

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN TRANSCEIVER 7MHz  
BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO**

**SKRIPSI**

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan Guna  
Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun oleh :  
ZULKARNAIN  
NIM. 12.12.710**

**Diperiksa dan Disetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Dr. Yudi Limpraptono, ST, MT**  
**NIP.Y.1039500274**

  
**Setyohadi, ST, MT**  
**NIP.Y. 1039700309**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1**

  
**Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT**  
**NIP.197706152005012002**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2017**

# PERENCANAAN DAN PEMBUATAN TRANSCEIVER 7MHz BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO

**Zulkarnain**  
**12.12.710**

Jurusan Teknik Elektro S-1, `Konsentrasi Teknik Telekomunikasi,  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Raya Karanglo KM.2 Malang  
E-mail: Zulkarnain1105@outlook.com

## **Abstrak**

*Software Defined Radio (SDR) menghadirkan teknologi komunikasi radio yang sangat berperan penting dalam menjawab kebutuhan teknologi Radio Transceiver di masa depan. Dengan lebih menerapkan fungsi-fungsi yang ada dalam software dibandingkan dengan pendekatan hardware secara tradisional sistem radio akan memberikan fleksibilitas yang lebih besar. Software-defined radio (SDR) adalah sistem komunikasi radio dimana komponen yang biasanya diimplementasikan pada perangkat keras (misalnya mixer, filter, amplifier, modulator/demodulator, detektor, dll).*

*Pada perangkat SDR terdapat fitur di dalamnya yaitu multistandard dan multiband yang berarti perangkat tersebut dapat di aplikasikan pada, macam macam mode VFO yaitu LSB, USB, DSB, WFM, CW, FMN, AM, SAM, SPEC, DIGL, DIGU, DRM, dan multiband yang berarti perangkat tersebut dapat di atur pada bermacam macam band radio, akan tetapi band yang digunakan yaitu 40M karena frekuensi yang digunakan amatir radio adalah 7,056MHz osilator yang digunakan yaitu DDS dengan tipe SI570.*

*Dasi hasil pengujian sinyal I/Q pada rangkaian tayloe detector yaitu Sinyal I/Q berbanding phasa  $90^0$ .*

**Kata Kunci :** *Deteksi Skema Modulasi, Software Defined Radio, Radio Transceiver*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“PERENCANAAN DAN PEMBUATAN TRANSCEIVER 7MHz BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO”** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan penelitian ini sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro, Konsentrasi Teknik Telekomunikasi di Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Maka dari itu, penyusun mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Dr. Yudi Limpraptono, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Dr. Yudi Limpraptono, ST, MT selaku Dosen Pembimbing Satu Skripsi.
5. Sotyhadi, ST, MT selaku Dosen Pembimbing Dua Skripsi.
6. Sahabat – sahabat dan rekan – rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu baik dari segi teknis maupun dukungan moral dalam menyusun penelitian ini.

Usaha telah penulis lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan, kami mohon saran dan kritikan yang bersifat membangun untuk menambah kesempurnaan laporan ini

Malang, Juli 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>... i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>.. ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>.iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>. iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>. vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	.. 1
1.2 Rumusan Masalah .....	.. 2
1.3 Tujuan .....	.. 2
1.4 Batasan Masalah.....	.. 2
1.5 Metodologi .....	.. 2
1.6 Sistematika Penulisan.....	.. 3
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Frekuensi Radio .....	.. 5
2.2 Software Defined Radio (SDR) .....	.. 6
2.3 Konsep SDR.....	.. 8
2.4 Data Converters.....	10
2.5 DSP .....	11
2.6 Sinyal Digital .....	12
2.6.1 Digital Sampel Dalam Waktu .....	12
2.7 Sampling Pada RF.....	17
2.8 I/Q Modulasi dan Demodulasi .....	19
2.9 Osilator Lokal.....	20

2.10 Side Band .....	22
2.11 Single Side Band.....	25
2.11.1 Konsep Dasar Single Side Band .....	25
2.12 Tayloe Detector.....	28
2.13 Filter .....	31
2.14 Relay .....	34
2.14.1 Fungsi Relay .....	35
2.14.2 Cara Kerja Relay .....	36

### **BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

3.1 Pendahuluan .....	38
3.2 Perancangan Sistem .....	38
3.3 Band Pass Filter .....	39
3.4 Tayloe Derector.....	40
3.5 DDS SI 570 .....	41
3.5.1 Masukan .....	42
3.5.2 Proses .....	42
3.5.3 Keluaran .....	42
3.6 Rangkaian Low Pass Filter .....	42
3.7 Rangkain Penguat Operasional Amplifier Inverting.....	43
3.8 Software Genesis Radio.....	45

### **BAB IV PENGUJIAN SISTEM**

4.1 Pendahuluan .....	46
4.1.1 Pengujian Rangkaian SDR Dilakukan Meliputi .....	46
4.1.2 Pengujian Rangkaian Dalam Pengukuran Meliputi .....	46
4.2 Pengujian Rangkaian Lo/4 Atau dual Flip Flop.....	46
4.3 Hasil Pengujian Sinyal I/Q.....	47
4.4 Tampilan Pada Software Genesis Radio Proses Pemancar (TX) Pada	

Frekuensi 7,075MHz.....	48
4.5 Hasil Uji Pada Software Genesis Radio Proses Penerimaan Sinyal (RX) Tune Pada Frekuensi 7,100MHz.....	49
4.6 Hasil Pengujian Secara Keseluruhan .....	49
4.7 Hasil Pengujian Low Pass Filter .....	51
4.8 Hasil Pengujian Alat Keseluruhan .....	54
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	56
5.2 Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penerima Radio Konvensional .....	7
Gambar 2.2 Arsitektur ideal SDR .....	7
Gambar 2.3 Arsitektur Realistis SDR .....	8
Gambar 2.4 Direct Konvensional SDR.....	8
Gambar 2.5 Sebuah sistem DSP generic.....	12
Gambar 2.6 Gelombang Sinus yang belum di lepas (A) Sampel diturunkan ke frekuensi yang lebih rendah (B) .....	13
Gambar 2.7 Spektrum gelombang sinus analog (A) Spektrum fungsi sampling termasuk semua harmonik(B) Spektrum sampel gelombang sinus (C) .	14
Gambar 2.8 Blok Diagram sistem DSP yang lebih lengkap .....	15
Gambar 2.9 Sinyal sampel ideal mengulangi spectrum sinyal analog pada semua harmonik dari tingkat sampel $f_s$ .....	16
Gambar 2.10 Fungsi sinc .....	16
Gambar 2.11 Jenis umpan balik berbasis DSP dari AGC menunjukkan titik kombinasi control gain analog dan digital .....	18
Gambar 2.12 I/Q modulator (A) dan demodulator (B) .....	19
Gambar 2.13 suatu hybrid DDS/PLL synthesizer.....	21
Gambar 2.14 Kekuatan sinyal AM diplot terhadap frekuensi.....	23
Gambar 2.15 Sideband terlihat pada spectrogram siaran AM .....	24
Gambar 2.16 Tayloe Quadrature Product Detector.....	29
Gambar 2.17 Satu Siklus Gelombang Sinus Pada Frekuensi Simple $F_0$ .....	30
Gambar 2.18 Kurva Band Pass Filter.....	31
Gambar 2.19 Rangkaian Low Pass Filter.....	33
Gambar 2.20 Diagram Bode Low Pass Filter .....	33
Gambar 2.21 Cara Kerja Relay .....	37

