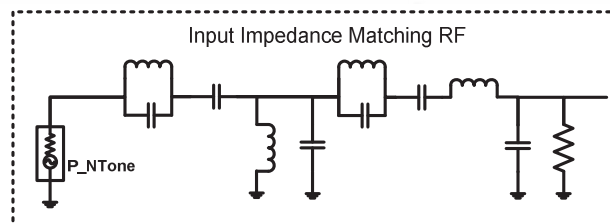


Gambar 3.5 *Return Loss* Jurnal[3]

Sumber : Nallam N., Chatterjee S., "Design of Concurrent multi-band matching Networks", IEEE Journal, 2011.

Rancangan *input impedance* [3] kemudian dioptimasi untuk bekerja pada frekuensi tengah 950 MHz, 2.15 GHz, 2.35 GHz dan 2.65 GHz sesuai dengan tujuan dari penelitian ini yaitu dengan cara melakukan *tunning* dan perubahan letak dari komponen *input impedance matching* [3]. Proses optimasi ini disimulasikan secara langsung dengan menggunakan perangkat lunak ADS versi 2011. Dari hasil simulasi optimasi yang didapat, masing-masing komponen memberikan pengaruh terhadap pergeseran pita frekuensi, besarnya bandwidth dan besarnya *return loss* untuk masing-masing pita frekuensi. Dari hasil simulasi optimasi tersebut maka didapat rangkaian *impedance matching* untuk port RF dan IF seperti dibawah ini :

Port RF

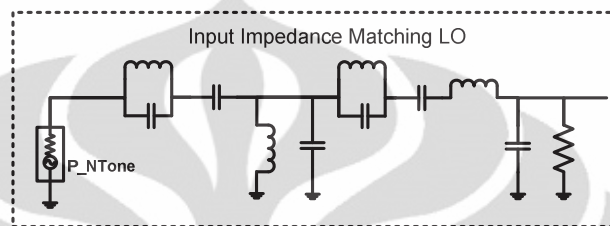


Gambar 3.6 *Input impedance* pada port RF

Gambar 3.6 merupakan rangkaian input impedance matching pada bagian RF yang beresonansi pada frekuensi 900 MHz, 2,1 GHz, 2,3 GHz dan 2,6 GHz. Pada jurnal [2] bagian rangkaian resonator dan input impedance dipisah, namun pada

perancangan ini kedua bagian tersebut digabung. Rangkaian *impedance matching* pada port RF ini digunakan sebagai filter untuk menghindari frekuensi image yang dapat mempengaruhi kinerja dari mixer. Rangkaian diatas beresonansi pada frekuensi tengah 950 MHz, 2.15 GHz, 2.35 GHz, dan 2.65 GHz.

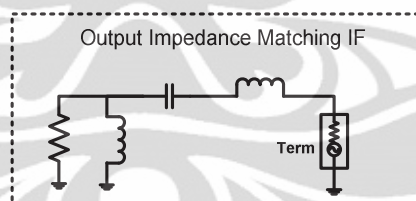
Port LO



Gambar 3.7 *Input impedance* pada port LO

Gambar 3.7 merupakan rangkaian input impedance matching pada bagian LO yang beresonansi pada frekuensi tengah 850 MHz, 2.05 GHz, 2.25 GHz, dan 2.55 GHz. Besarnya frekuensi resonansi pada LO didapat dari selisih antara frekuensi RF dan IF yang telah ditentukan sebelumnya.

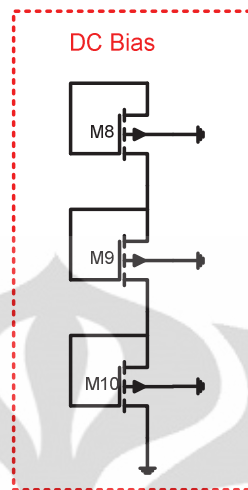
Port IF



Gambar 3.8 *Output impedance* pada port IF

Gambar 3.8 merupakan rangkaian *output impedance* pada port IF beresonansi pada frekuensi 100 MHz. Rangkaian *impedance matching* pada port IF ini sesuai dengan jurnal [2], namun dilakukan optimasi terhadap masing-masing nilai komponen dengan menggunakan perangkat lunak ADS versi 2011. Setiap bagian *impedance matching* pada rangkaian mixer merupakan rangkaian filter yang dirancang untuk beresonansi pada frekuensi yang diinginkan dengan tujuan agar komponen-komponen harmonik terfilter sehingga tidak menambah rugi-rugi.