Gambar 3.1 Blok diagram SDR transceiver.....	38
Gambar 3.2 Rangkaian Band pass filter/filter pi.....	39
Gambar 3.3 Blok diagram Tayloe Detector .....	40
Gambar 3.4 blok diagram DDS .....	41
Gambar 3.5 Rangkaian low pass filter aktif.....	44
Gambar 3.6 Software genesis radio .....	45
Gambar 4.1 Hasil pengujian Rangkaian LO/4 atau dual flip-flop devide 4.....	47
Gambar 4.2 Hasil pengujian sinyal I/Q.....	47
Gambar 4.3 Tanpilan proses transmit (TX) pada frekuensi 7,075 MHz.....	48
Gambar 4.4 Hasil uji pada osiloskop proses transmit pada frekuensi 7,075MHz .....	48
Gambar 4.5 Hasil uji proses penerimaan sinyal atau receive (RX) Tune pada frekuensi 7,100MHz.....	49
Gambar 4.6 Hasil ukur rangkaian band pass filter menggunakan osiloskop pada frekuensi range 6,6 MHz .....	49
Gambar 4.7 Frekuensi range pada frekuensi 6,6 MHz pada pengujian band pass filter .....	50
Gambar 4.8 Respon Frekuensi Bamd Pass Filter.....	50
Gambar 4.9 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 200Hz .....	51
Gambar 4.10 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 250Hz .....	51
Gambar 4.11 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 300Hz .....	51
Gambar 4.12 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 400Hz .....	51
Gambar 4.13 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 500Hz .....	51
Gambar 4.14 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 600Hz .....	51
Gambar 4.15 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 700Hz .....	51
Gambar 4.16 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 800Hz .....	51
Gambar 4.17 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 1000Hz .....	51

Gambar 4.18 Sinyal Masukan Dan Keluaran Pada 1500Hz .....	51
Gambar 4.19 Hasil keseluruhan alat .....	54
Gambar 4.20 Perangkat SDR Transceiver .....	55
Gambar 2.21 DDS Dan SDR Transceiver.....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Frekuensi Radio .....	5
Tabel 2 Pengamatan Low Pass Filter .....	52
Tabel 3 Perhitungan Frekuensi, Vin, Dan Vout pada Low Pass Filter .....	53
Tabel 4 Pembuatan Diagram Bode pada Low Pass Filter.....	53

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Diagram Bode Low Pass Filter.....	54
--	----

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perangkat lunak yang didefinisikan radio awalnya telah digunakan di bidang militer. Namun, dengan meningkatnya kemampuan (digital signal processing / DSP) di satu sisi, dan persyaratan untuk waktu cepat ke pasar di sisi lain, teknologi ini muncul sebagai teknologi komersial yang penting. Seperti banyak teknologi belakangan ini, ia telah berkembang ke tempat amatir dapat memiliki komunikasi suara berkualitas tinggi tanpa melebihi bandwidth Single Side Band (SSB) atau membutuhkan peralatan studio penyiaran yang mahal [1].

Sejak Tahun 2013, banyak pabrikan besar memproduksi transceiver dengan basis SDR, tetapi dengan harga yang belum “ramah” dengan kantong para amatir radio. Teknologinya masih mahal, karena masih menggunakan komputasi embedded. Kit-kit front-end SDR juga sudah mulai dibuat sejak tahun 2004 oleh Tony Parks KB9YIG, salah satu pengembang dari Software Defined Radio (SDR) 1000. Yang paling populer adalah Softrock receiver yang harga kit-nya hanya dengan harga \$18 dollars. Fitur utama dari Software Defined Radio adalah bahwa PC melakukan semua hal, terutama demodulasi dan modulasi dalam sinyal RF, Hal ini dilakukan dengan menggunakan sebuah perangkat front-end (perangkat keras SDR) untuk melakukan konversi sinyal RF ke IF rendah (mis. 24kHz, 48Khz, 96Khz, dst), dan biasa disebut juga sebagai sinyal baseband. Sehingga signal ini dapat diberikan langsung ke audio line input dari soundcard PC untuk diproses. Perangkat keras SDR akan terhubung ke PC melalui antarmuka seperti kabel RS232, LPT, USB atau CAT [2].

Software Defined Radio Transceiver adalah pemancar dan penerima radio yang menggunakan pemrosesan sinyal digital (digital signal processing / DSP) untuk pengkodean dan decoding, dan modulasi dan demodulasi. Dengan menggunakan standar IEEE 802.11a sebagai pedoman, Quadrature Amplitude Modulation (QAM) dengan Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

digunakan untuk membuat skema pengkodean dan modulasi . Proyek ini akan dibangun dan diaplikasikan seluruhnya pada Software Gensis Radio (GSDR) [1].

## **1.2 Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diutarakan diatas, maka dapat disimpulkan permasalahan yang diutarakan dalam penulisan skripsi ini, yaitu :

- a. Bagaimana merancang rangkaian SDR Transceiver 7,056 MHZ (40 Band) amatir radio
- b. Bagaimana Merancang perangkat SDR Radio Transceiver dengan rangkaian sederhana tanpa mengeluarkan banyak biaya
- c. Bagaimana mengimplementasikan fungsi radio sebagai sebuah software yang dijalankan pada suatu platform hardware.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari skripsi ini adalah merancang dan merealisasikan sebuah transceiver Berbasis Software Defined Radio SDR yang bekerja pada frekuensi 7MHz untuk radio amatir dengan rangkaian yang sederhana dan biaya murah.

## **1.4 Batasan masalah**

Agar tidak terjadi penyimpangan, maksud dan tujuan utama penyusunan skripsi ini maka perlu di berikan batasan masalah, antara lain :

- a. Perancangan SDR menggunakan Tayloe Detector dengan IC 74HC4051
- b. Transceiver SDR dirancang pada frekuensi 7 MHZ (40M Band)
- c. Software aplikasi SDR yang digunakan adalah genesis radio
- d. Frekuensi kerja lokal osilator Menggunakan DDS SI 570

## **1.5 Metodologi**

Metodologi yang di gunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

- a. Studi literature

Mencari referensi-referensi yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan SDR yang akan di buat

b. Perancangan alat

Sebelum melaksanakan pembuatan terhadap alat dilakukan perancangan terhadap alat yang meliputi merancang rangkaian setiap blok serta panalaran metode yang di gunakan

c. Pembuatan alat

Pada tahap ini realisasi alat yang di buat, dilakukan perakitan sistem terhadap seluruh hasil rancangan yang telah dibuat

d. Pengujian alat

Untuk mengetahui cara kerja alat, maka dilakukan pengujian secara keseluruhan, dan menganalisa hasil pengujian alat untuk membuat kesimpulan

## 1.6 Sistematika penulisan

Untuk mendapatkan arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas maka dalam penulisan skripsi ini disusun sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Memuat tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan.

### **BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Membahas tentang dasar teori mengenai permasalahan yang berhubungan dengan penelitian.

### **BAB III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Membahas tentang perencanaan dan proses pembuatan meliputi perencanaan, pembuatan alat, cara kerja dan penggunaan alat.

**BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA**

Menjelaskan hasil analisis dari proses pengujian pada alat yang telah di buat.

**BAB V : PENUTUP**

Memuat tentang kesimpulan dan saran dari alat yang telah dibuat.

**DAFTAR PUSTAKA**

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Frekuensi Radio

*Frekuensi radio* mengacu kepada spektrum elektromagnetik di mana gelombang elektromagnetik dapat dihasilkan oleh pemberian arus bolak-balik ke sebuah antena. Frekuensi seperti ini termasuk bagian dari spektrum seperti dalam tabel di bawah.

*Tabel 1 Frekuensi Radio*

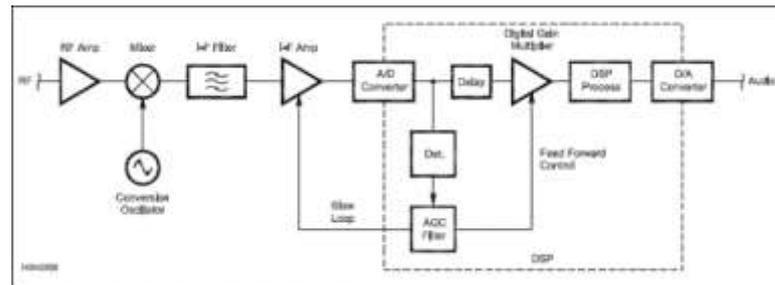
<u>Frekuensi</u>	<u>Panjang gelombang</u>	<u>Nama band</u>	<u>Singkatan<sup>[1]</sup></u>
3 – 30 Hz	$10^4 - 10^5$ km	<u>Extremely low frequency</u>	ELF
30 – 300 Hz	$10^3 - 10^4$ km	<u>Super low frequency</u>	SLF
300 – 3000 Hz	$100 - 10^3$ km	<u>Ultra low frequency</u>	ULF
3 – 30 kHz	10 – 100 km	<u>Very low frequency</u>	VLF
30 – 300 kHz	1 – 10 km	<u>Low frequency</u>	LF
300 kHz – 3 MHz	100 m – 1 km	<u>Medium frequency</u>	MF
3 – 30 MHz	10 – 100 m	<u>High frequency</u>	HF
30 – 300 MHz	1 – 10 m	<u>Very high frequency</u>	VHF
300 MHz – 3 GHz	10 cm – 1 m	<u>Ultra high frequency</u>	UHF
3 – 30 GHz	1 – 10 cm	<u>Super high frequency</u>	SHF
30 – 300 GHz	1 mm – 1 cm	<u>Extremely high frequency</u>	EHF

300 GHz 3000 GHz	- 0.1 mm - 1 mm	<u>Tremendously high</u> <u>frequency</u>	THF
---------------------	--------------------	--	-----

*Catatan:* di atas 300 GHz, penyerapan radiasi elektromagnetik oleh atmosfer bumi begitu besar sehingga atmosfer secara efektif menjadi "opak" ke frekuensi lebih tinggi dari radiasi elektromagnetik, sampai atmosfer menjadi transparan lagi pada yang disebut jangka frekuensi infrared dan jendela optikal. Band ELF, SLF, ULF, dan VLF bertumpuk dengan spektrum AF, sekitar 20–20,000 Hz. Namun, suara disalurkan oleh kompresi atmosferik dan pengembangan, dan bukan oleh energi elektromagnetik. Penghubung listrik didesain untuk bekerja pada frekuensi radio yang dikenal sebagai Penghubung RF. RF juga merupakan nama dari penghubung audio/video standar, yang juga disebut **BNC** (Bayonet Neill-Concelman).

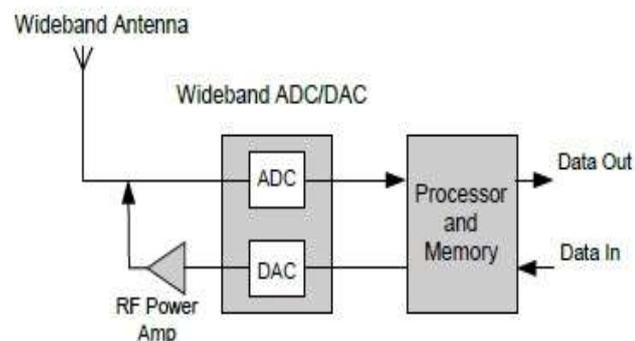
## 2.2 *Software Defined Radio (SDR)*

*Software-Defined Radio (SDR)*, ada yang menyebut juga *Software Radio (SWR)*, diperkenalkan pertama kali pada tahun 1991 oleh Joseph Mitola, Istilah SDR ini digunakan untuk menunjuk sebuah kelas radio yang dapat dikonfigurasi ulang atau diprogram ulang, sehingga menghasilkan sebuah jenis perangkat komunikasi nirkabel dengan mode dan band frekuensi yang ditentukan oleh fungsi perangkat lunak. Secara ideal, SDR menawarkan fleksibilitas (*flexibility*), dapat dikonfigurasi ulang (*reconfigurability*), memungkinkan untuk perluasan (*scalability*), dan bahkan memiliki mode sebanyak mungkin (*multi mode*). Arsitektur SDR dikembangkan berdasarkan fungsi-fungsi radio konvensional. Sebagai ilustrasi dapat dicermati blok diagram dan fungsi sebuah radio penerima konvensional seperti yang ditunjukkan Gambar 2.1. Semua fungsi pemrosesan sinyal pada radio konvensional dilakukan sepenuhnya oleh perangkat keras. Kunci utama dalam membangun SDR adalah penempatan komponen ADC dan DAC sebagai pemisah gambar 2.1 Semua fungsi pemrosesan sinyal pada radio konvensional dilakukan sepenuhnya oleh perangkat keras. Kunci utama dalam membangun SDR adalah penempatan komponen ADC dan DAC sebagai pemisah antara sinyal analog dan digital yang akan diproses dalam sebuah SDR [2].



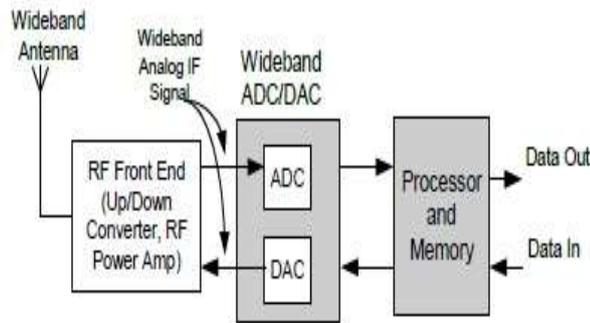
Gambar 2.1. Radio penerima konvensional

Arsitektur SDR yang ideal akan menempatkan ADC/DAC sedekat mungkin dengan antena seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 Namun demikian cara ini akan membutuhkan wideband ADC/DAC dengan kecepatan sampling yang sangat tinggi untuk melakukan konversi analog ke digital atau sebaliknya terhadap sinyal *Radio Frequency* (RF). Fungsi-fungsi radio dilakukan oleh perangkat lunak yang dijalankan pada prosesor, sehingga lebih fleksibel karena perubahan standar komunikasi dapat diantisipasi pada perangkat lunaknya saja [2].



Gambar 2.2 Arsitektur SDR Ideal

Namun demikian, keterbatasan teknologi dan mahalanya wideband ADC/DAC mendorong untuk sedikit mengubah arsitektur SDR dalam menempatkan ADC/DAC sehingga menjadi lebih realistis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-3 [2].

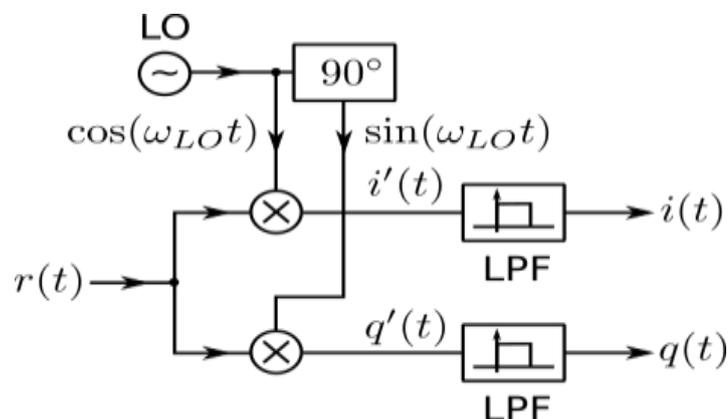


Gambar 2.3 Arsitektur SDR Ideal

Arsitektur SDR yang lebih realistis menempatkan wideband ADC/DAC setelah Down Converter/Up Converter, sehingga konversi analog ke digital atau sebaliknya dilakukan pada sinyal *Intermediate Frequency* (IF) yang memiliki frekuensi lebih rendah dibanding sinyal RF. Arsitektur tersebut saat ini banyak dikembangkan dan dalam proses penelitian untuk implementasinya [2].