3.6 Rangkaian DC Bias



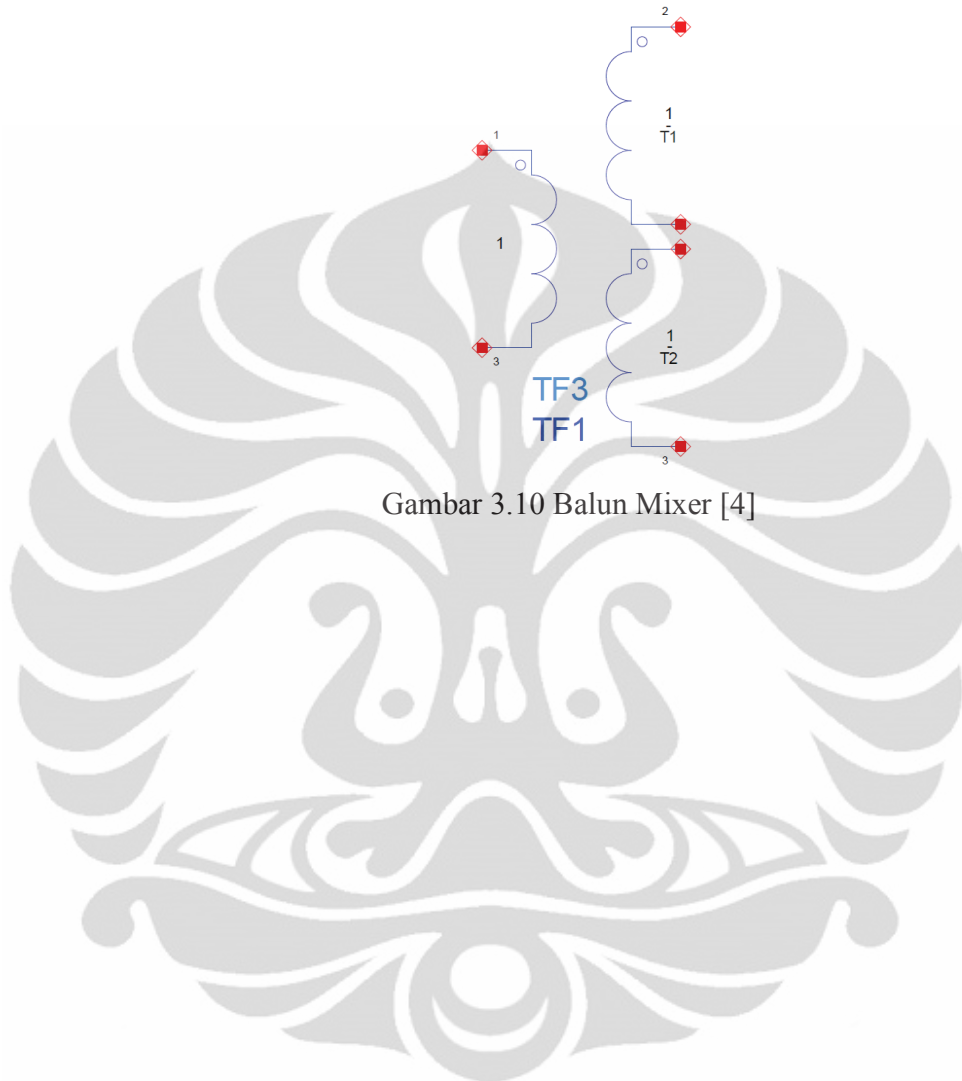
Gambar 3.9 Rangkaian DC Bias

Gambar 3.9 merupakan rangkaian DC Bias rancangan mixer multiband yang digunakan dengan 3 buah MOSFET disusun secara bias *tree* dengan menghubungkan bagian *collector* dan *base* pada setiap MOSFETnya. Dengan menggunakan rangkaian ini besarnya arus pada bagian RF dan LO dapat diatur sedemikian rupa dengan mengubah besar lebar *gate* dari MOSFET yang digunakan. Perhitungan dari arus yang mengalir pada MOSFET sesuai dengan persamaan 2.8. Pada umumnya rangkaian DC bias menggunakan komponen pasif (resistor dan induktor), namun komponen pasif tersebut menambah besarnya *noise* pada mixer itu, dengan menggunakan aktif (transistor) besarnya *noise* dapat diperkecil karena transistor tahan terhadap *noise* yang tinggi. Pada rangkaian bias diatas, MOSFET10 berfungsi sebagai *tail current bias adjust* yaitu untuk mengatur besarnya arus pada keseluruhan rangkaian mixer, MOSFET9 akan memberikan bias pada LO+/LO- dan IF+/IF-

3.7 Rangkaian Balun

Balun merupakan divais yang berfungsi untuk mentransformasi sebuah sinyal dari mode *balanced* ke *unbalanced*. Pada perancangan *mixer*, *balun* dibutuhkan untuk mengubah input dan output diferensial, menjadi *single ended* dan impedansi beban [4]. Gambar 3.10 merupakan rangkaian *balun* yang digunakan dalam perancangan *mixer* ini yaitu *wire wound transformer*. Kelebihan dari jenis *balun* ini adalah mampu bekerja hingga di atas 2 GHz serta apabila *transformer* ini di-ground-

kan akan memberikan *short-circuit* pada sinyal mode genap (mode yang umum) serta tidak memberikan efek pada sinyal mode ganjil. Rangkaian balun ini ditempatkan pada setiap port mixer.



Gambar 3.10 Balun Mixer [4]

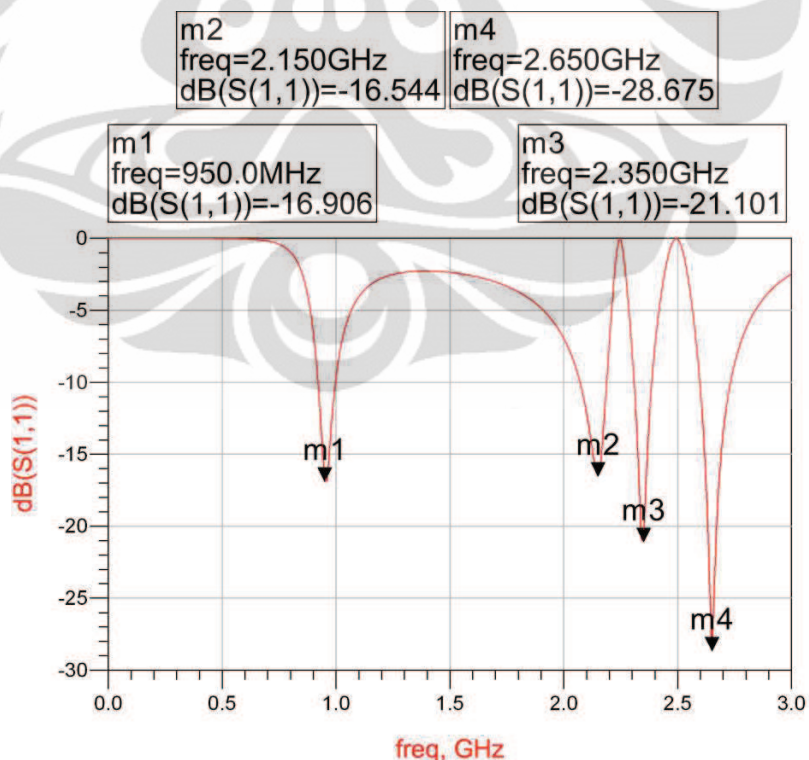
BAB 4

HASIL DAN ANALISIS

Perancangan mixer multiband ini menggunakan ADS. Dengan menggunakan *software* ini kita dapat mensimulasikan parameter-parameter mixer yang diperlukan diantaranya *S-Parameter*, *Isolation*, *VSWR*, dan *Conversion Gain*. Pada simulasi ini, rangkaian frekuensi RF berada pada *port* 1, rangkaian frekuensi IF pada *port* 2 dan rangkaian frekuensi LO pada *port* 3. Rangkaian dari simulasi rancangan mixer multiband dapat dilihat pada Lampiran 2 dan untuk nilai komponennya dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.1 *S-Parameter*

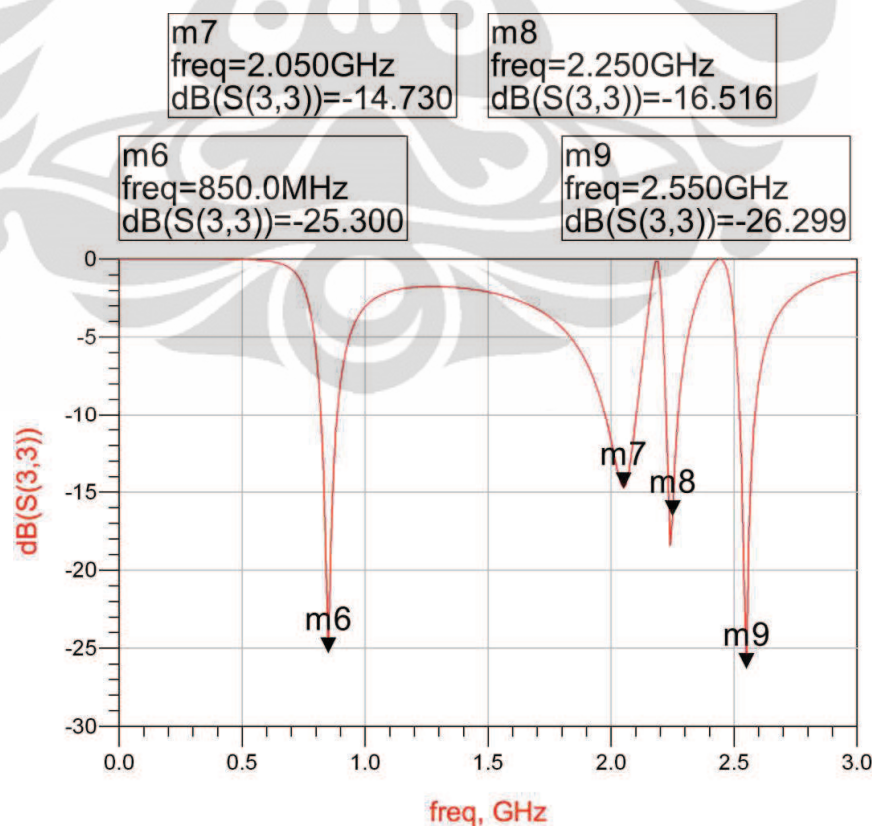
Hasil simulasi pertama yaitu S-parameter pada setiap *port* mixer. Melalui hasil parameter ini dapat dilihat resonansi dari rangkaian *impedance matching* di masing-masing *port* sesuai dengan frekuensi multiband yang dirancang. Selain itu dari hasil simulasi S-parameter dapat menunjukkan kondisi *matching* dari masing-masing *port* melalui nilai S-parameter dibawah -10 dB.



Gambar 4.1 *Return loss* pada *port* RF (S11)

Gambar 4.1 merupakan hasil simulasi *impedance matching* di *port* RF dengan nilai *return loss* dibawah -10 dB dan beresonansi di frekuensi yang telah ditentukan dengan frekuensi tengah yaitu 950 MHz, 2.15 GHz, 2.35 GHz, dan 2.65 GHz. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa rangkaian *impedance matching* berada pada kondisi *matched* dengan impedansi karakteristik (Z_0) rangkaian 50 Ω . Dari Gambar 4.1 ditampilkan nilai *return loss* masing-masing frekuensi yang telah ditentukan dan *bandwidth* frekuensi tersebut, untuk frekuensi 950 MHz dengan nilai *return loss* -16,960dB diperoleh *bandwidth* sebesar ± 70 MHz. Pada frekuensi 2.15 GHz nilai *return loss* -16,544 dB dengan *bandwidth* sebesar ± 100 MHz sedangkan pada frekuensi 2.35 GHz diperoleh *return loss* sebesar -28,675 dB dan *bandwidth* ± 70 MHz dan pada frekuensi 2.65 GHz nilai *return loss* -21,101 dB dengan *bandwidth* sebesar ± 130 MHz.

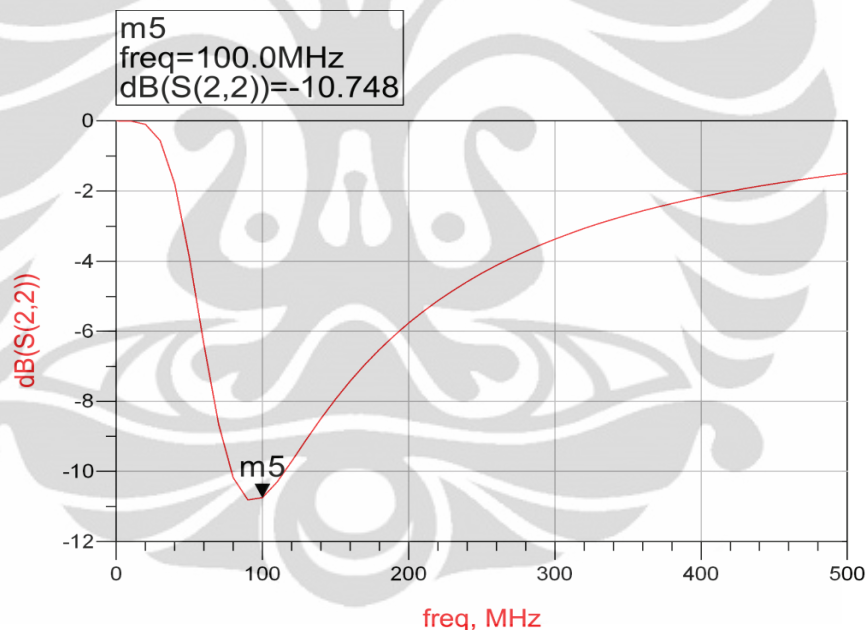
Pada *port* LO terdapat rangkaian *impedance matching* yang sama dengan *port* RF namun memiliki nilai komponen yang berbeda. Untuk *port* LO frekuensi yang diberikan merupakan selisih antara frekuensi RF dengan frekuensi IF, yaitu 850 MHz, 2.05 GHz, 2.25 GHz dan 2.55 GHz



Gambar 4.2 Return loss pada *port* LO (S33)

Gambar 4.2 merupakan hasil simulasi pada port LO dengan nilai *return loss* yang didapat kurang dari -10 dB. Untuk frekuensi 850 MHz, nilai *return loss* yang didapat -25,300 dB dengan besarnya bandwidth ± 60 MHz, pada frekuensi 2.05 GHz didapat *return loss* -14,730 dB dengan bandwidth ± 120 MHz, pada frekuensi 2.25 GHz nilai *return loss* yang didapat -16,516 dB dengan bandwidth ± 40 MHz dan untuk frekuensi 2.55 GHz didapat *return loss* sebesar -26,299 dB dengan bandwidth ± 50 MHz.

Pada port IF hasil simulasi rangkaian *impedance matching* menunjukkan beresonansi pada frekuensi 100 MHz sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan pada rancangan simulasi sebelumnya dengan nilai *return loss* -10,748 dB dengan bandwidth ± 30 MHz. Gambar 4.3 menunjukkan hasil simulasi *impedance matching* pada port IF.

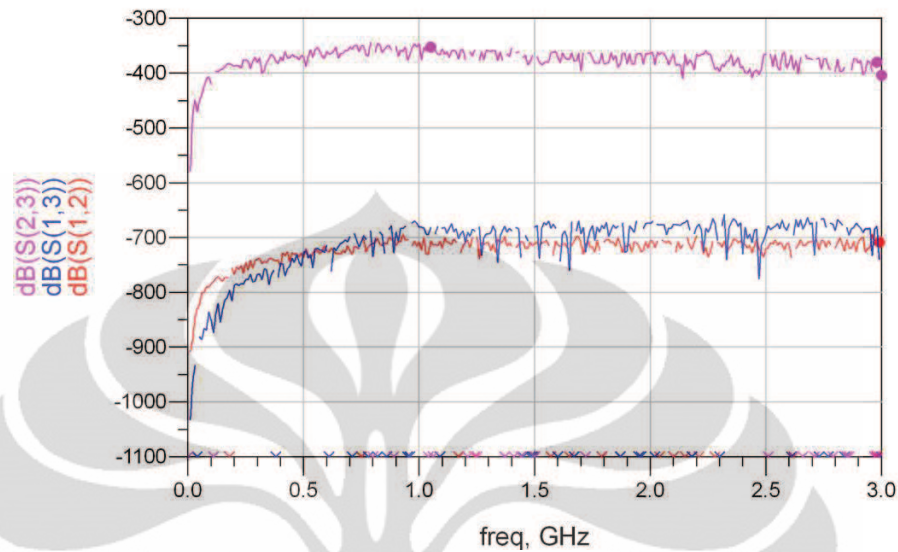


Gambar 4.3 Return loss port IF (S22)

4.2 Isolation

Pada simulasi rangkaian dengan ADS, untuk mendapatkan besarnya nilai *isolation* pada rangkaian rancangan mixer multiband didapat dengan membandingkan level daya pada frekuensi yang sama diantara dua *port*. Untuk rangkaian rancangan mixer multiband disimulasikan besarnya *isolation* untuk *port*