### 2.3 Konsep SDR

SDR adalah suatu system radio dimana komponen-komponennya yang biasanya di bangun oleh perangkat keras (mixer, filter, modulator, demodulator amplifier dll) digantikan fungsinya oleh perangkat lunak dalam hal ini PC (personal computer) atau embedded system (microcontroller, DSP dll) [3].



Gambar 2.4 Direct konvensional SDR

Penerapan SDR bisa dilakukan dengan banyak cara dan kombinasi, pada blok diagram diatas bisa di jelaskan sbb:

- frekuensi carrier yang telah melalui band pass filter (BPF) di umpankan ke parallel mixer (quadrature mixer).

- pada mixer sebelah bawah sinyal sinus dari oscillator lokal dicampurkan dengan  $f_c$
- pada mixer sebelah atas sinyal cosinus (sinyal sinus dari osilator lokal dengan delay 90') dicampurkan dengan  $f_c$
- sinyal hasil mixer dilewatkan low pass filter (LPF) sebelum diconversi oleh analog to digital converter (ADC)
- keluaran mixer sebelah atas menghasilkan in-phase  $I(t)$
- keluaran mixer sebelah bawah menghasilkan quadrature  $Q(t)$

Pada SDR yang menggunakan PC LPF dan ADC sudah tercakup dalam sound card PC. Cara kerja direct conversion receiver sebagai berikut :

Operasi konversi frekuensi dilakukan oleh mixer. Fungsi dari mixer menghasilkan pencampuran 2 buah input yaitu sinyal RF atau disebut  $r(t)$  dan sinyal osilator lokal (LO). Dengan proses tersebut dihasilkan komponen in-phase (I) dan quadrature (Q). Ini dilakukan oleh salah satu mixer dengan mencampur sinyal LO  $\cos(\omega_{LO}t)$  dengan sinyal RF dan mixer kedua mencampur sinyal LO yang digeser  $90^\circ$   $\sin(\omega_{LO}t)$  dengan sinyal RF [3].

Adapun proses pencampuran dapat dijelaskan dengan teori matematis sebagai berikut:

$$i'(t) = r(t) \times \cos(\omega_{LO}t)$$

dan

$$q'(t) = r(t) \times \sin(\omega_{LO}t)$$

dimana:

$$i'(t) = \text{In phase}$$

$$q'(t) = \text{Quadratur}'(t)$$

$$r'(t) = \text{Sinyal RF}$$

Jika  $r$  adalah sinyal sinus  $r(t) = \cos(\omega_{RF}t)$ , proses pencampuran menghasilkan rumusan sebagai berikut:

$$i'(t) = \frac{1}{2}\cos[(\omega_{RF}) - (\omega_{LO})t] + \frac{1}{2}\cos[(\omega_{RF}) + (\omega_{LO})t]$$

Dimana superposisi adalah jumlah frekuensi dan beda frekuensi. Perbedaan frekuensi osilator lokal LO dan sinyal input disebut intermediate frekuensi (IF) yaitu :

$$(\omega_{IF}) = (\omega_{RF}) - (\omega_{LO})$$

Untuk menghilangkan komponen RF maka diperlukan low pass filter (LPF) sehingga

$$i(t) = \frac{1}{2}\cos(\omega_{IF}t)$$

Demikian juga dengan proses untuk komponen q adalah sama sehingga menghasilkan

$$q(t) = \frac{1}{2}\sin(\omega_{IF}t)$$

## 2.4 Data Converters

Dalam bagian ini akan dibahas secara singkat beberapa aspek spesifikasi dan kinerja ADC dan DAC yang secara langsung mempengaruhi keputusan desain pada tingkat sistem. Bagian Dasar Analog memiliki rincian tambahan yang harus dipertimbangkan saat melakukan perancangan rangkaian sebenarnya.

Persyaratan pertama saat memilih DAC atau ADC adalah mampu menangani tingkat sampel yang dibutuhkan. Untuk suara komunikasi, tingkat sampel sesuai urutan 8000 sampel per detik (8 ksps) harus memadai. Untuk suara berkualitas tinggi, tingkat sampel biasanya memiliki urutan yang lebih tinggi dan untuk memproses sinyal RF wideband, Anda memerlukan data converter dengan tingkat sampel dalam kisaran megasamples per second (MSPS). Dalam banyak sistem, tingkat output input dan output berbeda. Sebagai contoh, penerima softwaredefined mungkin sampel sinyal masukan RF di 100 MSPS sedangkan output audio DAC berjalan pada hanya 8 KSPS. Resolusi konverter data dinyatakan sebagai jumlah bit dalam kata-kata data. Sebagai contoh, sebuah ADC 8 bit hanya dapat mewakili sinyal analog sampel sebagai salah satu dari  $2^8 = 256$  bilangan yang mungkin. Sinyal terkecil yang bisa diatasi adalah  $1/256$  skala penuh. Bahkan

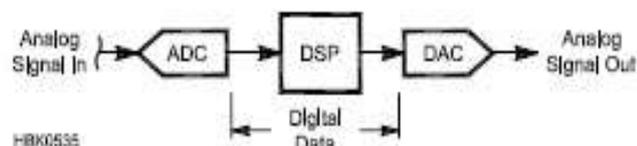
dengan ADC yang ideal dan bebas kesalahan, kesalahan kuantisasi adalah sampai  $\pm 1/2$  dari satu bit paling tidak signifikan (LSB) dari kata digital, atau  $\pm 1/512$  skala penuh dengan resolusi 8 bit.

Demikian pula, DAC hanya bisa menghasilkan sinyal analog sampai  $\pm 1/2$  LSB yang diinginkan. Nantinya pada bagian ini kita akan membahas bagaimana menentukan sample-sample yang dibutuhkan dan resolusi untuk aplikasi tertentu. Spesifikasi konverter data penting lainnya adalah *spurious-free dynamic range* (SFDR). Ini adalah rasio, biasanya dinyatakan dalam dB, antara sinus berskala (biasanya) gelombang dan sinyal palsu terburuk. Sedangkan ADCs dan DAC beresolusi tinggi cenderung memiliki SFDR yang lebih baik, itu tidak dijamin. Perangkat yang ditujukan untuk aplikasi pemrosesan sinyal biasanya menentukan SFDR pada lembar data. Sedangkan sample rate, resolusi dan SFDR adalah kriteria pemilihan utama untuk data konverter dalam sistem DSP, parameter lain seperti rasio signal-to-noise, distorsi harmonik dan intermodulasi, bandwidth daya penuh, dan aperture delay jitter juga dapat mempengaruhi kinerja.

Tentu saja, spesifikasi dasar seperti kebutuhan daya, tipe interface (serial atau paralel) dan biaya juga menentukan DSP dan Software Radio Design 15.3. Kesesuaian perangkat untuk aplikasi tertentu. Seperti komponen elektronik lainnya, memang begitu sangat penting untuk membaca dan memahami lembar data.