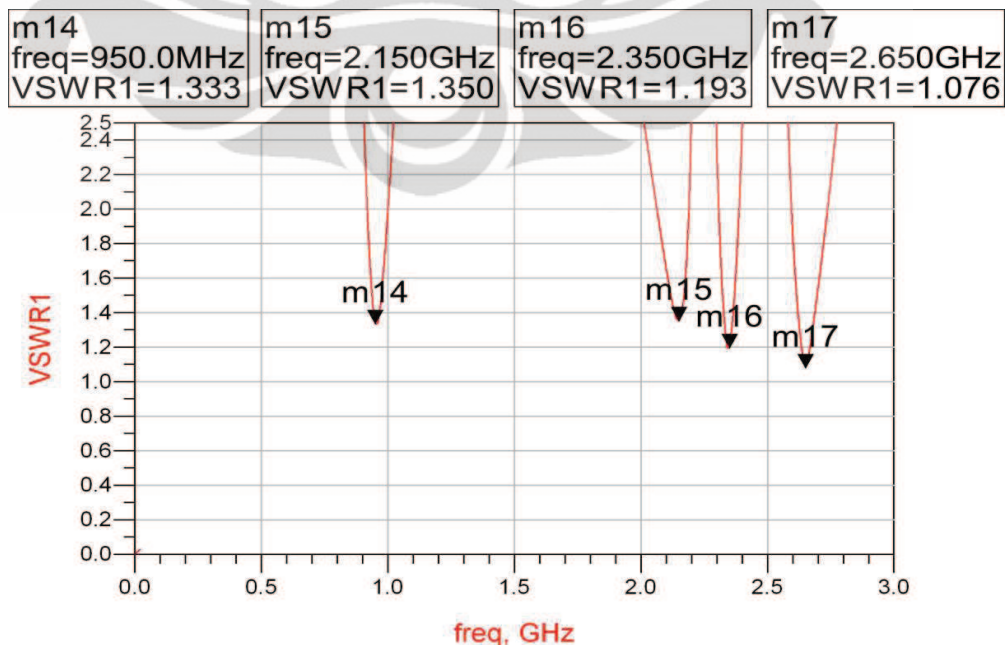
RF-IF (S12), port LO-IF (S23) dan port RF-LO (S13). Hasil simulasi *port to port isolation* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Port to port isolation*.

Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa rangkaian rancangan mixer multiband memiliki *port to port isolation* yang sangat baik yaitu dibawah -350 dB, dengan demikian besarnya *leakage voltage* untuk masing-masing *port* sangat kecil sehingga tidak ada daya yang hilang antar *port*.

4.3 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)



Gambar 4.5 *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*

Universitas Indonesia

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat untuk keempat frekuensi yang ditentukan besarnya nilai VSWR berada pada rentang 1 dan 2. Untuk frekuensi 950 MHz didapat VSWR 1,333, pada frekuensi 2.15 GHz nilai VSWR 1,350, kemudian untuk frekuensi 2.35 GHz VSWR yang didapat 1,193 dan untuk frekuensi 2.65 GHz didapat nilai VSWR 1,076. Dengan hasil simulasi VSWR dari rancangan mixer multiband ini dapat dilihat bahwa besarnya tegangan yang direfleksikan pada mixer masih dalam kondisi stabil.

4.4 Conversion Gain

Simulasi nilai *conversion gain* ini bertujuan untuk mendapatkan besarnya penguatan rancangan mixer multiband terhadap empat frekuensi yang dirancang pada mixer. Dengan mendapatkan nilai *conversion gain* yang tepat maka menunjukkan bahwa transistor pada inti mixer yaitu Gilbert cell bekerja dengan baik dan *balance* serta mixer dapat berfungsi dengan baik.

Rumus *conversion gain* pada *equation* ADS dinyatakan sebagai berikut:

$$IF_Pwr = dBm(mix(Vout\{-1,1\}); Conversion\ Gain = IF_Pwr - RF_Pwr \quad (4.1)$$

Rumus di atas sesuai dengan persamaan (2.6) yaitu selisih antara daya pada IF dengan daya pada RF. Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 merupakan hasil simulasi untuk nilai *conversion gain* masing-masing frekuensi untuk port IF dan RF.

Tabel 4.1 Power (dB) pada port IF

freq	IF_Pwr900	IF_Pwr2100	IF_Pwr2300	IF_Pwr2600
100.0 MHz	-16.884	-13.788	-14.778	-16.079

Tabel 4.2 Power (dB) pada port RF

RF_Pwr900	RF_Pwr2100	RF_Pwr2300	RF_Pwr2600
-40.000	-40.000	-40.000	-40.000

Dengan menggunakan persamaan 2.5 maka didapat besarnya *conversion gain* mixer seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.3:

Tabel 4.3 Conversion Gain pada Mixer

freq	ConvGain900	ConvGain2100	ConvGain2300	ConvGain2600
100.0 MHz	23.116	26.212	25.222	23.921

Dari hasil simulasi *Conversion Gain* dapat dilihat bahwa untuk masing-masing frekuensi mendapat penguatan ± 23 dB. Pada frekuensi 900 MHz didapat

penguatan sebesar 23 dB, untuk frekuensi 2100 MHz didapat penguatan sebesar 26 dB, untuk frekuensi 2300 MHz didapat penguatan 25 dB dan pada frekuensi 2600 MHz didapat penguatan 23 dB.

4.5 *Noise Figure*

Hasil simulasi *noise figure* dari mixer multiband yang dirancang masih belum menunjukkan hasil sesuai spesifikasi yaitu sebesar ± 30 dB untuk masing-masing frekuensi. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa nilai komponen pasif (resistor dan induktor) yang cukup besar sehingga memberikan pengaruh bagi noise rangkaian mixer secara keseluruhan. Selain itu, dari uji simulasi yang dilakukan pada mixer semakin kecil nilai komponen kapasitor maka sangat berpengaruh pada noise yang diberikan. Tabel 4.4 merupakan hasil simulasi *noise figure* untuk keempat frekuensi.

Tabel 4.4 *Noise Figure Mixer*

noisefreq	..B_NOISE.nf(2)	..B_NOISE.nf(2)	..B_NOISE.nf(2)	..B_NOISE.nf(2)
100.0 MHz	29.817	31.400	34.702	30.434

Untuk frekuensi 900 MHz didapat *noise figure* sebesar 29 dB, sedangkan pada frekuensi 2100 MHz didapat *noise figure* sebesar 31 dB, untuk frekuensi 2300 MHz besarnya *noise figure* yaitu 34 dB dan untuk frekuensi 2600 MHz nilai *noise figure* sebesar 30 dB.

4.6 Hasil Simulasi Rancangan Mixer Multiband

Dari hasil simulasi maka didapat perbandingan antara keempat frekuensi rancangan mixer multiband yang ditunjukkan pada Table 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Hasil Simulasi Rancangan Mixer Multiband

PARAMETER	900 MHz	2.1 GHz	2.3 GHz	2.6 GHz
<i>Conversion Gain</i> (dB)	23,116	26,212	25,222	23,921
<i>Isolation</i> RF-IF (dB)	<-650	<-650	<-650	<-650
<i>Isolation</i> LO-IF (dB)	<-350	<-350	<-350	<-350
VSWR	1,333	1,350	1,193	1,076

PARAMETER	900 MHz	2.1 GHz	2.3 GHz	2.6 GHz
Noise Figure (dB)	29.817	31.4	34.702	30.434
<i>Return Loss RF Port(S11)</i> (dB)	16,906	16,544	21,101	28,675
<i>Return Loss IF Port (S22)</i> (dB)	10,748	10,748	10,748	10,748
<i>Current Consumption</i> (mA)	7.26	7.26	7.26	7.26
<i>Supply Voltage</i> (Volt)	3	3	3	3

Berdasarkan hasil simulasi rancangan multiband mixer yang ditunjukkan oleh Tabel 4.5, maka untuk spesifikasi rancangan yang ditentukan sudah tercapai untuk nilai *conversion gain*, *return loss*, *isolation*, VSWR dan besarnya *voltage supply*. Namun untuk nilai *noise figure* pada hasil simulasi masih belum menunjukkan nilai yang optimal untuk simulasi perangkat multiband mixer, hal ini diakibatkan komponen aktif dan pasif pada rangkaian simulasi memberikan *noise* yang besarnya dipengaruhi oleh nilai komponen.

4.7 Perbandingan Hasil Jurnal [1][2] dan Hasil Simulasi Perancangan

Perbandingan dari parameter mixer hasil jurnal [1][2] dengan hasil simulasi perancangan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan hasil simulasi mixer dengan jurnal [1][2]

Parameter	Jurnal [1]	Jurnal [2]	Hasil Simulasi Perancangan
Pita Frekuensi	Dualband	Dualband	Quadband
Frekuensi IF (MHz)	225	100	100
<i>Return Loss RF</i> (dB)	15 dan 10	15.3 dan 19.335	17, 16, 21 dan 28
<i>Return Loss IF</i> (dB)	14.5	29.8	10.748
RF-IF <i>Isolation</i> (dB)	-11.8 dan -16	<-350	<-650
LO-IF <i>Isolation</i> (dB)	-30.2 dan -31.7	<-400	<-350

Parameter	Jurnal [1]	Jurnal [2]	Hasil Simulasi Perancangan
<i>Conversion Gain</i> (dB)	10.5 dan 10	6.2 dan 5.2	23, 26, 25, dan 23
VSWR	-	1.23 dan 1.22	1.3, 1.3, 1.2 dan 1.07
<i>Noise Figure</i> (dB)	12.6 dan 13	-	29, 31, 34, dan 30
<i>Voltage Supply</i> (Volt)	3	3.7	3
<i>Current Consumption</i> (mA)	7.4	-	7.26

Dari Tabel 4.6 dapat dilihat untuk simulasi perancangan mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan jurnal [1][2] untuk beberapa parameter diantaranya nilai *conversion gain* yang diperoleh simulasi hasil perancangan lebih dari 20 dB sedangkan untuk jurnal[1][2] masih di bawah 10 dB selain itu untuk nilai *isolation* pada mixer hasil perancangan mampu mendapatkan nilai dibawah -650 dB untuk *isolation* port RF-IF. Namun untuk hasil *noise figure* perancangan masih kurang optimal hal ini dibandingkan dengan jurnal [1][2], untuk jurnal [1] mampu mendapatkan *noise figure* sebesar 12,6 dB dan 13 dB sedangkan untuk hasil perancangan masih sebesar 29 dB, 31 dB, 34 dB dan 30 dB. Untuk keterbaruan yang didapat dari hasil perancangan diantara adalah :

- a. Frekuensi yang dapat diakomodasi 4 pita frekuensi (*quad band*).
- b. *Power consumption* yang didapat lebih kecil.
- c. Teknologi yang digunakan yaitu CMOS 0.18-um.

BAB 5

PENUTUP

Dari hasil simulasi perancangan mixer multiband dengan menggunakan *software Advance Design System (ADS)* pada frekuensi 900 MHz, 2.1 GHz, 2.3 GHz dan 2.6 GHz dapat disimpulkan bahwa:

1. Mixer dapat bekerja untuk 4 frekuensi berbeda secara *concurrent*.
2. Kinerja mixer multiband dapat dilihat dari hasil simulasi yakni pada frekuensi 900 MHz didapat *conversion gain* 23dB, *VSWR* 1,33 dan *noise figure* 29 dB, pada frekuensi 2.1 GHz didapat *conversion gain* 26 dB, *VSWR* 1,35 dan *noise figure* 31,4 dB, pada frekuensi 2.3 GHz didapat *conversion gain* 25,2 dB, *VSWR* 1,19 dan *noise figure* 34,7 dB dan pada frekuensi 2.6 GHz didapat *conversion gain* 23,9 dB, *VSWR* 1,07 dan *noise figure* 30,4 dB. Hasil simulasi ini telah memenuhi spesifikasi perancangan mixer multiband.
3. Dengan menggunakan Gilbert Cell *double balance* sebagai inti rangkaian mixer, maka besarnya *port to port isolation* lebih kecil dari -650 dB yang berarti besarnya tegangan bocor (*leakage voltage*) sangat kecil antar *port* pada mixer.
4. Untuk keterbaruan yang didapat dari hasil perancangan diantara adalah :
 - a. Frekuensi yang dapat diakomodasi 4 pita frekuensi (*quad band*).
 - b. *Power consumption* yang didapat lebih kecil.
 - c. Teknologi yang digunakan yaitu CMOS 0.18-um.

REFERENSI

- [1] Abdelrheem A. T., Elhak Y. H., Sharaf M. Khaled, "A Concurrent Dual-Band Mixer for 900 MHz/1.8GHz RF Front-Ends", IEEE Journal, 2004.
- [2] Muhammad Machbub Rochman, "Perancangan Mixer untuk *Mobile WiMAX* Pada Pita Frekuensi 2.3GHz dan 2.6GHz menggunakan *Heterojunction Bipolar Transistor*", Thesis, Universitas Indonesia, 2008.
- [3] Nallam N., Chatterjee S., "Design of Concurrent multi-band matching Networks", IEEE Journal, 2011.
- [4] Silver J.P., "Gilbert Cell Mixer Tutorial", RF,RFIC,Microwave Theory Design.
- [5] Marki Ferenc, Marki Christopher, "Mixer Basic Primer: A Tutorial for RF & Microwave Mixers", Morgan Hill CA 95037.
- [6] Rosu Iulian, "RF Mixers", <http://www.gsl.net/va3iul>.
- [7] Whites W. Keith, "Mixers, Gilbert Cell", lecture, 2006
- [8] Lin Chin-Shen, Wu Pei-Si, Chang Hong-Yeh, Wang Huei, "A 9-50-GHz Gilbert Cell Down-Conversion Mixer in 0.13um CMOS Technology", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol.16 No.5, May 2006.
- [9] Taufiq Alif Kurniawan, "Rangkaian Analog: Bipolar, MOS and BiCMOS IC (Review)", Lecture, Universitas Indonesia, 2012, Depok.
- [10] Yongxin Guo, "EE5403 RF Circuit Design II RF Mixer", Lecture, RF and Optical Department Institute for Infocomm Research (IIR), 2007, Singapore.
- [11] Niknejad Ali M, "Introduction to Mixers", Lecture, University of California, 2005, Berkeley.
- [12] PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA NOMOR_07_PER_M.KOMINFO_2_2006.
- [13] PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA NOMOR_07_PER_M.KOMINFO_01_2009.

LAMPIRAN

1. Data sheet CMOS 0.18-um

```
*
* Predictive Technology Model Beta Version
* 180nm NMOS SPICE Parametersv (normal one)
*

.model NMOS NMOS
+Level = 49

+Lint = 4.e-08 Tox = 4.e-09
+Vth0 = 0.3999 Rdsw = 250

+lmin=1.8e-7 lmax=1.8e-7 wmin=1.8e-7 wmax=1.0e-4 Tref=27.0 version =3.1
+Xj= 6.0000000E-08 Nch= 5.9500000E+17
+lln= 1.0000000 lwn= 1.0000000 wln= 0.00
+wwn= 0.00 ll= 0.00
+lw= 0.00 lwl= 0.00 wint= 0.00
+wl= 0.00 ww= 0.00 wwl= 0.00
+Mobmod= 1 binunit= 2 xl= 0
+xw= 0 binflag= 0
+Dwg= 0.00 Dwb= 0.00

+K1= 0.5613000 K2= 1.0000000E-02
+K3= 0.00 Dvt0= 8.0000000 Dvt1= 0.7500000
+Dvt2= 8.0000000E-03 Dvt0w= 0.00 Dvt1w= 0.00
+Dvt2w= 0.00 Nlx= 1.6500000E-07 W0= 0.00
+K3b= 0.00 Ngate= 5.0000000E+20

+Vsat= 1.3800000E+05 Ua= -7.0000000E-10 Ub= 3.5000000E-18
+Uc= -5.2500000E-11 Prwb= 0.00
+Prwg= 0.00 Wr= 1.0000000 U0= 3.5000000E-02
+A0= 1.1000000 Keta= 4.0000000E-02 A1= 0.00
+A2= 1.0000000 Ags= -1.0000000E-02 B0= 0.00
+B1= 0.00

+Voff= -0.12350000 NFactor= 0.9000000 Cit= 0.00
+Cdsc= 0.00 Cdscb= 0.00 Cdscd= 0.00
+Eta0= 0.2200000 Etab= 0.00 Dsub= 0.8000000

+Pclm= 5.0000000E-02 Pdiblc1= 1.2000000E-02 Pdiblc2= 7.5000000E-03
+Pdiblc3= -1.3500000E-02 Drout= 1.7999999E-02 Pscbel= 8.6600000E+08
+Pscbe2= 1.0000000E-20 Pvag= -0.2800000 Delta= 1.0000000E-02
+Alpha0= 0.00 Beta0= 30.0000000

+kt1= -0.3700000 kt2= -4.0000000E-02 At= 5.5000000E+04
+Ute= -1.4800000 Ua1= 9.5829000E-10 Ub1= -3.3473000E-19
+Uc1= 0.00 Kt1l= 4.0000000E-09 Prt= 0.00

+Cj= 0.00365 Mj= 0.54 Pb= 0.982
+Cjsw= 7.9E-10 Mjsw= 0.31 Php= 0.841
+Cta= 0 Ctp= 0 Pta= 0
+Ptp= 0 JS=1.50E-08 JSW=2.50E-13
+N=1.0 Xti=3.0 Cgdo=2.786E-10
+Cgso=2.786E-10 Cgbo=0.0E+00 Capmod= 2
+NQSMOD= 0 Elm= 5 Xpart= 1
+Cgsl= 1.6E-10 Cgdl= 1.6E-10 Ckappa= 2.886
+Cf= 1.069e-10 Clc= 0.0000001 Cle= 0.6
+Dlc= 4E-08 Dwc= 0 Vfbcv= -1