## 2.5 DSP

Istilah prosesor sinyal digital (DSP) umumnya dipahami sebagai mikroprosesor khusus dengan arsitektur yang telah dioptimalkan untuk pemrosesan sinyal. Dan memang, dalam banyak sistem kotak berlabel “DSP” pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Sebuah sistem DSP generik.

Sumber daya perangkat keras on-chip seperti pengganda dan unit komputasi lainnya digunakan secara efisien karena dibagi dalam berbagai proses. Itu juga

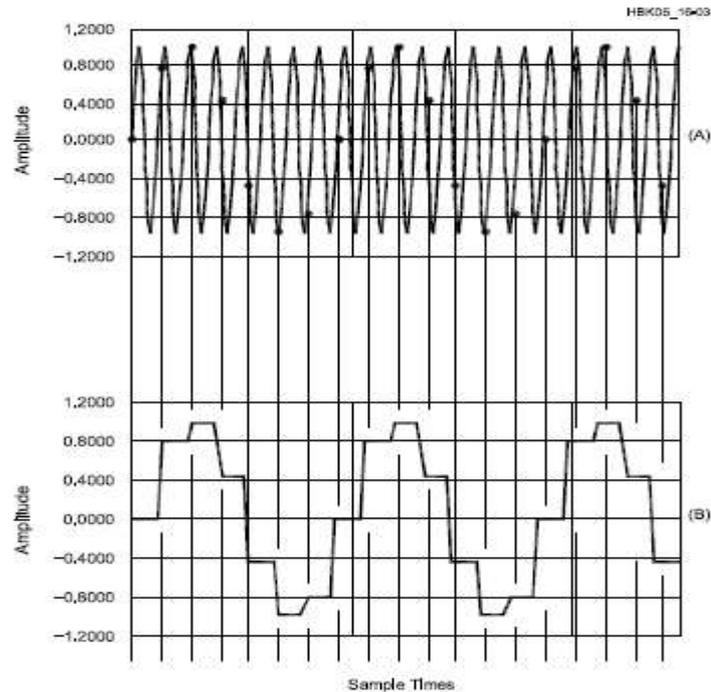
merupakan Kerentanan dalam situasi dari DSP yang dapat diprogram. Setiap sumber daya perangkat keras itu dibagi di antara berbagai proses dapat digunakan hanya dengan satu proses dalam satu waktu. Itu bisa menciptakan kemacetan yang membatasi kecepatan komputasi maksimal.

## **2.6 Sinyal Digital**

Sinyal digital berbeda dari sinyal analog dengan dua cara. Salah satunya adalah bahwa mereka didigitalkan masuk waktu, sebuah proses yang disebut sampling. Yang lainnya adalah bahwa mereka didigitasi dalam amplitudo, sebuah proses yang disebut kuantisasi. Pengambilan sampel dan kuantisasi mempengaruhi sinyal digital dengan cara yang berbeda sehingga bagian berikut akan mempertimbangkan pengaruhnya secara terpisah.

### **2.6.1 Digitasi Sampel dalam Waktu**

Aturan sederhana, itu memiliki beberapa implikasi yang mendalam. Aturan sederhana itu memiliki beberapa implikasi yang mendalam. Jika semua komponen frekuensi sebuah sinyal terkandung dalam bandwidth  $B$  Hz, kemudian sampling pada tingkat yang lebih besar dari sampel  $2B$  per detik cukup untuk mewakili sinyal dengan akurasi 100% dan tanpa kehilangan informasi. Secara teori dimungkinkan untuk mengubah sampel kembali ke sinyal analog yang persis sama dengan aslinya. Tentu saja, ukuran sistem digital dunia nyata sampel tersebut hanya dengan jumlah yang terbatas dari bit resolusi, dengan konsekuensi itu diselidiki bagian kuantisasi yang mengikuti. Selain itu, sampling teori mengasumsikan bahwa sama sekali tidak ada sinyal energi di luar bandwidth yang ditentukan. Dengan kata lain redaman stopband tak terhingga dB Sisa sinyal pada stopband Muncul sebagai distorsi atau kebisingan pada Sinyal sampel.



Gambar 2.6 Sinus Gelombang yang belum dilepas (A). Sampel diturunkan ke frekuensi yang lebih rendah (B).

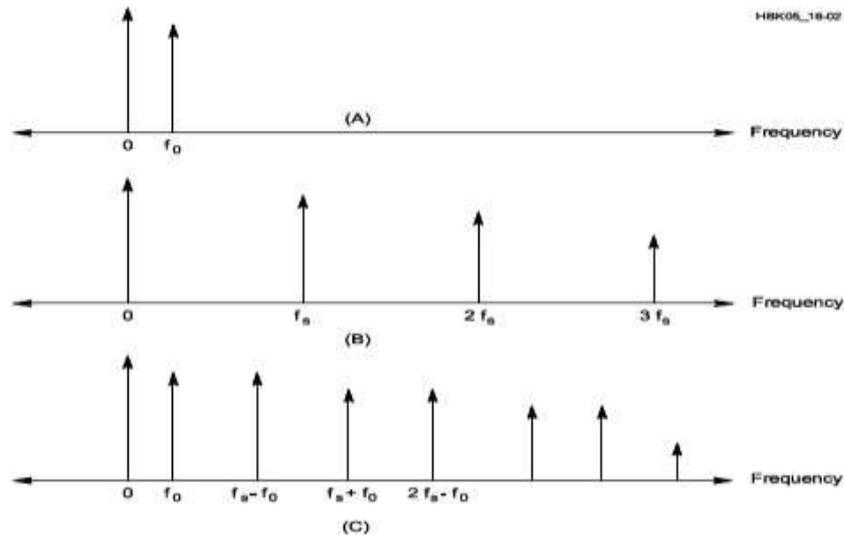
Gambar 2.6 mengilustrasikan apa yang terjadi jika sample rate terlalu rendah seperti yang ditunjukkan, sampel tingkat sekitar  $7/8$  frekuensi gelombang sinus. Dapat dilihat bahwa sinyal sampel memiliki periode sekitar 8 kali lebih besar dari periode gelombang sinus, atau  $1/8$  frekuensi. Sampelnya sama seperti jika sinyal analog adalah gelombang sinus  $1/8$  frekuensi yang sebenarnya.

Itu adalah contoh prinsip umum. Jika tingkat sampel terlalu rendah, sinyal sampelnya akan menjadi aliasing ke frekuensi yang sama dengan perbedaan antara frekuensi aktual sinyal analog dan sample rate. Dalam contoh di atas, alias frequency  $f_0$  adalah:

$$f_0 = f_{sig} - f_s = (1 - 7/8) f_{sig} = (1/8) f_{sig}$$

Dimana  $f_{sig}$  adalah frekuensi sinyal sebelum sampling dan  $f_s$  adalah sample rate.

Jika frekuensi sinyal analog lebih tinggi, maka aliasingnya relatif terhadap mana saja harmonisasi sample rate paling dekat.



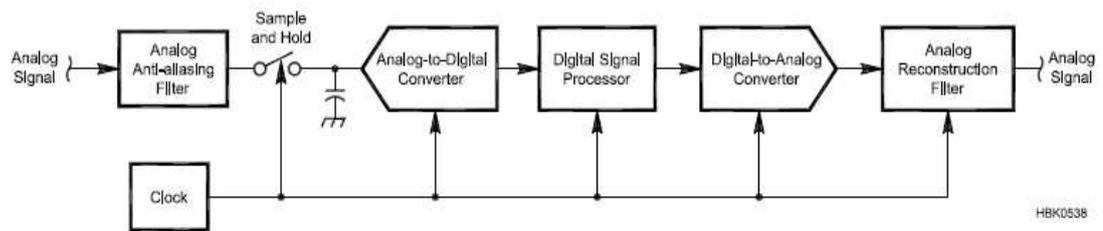
Gambar 2.7 Spektrum gelombang sinus analog (A). Spektrum sampling Fungsi, termasuk semua harmonik (B). Spektrum gelombang sinus sampel (C).