*
```

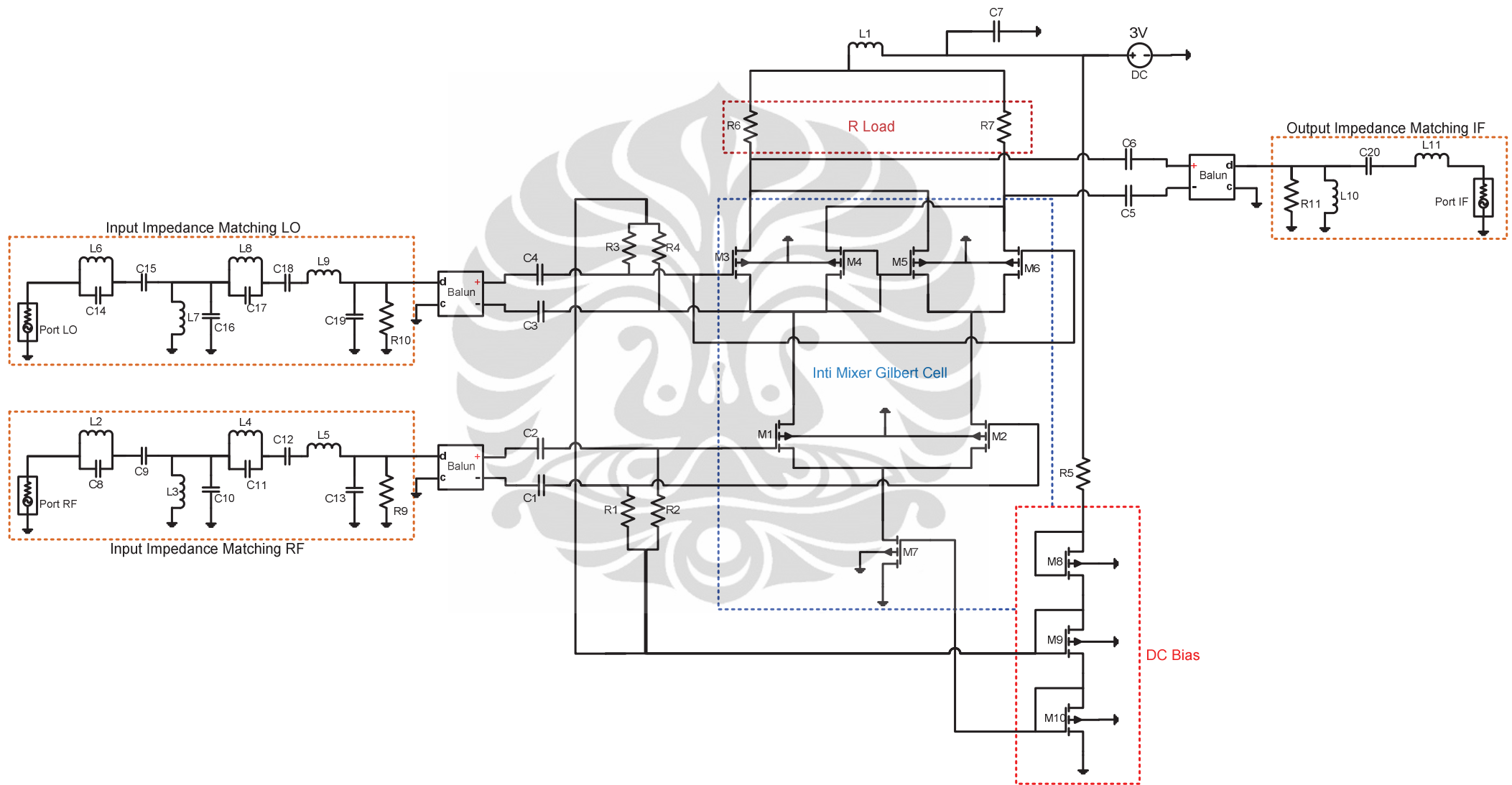
* Predictive Technology Model Beta Version
 * 180nm PMOS SPICE Parametersv (normal one)
 *

.model PMOS PMOS
 +Level = 49

+Lint = 3.e-08 Tox = 4.2e-09
 +Vth0 = -0.42 RdsW = 450

+lmin=1.8e-7 lmax=1.8e-7 wmin=1.8e-7 wmax=1.0e-4 Tref=27.0 version =3.1
 +Xj= 7.0000000E-08 Nch= 5.9200000E+17
 +lln= 1.0000000 lwn= 1.0000000 wln= 0.00
 +wwn= 0.00 ll= 0.00
 +lw= 0.00 lwl= 0.00 wint= 0.00
 +wl= 0.00 ww= 0.00 wwl= 0.00
 +Mobmod= 1 binunit= 2 xl= 0.00
 +xw= 0.00
 +binflag= 0 Dwg= 0.00 Dwb= 0.00
 +ACM= 0 ldif=0.00 hdif=0.00
 +rsh= 0 rd= 0 rs= 0
 +rsc= 0 rdc= 0
 +K1= 0.5560000 K2= 0.00
 +K3= 0.00 Dvt0= 11.2000000 Dvt1= 0.7200000
 +Dvt2= -1.0000000E-02 Dvt0w= 0.00 Dvt1w= 0.00
 +Dvt2w= 0.00 Nlx= 9.5000000E-08 W0= 0.00
 +K3b= 0.00 Ngate= 5.0000000E+20
 +Vsat= 1.0500000E+05 Ua= -1.2000000E-10 Ub= 1.0000000E-18
 +Uc= -2.9999999E-11 Prwb= 0.00
 +Prwg= 0.00 Wr= 1.0000000 U0= 8.0000000E-03
 +A0= 2.1199999 Keta= 2.9999999E-02 A1= 0.00
 +A2= 0.4000000 Ags= -0.1000000 B0= 0.00
 +B1= 0.00
 +Voff= -6.4000000E-02 NFactor= 1.4000000 Cit= 0.00
 +Cdsc= 0.00 Cdscb= 0.00 Cdscd= 0.00
 +Eta0= 8.5000000 Etab= 0.00 Dsub= 2.8000000
 +Pclm= 2.0000000 Pdblcl1= 0.1200000 Pdblcl2= 8.0000000E-05
 +Pdblclb= 0.1450000 Drout= 5.0000000E-02 Pscbel= 1.0000000E-20
 +Pscbe2= 1.0000000E-20 Pvag= -6.0000000E-02 Delta= 1.0000000E-02
 +Alpha0= 0.00 Beta0= 30.0000000
 +kt1= -0.3700000 kt2= -4.0000000E-02 At= 5.5000000E+04
 +Ute= -1.4800000 Ua1= 9.5829000E-10 Ub1= -3.3473000E-19
 +Uc1= 0.00 Kt1l= 4.0000000E-09 Prt= 0.00
 +Cj= 0.00138 Mj= 1.05 Pb= 1.24
 +Cjsw= 1.44E-09 Mjsw= 0.43 Php= 0.841
 +Cta= 0.00093 Ctp= 0 Pta= 0.00153
 +Ptp= 0 JS=1.50E-08 JSW=2.50E-13
 +N=1.0 Xti=3.0 Cgdo=2.786E-10
 +Cgso=2.786E-10 Cgbo=0.0E+00 Capmod= 2
 +NQSMOD= 0 Elm= 5 Xpart= 1
 +Cgsl= 1.6E-10 Cgdl= 1.6E-10 Ckappa= 2.886
 +Cf= 1.058e-10 Clc= 0.0000001 Cle= 0.6
 +Dlc= 3E-08 Dwc= 0 Vfbcv= -1