Pada gambar 2.7 menunjukkan semua frekuensi sinyal Itu alias untuk frekuensi  $f_0$  dihitung dari persamaan,

$$f_0 = \{ f_{sig} - Nf_s \}$$

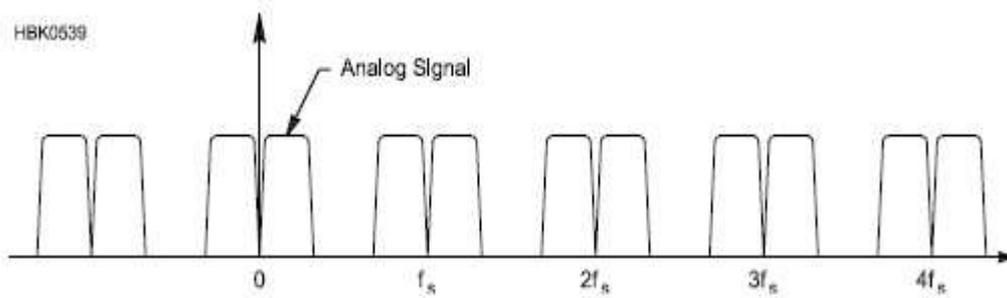
Dimana N adalah bilangan harmonis. Salah satu cara untuk memikirkannya adalah bahwa sampler adalah mixer yang harmonis. Sinyal sampel (setara dengan output mixer) berisi jumlah dan perbedaan frekuensi sinyal input dan semua harmonisa frekuensi sampel.

Untuk menghindari aliasing, sebagian besar sistem menggunakan filter anti-aliasing sebelum sampler, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 di bawah.



Gambar 2.8 Blok Diagram sistem DSP yang lebih lengkap

Untuk sinyal baseband (yang meluas sampai nol Hz), filter anti-aliasing adalah filter low-pass yang stopbandnya memanjang dari frekuensi Nyquist hingga tak terhingga. Tentu saja, filter praktis tidak melakukan transisi seketika dari passband ke stopband, sehingga bandwidth passband harus agak kurang dari setengah tingkat sampel. Hal ini sebenarnya mungkin untuk sampel akurat sinyal di atas frekuensi Nyquist begitu lama karena bandwidthnya tidak melanggar kriteria Nyquist, sebuah proses yang disebut undersampling atau sampling harmonis. Bayangkan sebuah sinyal LSB pada 455 kHz dengan bandwidth 3 kHz yang dijadikan sampel pada kecepatan 48 kHz. Sinyal 455 kHz bercampur dengan harmonik kesembilan dari laju sampel pada 432 kHz, menghasilkan sinyal sampel dengan carrier tertekan pada  $455 - 432 = 23$  kHz dan memperpanjang 3 kHz di bawah 20 kHz. Selama sinyal masuk tidak memiliki energi yang signifikan di bawah 432 kHz atau di atas 456 kHz [ $432 + (48/2)$ ] kHz tidak terjadi aliasing yang tidak diinginkan. Dengan sampling harmonis, filter anti-alias harus tipe band-pass. Pada contoh sebelumnya, Harus menggunakan saringan kristal atau mekanik agar memiliki transisi yang cukup tajam dari tepi atas celah di bawah 455 kHz ke tepi stopband pada 456 kHz. Gambar 15.3 menunjukkan setiap sampel ditahan pada nilai konstan selama satu periode sampel. Namun, teori sampling benar-benar mengasumsikan bahwa sampel hanya berlaku seketika sinyal diambil sampelnya; Itu adalah nol atau tidak terdefinisi di lain waktu. Serangkaian impuls sempit seperti itu memiliki harmonisa sampai ke frekuensi tak terbatas. Setiap harmonik memiliki amplitudo yang sama dan dimodulasi oleh sinyal itu dijadikan sampel; Itu adalah nol atau tidak terdefinisi di lain waktu. Serangkaian impuls sempit seperti itu memiliki harmonisa sampai ke frekuensi tak terbatas. Masing-masing harmonis memiliki amplitudo yang sama dan dimodulasi oleh sinyal yang dijadikan sampel.

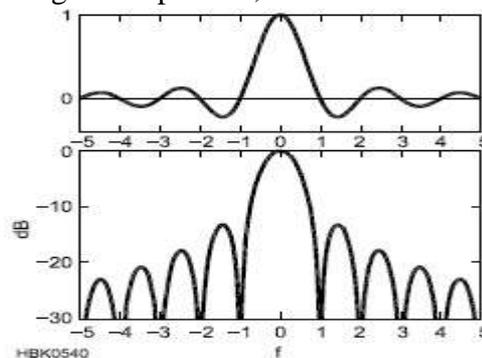


Gambar 2.9 Sinyal sampel ideal mengulangi spektrum sinyal analog pada semua harmonik dari tingkat sampel,  $f_s$

Lihat Gambar 2.9 Bila sinyal digital diubah kembali ke bentuk analog, harmonisa yang tidak diinginkan harus disaring dengan filter rekonstruksi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9 Ini mirip dengan filter anti-aliasing pada input sehingga bandwidthnya seharusnya tidak lebih dari satu setengah dari tingkat sampel. Ini adalah filter low-pass untuk sinyal baseband dan filter band-pass untuk sinyal undersampled. Sebagian besar DAC benar-benar memegang setiap nilai sampel selama keseluruhan periode sampel. Ini adalah disebut zero-order hold dan menghasilkan respons frekuensi dalam bentuk fungsi sinc,

$$\text{Sinc}(f) = \frac{\sin(\pi f)}{\pi f}$$

Dimana  $f$  dinormalisasi dengan sample rate,  $f = \text{frekuensi} / \text{sample rate}$ .



Gambar 2.10 Fungsi sinc

Grafik fungsi sinc pada Gambar 2.10 menunjukkan frekuensi positif dan negatif untuk alasan yang dijelaskan di bagian Sinyal Analitik. Perhatikan bahwa respons frekuensi logaritmik memiliki takik pada laju sampel dan semua harmonisa. Jika bandwidth sinyal jauh lebih sedikit daripada frekuensi Nyquist, maka sebagian besar sinyal pada harmonisa jatuh di dekat frekuensi takik, mengurangi tugas filter

rekonstruksi. Jika bandwidth sinyal cukup kecil (tingkat sampel cukup tinggi), harmonik hampir dilapisi sepenuhnya dan filter rekonstruksi mungkin tidak diperlukan. Respons frekuensi  $\sin(\pi f) / \pi f$  juga mempengaruhi passband. Misalnya jika passband meluas ke sample rate / 4 ( $f = 0,25$ ), maka responnya adalah

$$20 \log \frac{\sin(\pi \cdot 0,25)}{\pi \cdot 0,25} = -0,9 \text{ dB}$$

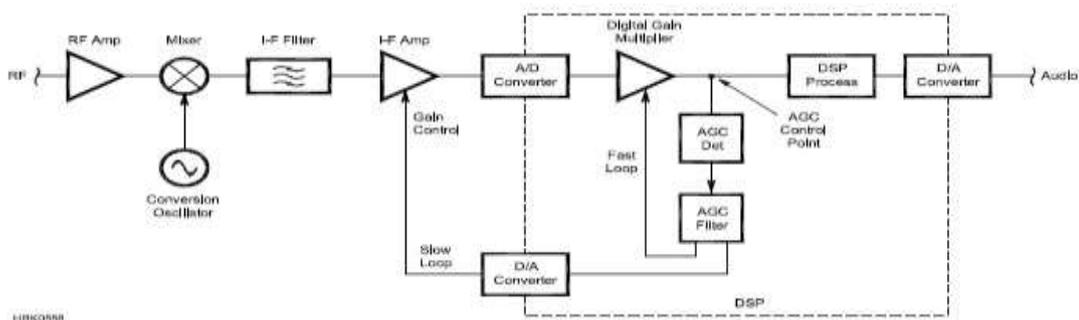
Di tepi atas passband. Pada frekuensi Nyquist, ( $f = 0,5$ ), kesalahannya adalah 3,9 dB. Jika bandwidth sinyal adalah sebagian besar frekuensi Nyquist, maka beberapa jenis filter kompensasi digital atau analog mungkin diperlukan untuk mengoreksi frekuensi tinggi rolloff.