2. Skematik Rangkaian Mixer Multiband



3. Nilai Komponen

Komponen	Nilai	Satuan
Inti Mixer		
R1	7.5	KOhm
R2	7.5	KOhm
R3	1.5	KOhm
R4	1.5	KOhm
R5	50	Ohm
R6	600	Ohm
R7	600	Ohm
C1	0.3	pF
C2	0.3	pF
C3	0.8	pF
C4	0.8	pF
C5	20	pF
C6	20	pF
C7	1	fF
L1	100	nH
Input Impedance Matching RF		
R9	50	Ohm
C8	29.2	pF
C9	1.35	pF
C10	0.895	pF
C11	24.7	pF
C12	0.95	pF
C13	1.11	pF
L2	0.172	nH
L3	8.77	nH
L4	0.165	nH
L5	9.15	nH

Komponen	Nilai	Satuan
Input Impedance Matching LO		
R10	50	Ohm
C14	29.8	pF
C15	1.35	pF
C16	0.985	pF
C17	23.6	pF
C18	1.11	pF
C19	1.4	pF
L6	0.178	nH
L7	10.15	nH
L8	0.18	nH
L9	9.65	nH
Output Impedance Matching IF		
R11	52	Ohm
C20	48	pF
L10	95	nH
L11	45	nH

LAMPIRAN

1. Data sheet CMOS 0.18-um

*

* Predictive Technology Model Beta Version
* 180nm NMOS SPICE Parametersv (normal one)