## 2.7 SAMPLING PADA RF

Arsitektur SDR yang paling utama adalah transisi antara domain analog dan digital tepat pada frekuensi yang akan ditransmisikan atau diterima. Di dalam receiver, satu-satunya yang tersisa Komponen analog dalam rantai sinyal adalah Wide-band anti-aliasing filter dan amplifier untuk memperbaiki noise gambar dari Analog to Digital Convert (ADC). Lihat pada gambar 15.31. Osilator lokal, mixer, filter IF, AGC, demodulator dan sirkuit lainnya, semuanya digantikan oleh perangkat keras digital dan perangkat lunak. Tingkat produk distorsi dalam sebuah ADC cenderung lebih atau kurang independen dari sinyal, tingkat sampai puncak sinyal melebihi penuh Skala, di mana titik distorsi naik secara dramatis. Dibandingkan dengan mixer analog konvensional, ADC cenderung memberikan hasil yang sangat bagus dengan tes dua nada tapi tidak melakukannya dengan baik saat menangani sejumlah besar sinyal secara simultan, yang menghasilkan rasio peak-to-average yang tinggi. Penting untuk membaca lembar data dengan seksama dan catatlah kondisi pengujian untuk pengukuran distorsi.

Ada keuntungan yang pasti untuk sampling di RF. Untuk satu hal, ini menghemat banyak rangkaian analog. Bahkan jika ADC cukup mahal, radio mungkin akan lebih murah karena jumlah komponen yang dikurangi. Kinerja ditingkatkan di beberapa daerah. Misalnya, penolakan gambar tidak lagi menjadi kekhawatiran, asalkan anti-aliasing filter sedang melakukan tugasnya. Rentang dinamis secara teoritis tidak bergantung pada jarak sinyal - rentang dinamis jarak

dekat seringkali lebih baik daripada dengan arsitektur konvensional yang menggunakan filter atap yang luas. Tantangan terbesar dengan sampling RF adalah apa yang harus dilakukan dengan torrent berkecepatan tinggi data yang keluar dari receiver ADC dan cara menghasilkan data pengiriman cukup cepat untuk mengikuti Digital Analog Converter (DAC). Untuk menutupi rentang HF 0-30 MHz tanpa aliasing memerlukan sample rate paling sedikit 65 atau 70 MHz. Itu jauh lebih cepat daripada DSP mikroprosesor biasa yang bisa di handle. Osilator, mixer dan decimator dan interpolator lokal harus diimplementasikan dalam perangkat keras digital sehingga DSP dapat mengirim dan menerima data pada tingkat sampel yang lebih masuk akal. Analog Devices membuat serangkaian down converters digital (DDC) yang menjalankan fungsi tersebut dan mengeluarkan sinyal I/Q digital tingkat rendah ke DSP. Lihat Gambar 2.12 dibawah.

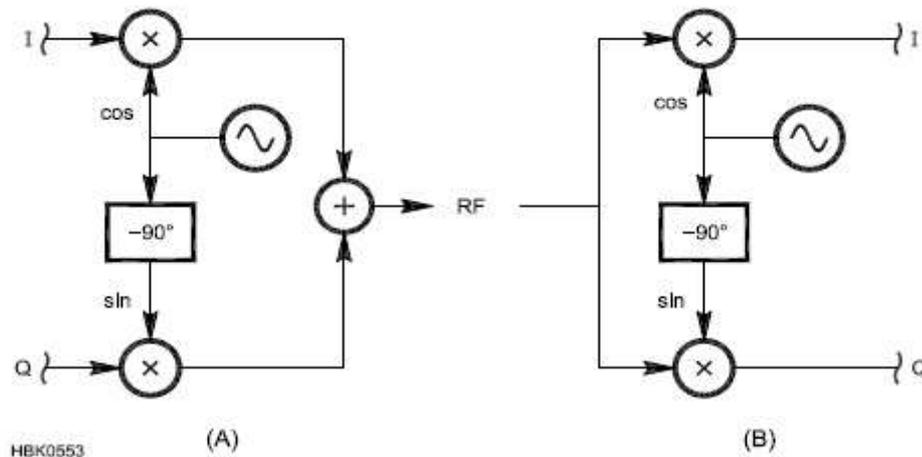


Gambar 2.11 Jenis umpan balik berbasis DSP dari AGC menunjukkan kombinasi titik kontrol gain analog dan digital.

Ini juga mungkin untuk menerapkan DDC pada FPGA. Perusahaan yang sama juga membuat digital up converters (DUC) yang melakukan konversi yang sama terbalik untuk pemancar. Beberapa DUC mereka bahkan termasuk kemampuan untuk melakukannya Encode beberapa format modulasi digital seperti GMSK, QPSK dan  $\pi / 4$  DQPSK.

## 2.8 I / Q Modulasi dan Demodulasi

Modulator I / Q hanyalah perangkat yang mengendalikan amplitudo dan fase sinyal RF secara langsung dari komponen fase-dalam (I) dan kuadratur (Q).



Gambar 2.12 I/Q modulator (A) dan demodulator (B).

Lihat Gambar 2.12A. Sebuah I / Q demodulator pada dasarnya adalah rangkaian yang sama secara terbalik. Ini menempatkan sinyal I dan Q yang mewakili komponen fase dan kuadratur dari sinyal RF yang masuk. Lihat Gambar 2.12B. Dengan asumsi osilator lokal demodulator berada pada frekuensi yang sama dan berada dalam fase dengan pembawa sinyal yang diterima maka output I / Q dari demodulator receiver secara teoritis identik dengan input I / Q di ujung pemancar.

Modulator I / Q dan demodulator dapat dibangun dengan komponen analog. Osilator Lokal (LO) Bisa jadi osilator transistor dan jaringan fasa  $90^\circ$  bisa diimplementasikan dengan koil dan kapasitor. Lingkaran dengan simbol perkalian akan menjadi mixer ganda. Tidak ditunjukkan dalam diagram adalah penyesuaian trim untuk menyeimbangkan amplitudo antara saluran I dan Q dan untuk menyesuaikan pergeseran fasa sedekat mungkin dengan  $90^\circ$ .