*

.model NMOS NMOS

+Level = 49

+Lint = 4.e-08 Tox = 4.e-09

+Vth0 = 0.3999 Rdsw = 250

+lmin=1.8e-7 lmax=1.8e-7 wmin=1.8e-7 wmax=1.0e-4 Tref=27.0 version =3.1

+Xj= 6.0000000E-08 Nch= 5.9500000E+17

+lln= 1.0000000 lwn= 1.0000000 wln= 0.00

+wwn= 0.00 ll= 0.00

+lw= 0.00 lwl= 0.00 wint= 0.00

+wl= 0.00 ww= 0.00 wwl= 0.00

+Mobmod= 1 binunit= 2 xl= 0

+xw= 0 binflag= 0

+Dwg= 0.00 Dwb= 0.00

+K1= 0.5613000 K2= 1.0000000E-02

+K3= 0.00 Dvt0= 8.0000000 Dvt1= 0.7500000

+Dvt2= 8.0000000E-03 Dvt0w= 0.00 Dvt1w= 0.00

+Dvt2w= 0.00 Nlx= 1.6500000E-07 W0= 0.00

+K3b= 0.00 Ngate= 5.0000000E+20

+Vsat= 1.3800000E+05 Ua= -7.0000000E-10 Ub= 3.5000000E-18

+Uc= -5.2500000E-11 Prwb= 0.00

+Prwg= 0.00 Wr= 1.0000000 U0= 3.5000000E-02

+A0= 1.1000000 Keta= 4.0000000E-02 A1= 0.00

+A2= 1.0000000 Ags= -1.0000000E-02 B0= 0.00

+B1= 0.00

+Voff= -0.12350000 NFactor= 0.9000000 Cit= 0.00

+Cdsc= 0.00 Cdscb= 0.00 Cdscd= 0.00

+Eta0= 0.2200000 Etab= 0.00 Dsub= 0.8000000

+Pclm= 5.0000000E-02 Pdiblc1= 1.2000000E-02 Pdiblc2= 7.5000000E-03

+Pdiblc3= -1.3500000E-02 Drout= 1.7999999E-02 Pscbel= 8.6600000E+08

+Pscbe2= 1.0000000E-20 Pvag= -0.2800000 Delta= 1.0000000E-02

+Alpha0= 0.00 Beta0= 30.0000000

+kt1= -0.3700000 kt2= -4.0000000E-02 At= 5.5000000E+04

+Ute= -1.4800000 Ua1= 9.5829000E-10 Ub1= -3.3473000E-19

+Uc1= 0.00 Kt11= 4.0000000E-09 Prt= 0.00

+Cj= 0.00365 Mj= 0.54 Pb= 0.982

+Cjsw= 7.9E-10 Mjsw= 0.31 Php= 0.841

+Cta= 0 Ctp= 0 Pta= 0

+Ptp= 0 JS=1.50E-08 JSW=2.50E-13

+N=1.0 Xti=3.0 Cgdo=2.786E-10

+Cgso=2.786E-10 Cgbo=0.0E+00 Capmod= 2

+NQSMOD= 0 Elm= 5 Xpart= 1

+Cgsl= 1.6E-10 Cgdl= 1.6E-10 Ckappa= 2.886

+Cf= 1.069e-10 Clc= 0.0000001 Cle= 0.6

+Dlc= 4E-08 Dwc= 0 Vfbcv= -1

*

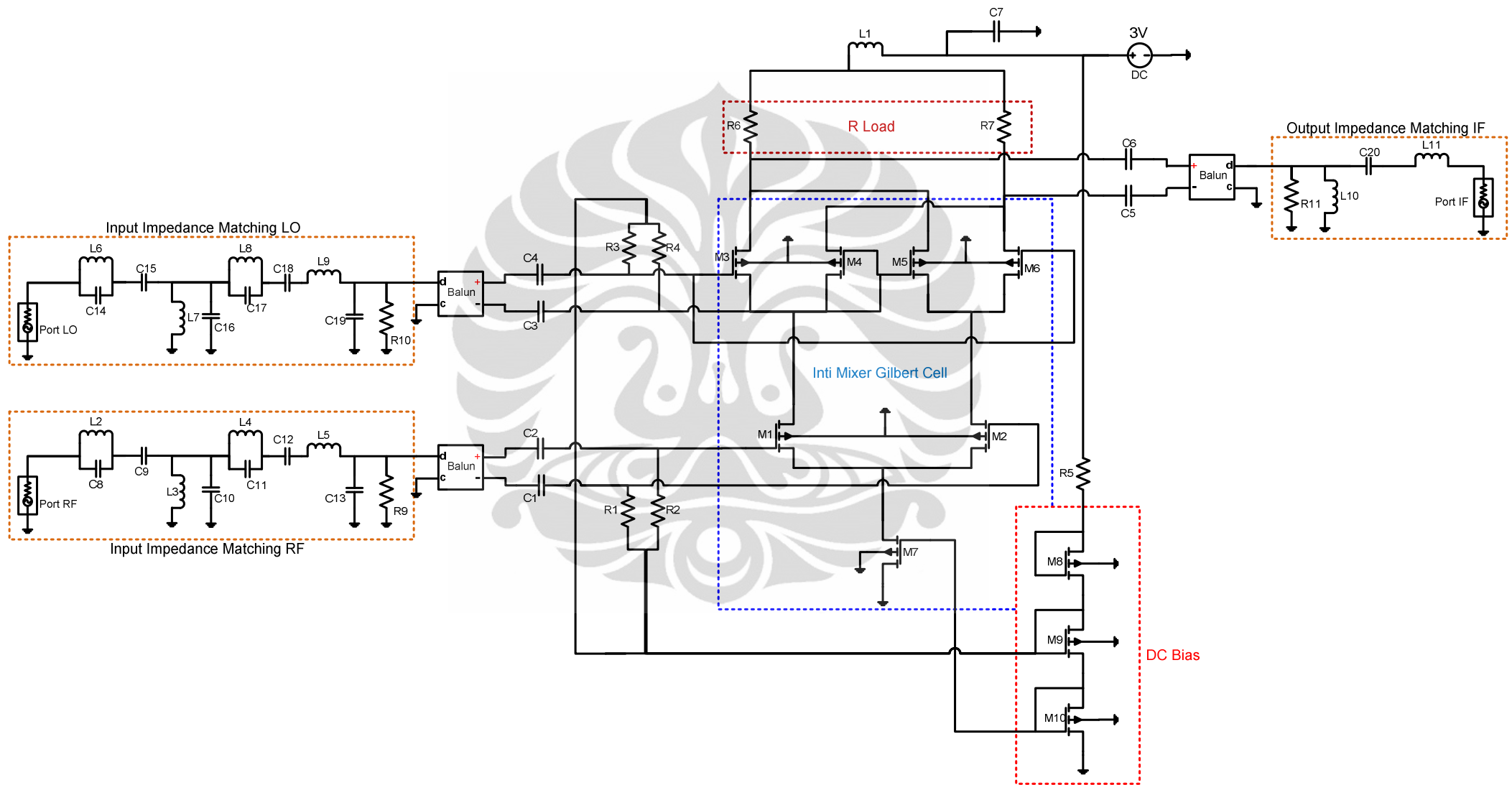
* Predictive Technology Model Beta Version
 * 180nm PMOS SPICE Parametersv (normal one)
 *

.model PMOS PMOS
 +Level = 49

+Lint = 3.e-08 Tox = 4.2e-09
 +Vth0 = -0.42 Rds = 450

+lmin=1.8e-7 lmax=1.8e-7 wmin=1.8e-7 wmax=1.0e-4 Tref=27.0 version =3.1
 +Xj= 7.0000000E-08 Nch= 5.9200000E+17
 +lln= 1.0000000 lwn= 1.0000000 wln= 0.00
 +wwn= 0.00 ll= 0.00
 +lw= 0.00 lwl= 0.00 wint= 0.00
 +wl= 0.00 ww= 0.00 wwl= 0.00
 +Mobmod= 1 binunit= 2 xl= 0.00
 +xw= 0.00
 +binflag= 0 Dwg= 0.00 Dwb= 0.00
 +ACM= 0 ldif=0.00 hdif=0.00
 +rsh= 0 rd= 0 rs= 0
 +rsc= 0 rdc= 0
 +K1= 0.5560000 K2= 0.00
 +K3= 0.00 Dvt0= 11.2000000 Dvt1= 0.7200000
 +Dvt2= -1.0000000E-02 Dvt0w= 0.00 Dvt1w= 0.00
 +Dvt2w= 0.00 Nlx= 9.5000000E-08 W0= 0.00
 +K3b= 0.00 Ngate= 5.0000000E+20
 +Vsat= 1.0500000E+05 Ua= -1.2000000E-10 Ub= 1.0000000E-18
 +Uc= -2.9999999E-11 Prwb= 0.00
 +Prwg= 0.00 Wr= 1.0000000 U0= 8.0000000E-03
 +A0= 2.1199999 Keta= 2.9999999E-02 A1= 0.00
 +A2= 0.4000000 Ags= -0.1000000 B0= 0.00
 +B1= 0.00
 +Voff= -6.4000000E-02 NFactor= 1.4000000 Cit= 0.00
 +Cdsc= 0.00 Cdscb= 0.00 Cdscd= 0.00
 +Eta0= 8.5000000 Etab= 0.00 Dsub= 2.8000000
 +Pclm= 2.0000000 Pdblcl1= 0.1200000 Pdblcl2= 8.0000000E-05
 +Pdblclb= 0.1450000 Drout= 5.0000000E-02 Pscbel= 1.0000000E-20
 +Pscbe2= 1.0000000E-20 Pvag= -6.0000000E-02 Delta= 1.0000000E-02
 +Alpha0= 0.00 Beta0= 30.0000000
 +kt1= -0.3700000 kt2= -4.0000000E-02 At= 5.5000000E+04
 +Ute= -1.4800000 Ua1= 9.5829000E-10 Ub1= -3.3473000E-19
 +Uc1= 0.00 Kt1l= 4.0000000E-09 Prt= 0.00
 +Cj= 0.00138 Mj= 1.05 Pb= 1.24
 +Cjsw= 1.44E-09 Mjsw= 0.43 Php= 0.841
 +Cta= 0.00093 Ctp= 0 Pta= 0.00153
 +Ptp= 0 JS=1.50E-08 JSW=2.50E-13
 +N=1.0 Xti=3.0 Cgdo=2.786E-10
 +Cgso=2.786E-10 Cgbo=0.0E+00 Capmod= 2
 +NQSMOD= 0 Elm= 5 Xpart= 1
 +Cgsl= 1.6E-10 Cgdl= 1.6E-10 Ckappa= 2.886
 +Cf= 1.058e-10 Clc= 0.0000001 Cle= 0.6
 +Dlc= 3E-08 Dwc= 0 Vfbcv= -1

2. Skematik Rangkaian Mixer Multiband



3. Nilai Komponen

Komponen	Nilai	Satuan
Inti Mixer		
R1	7.5	KOhm
R2	7.5	KOhm
R3	1.5	KOhm
R4	1.5	KOhm
R5	50	Ohm
R6	600	Ohm
R7	600	Ohm
C1	0.3	pF
C2	0.3	pF
C3	0.8	pF
C4	0.8	pF
C5	20	pF
C6	20	pF
C7	1	fF
L1	100	nH
Input Impedance Matching RF		
R9	50	Ohm
C8	29.2	pF
C9	1.35	pF
C10	0.895	pF
C11	24.7	pF
C12	0.95	pF
C13	1.11	pF
L2	0.172	nH
L3	8.77	nH
L4	0.165	nH
L5	9.15	nH

Komponen	Nilai	Satuan
Input Impedance Matching LO		
R10	50	Ohm
C14	29.8	pF
C15	1.35	pF
C16	0.985	pF
C17	23.6	pF
C18	1.11	pF
C19	1.4	pF
L6	0.178	nH
L7	10.15	nH
L8	0.18	nH
L9	9.65	nH
Output Impedance Matching IF		
R11	52	Ohm
C20	48	pF
L10	95	nH
L11	45	nH