Tidak ada rangkaian analog yang sempurna. Jika jaringan fasa  $90^\circ$  tidak tepat  $90^\circ$  atau amplitudo saluran I dan Q tidak seimbang sempurna, Anda tidak melakukannya mendapat penolakan berlawanan dengan sideband. Output modulator mencakup sedikit sinyal pada sideband yang tidak diinginkan dan sinyal I / Q dari demodulator mencakup sinyal kecil yang berputar ke arah yang salah. Jika ada Gambar 2.12A - modulator I / Q (A) dan demodulator (B). Sebuah offset dc kecil di amplifier yang memberi makan input I / Q modulator, yang muncul sebagai umpan balik pembawa. Saat menerima, sebuah offset dc membuat demodulator berpikir ada sinyal kecil pada amplitudo dan sudut fasa konstan itu selalu ada bahkan saat tidak ada sinyal aktual yang diterima. Juga sirkuit analog bebas distorsi,

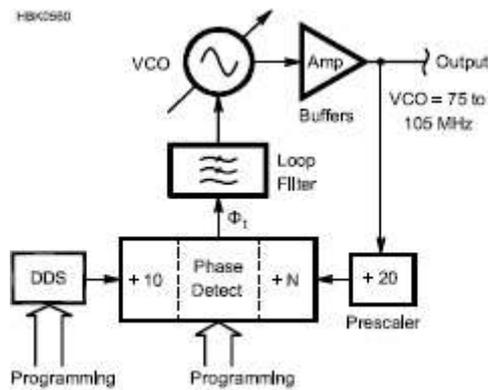
terutama mixer. Distorsi intermodulasi muncul sebagai out-of-channel "memercik" saat mengirim dan menerima respons saluran yang tidak diinginkan saat menerima. Semua masalah itu bisa dihindari oleh go-ing digital. Jika input analog I / Q ke Modulator diubah menjadi arus bilangan digital dengan sepasang ADC, maka mixer, osilator, jaringan fasa dan musim panas semuanya bisa digital. Pada banyak sistem, sinyal I dan Q juga dihasilkan secara digital, sehingga sinyal keluaran digital memiliki penolakan sideband yang tidak diinginkan, tidak ada umpan balik pembawa dan tidak ada distorsi dalam rentang dinamis yang diberikan oleh jumlah bit pada data.

Kata-kata Argumen serupa berlaku untuk demodulator digital. Jika sinyal RF yang masuk pertama didigitalkan dengan ADC, maka demodulasi dapat dilakukan secara digital tanpa adanya artifak yang disebabkan oleh ketidak sempurnaan pada rangkaian analog. Modulator I / Q sebagai alat yang mengubah sinyal analitik  $I + jQ$  menjadi sinyal skalar pada beberapa frekuensi RF. Spektrum sinyal I / Q, baik frekuensi positif maupun negatif, diterjemahkan ke atas dalam frekuensi sehingga dipusatkan pada frekuensi pembawa. dalam diagram fasor, setiap komponen sinyal I / Q yang berputar berlawanan arah jarum jam muncul di atas frekuensi pembawa dan komponen searah jarum jam.

## 2.9 Osilator Lokal

Dengan sampling RF langsung, osilator lokal digital biasanya diimplementasikan dengan synthesizer digital langsung, beroperasi secara total di perangkat keras digital. Operasi DDS dijelaskan sebelumnya di bagian generasi gelombang sinus. Chip DDS terpisah dengan DAC built-in kadang-kadang digunakan dalam SDRs IF-sampel dan juga beberapa analog Radio. Satu keuntungan bahwa osilator DDS memiliki lebih dari synthesizer fase-locked loop (PLL) frekuensi yang sangat cepat berubah. Itu penting dalam transceiver yang menggunakan osilator lokal yang sama baik untuk receiver maupun pemancar. Jika pemancar dan penerima disetel ke frekuensi yang berbeda, setiap kali rig mengunci frekuensi LO harus puas pada nilai barunya sebelum sinyal dikirimkan. Tahap noise clock DDS hanya Sama pentingnya dengan fase noise lokal Osilator di radio konvensional. Fase noise Muncul sebagai suara broadband yang berangsur-angsur

Mengurangi semakin jauh di dapatkan dari osilator Frekuensi. Pada penerima, fase noise menyebabkan fenomena yang disebut kebalikan Pencampuran, di mana sinyal off-channel yang kuat campuran dengan noise di luar saluran menyebabkan Sinyal palsu termodulasi suara untuk muncul dalam penerima passband Dalam banyak penerima, Pengukuran rentang dinamis adalah phasenoise- Terbatas karena respon palsu karena kebalikan pencampuran lebih keras dari produk distorsi. Salah satu cara untuk mengurangi noise fase dari DDS adalah dengan menggunakan konvensional PLL synthesizer untuk menghasilkan sinyal dengan langkah frekuensi yang besar dan menggabungkannya dengan synthesizer DDS untuk mendapatkan resolusi frekuensi finegrained, seperti yang disarankan pada Gambar 2.14 di bawah.



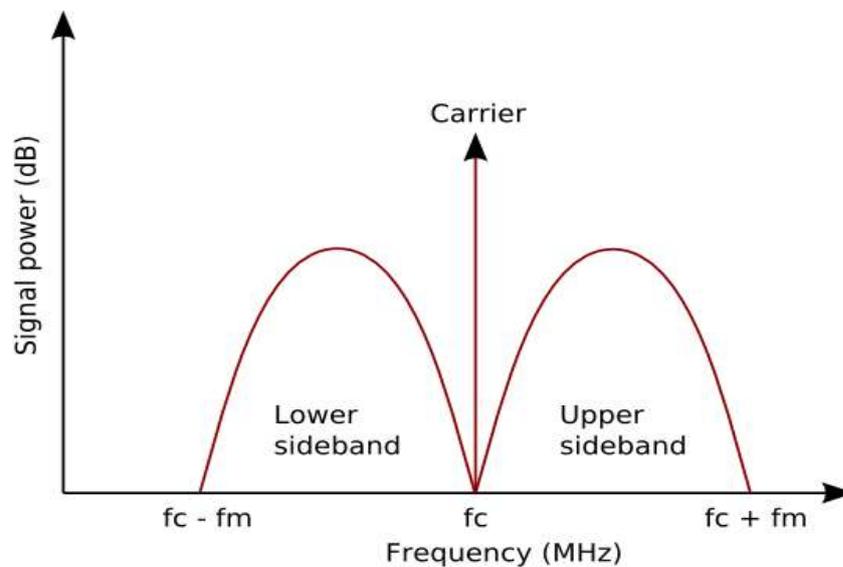
Gambar 2.13 - A hybrid DDS / PLL synthesizer.

Dengan cara ini, didapatkan suara fase dari DDS dan PLL dalam lingkaran Bandwidth dari PLL dan noise fase VCO di luar bandwidth itu. Satu keuntungan yang dimiliki PLL memiliki lebih dari satu osilator DDS adalah tingkat sinyal palsu yang lebih rendah. Spesifikasi DDS dengan spesifikasi wideband spurious-free dynamic range (SFDR) 60 dB akan lebih baik dari kebanyakan, tapi itu bisa menyebabkan respons palsu pada receiver hanya turun 60 dB. Teknik PLL / DDS hybrid dapat menekan reputasi ini juga.

## 2.10 Side Band

Dalam komunikasi radio, sideband adalah pita frekuensi yang lebih tinggi dari atau lebih rendah dari frekuensi pembawa, yang mengandung daya sebagai hasil proses modulasi. Sidebands terdiri dari semua komponen Fourier dari sinyal

termodulasi kecuali carrier. Semua bentuk modulasi menghasilkan sidebands. Modulasi amplitudo sinyal pembawa biasanya menghasilkan dua sidebands gambar cermin. Komponen sinyal di atas frekuensi pembawa merupakan sideband atas (USB), dan yang berada di bawah frekuensi pembawa merupakan sideband bawah (LSB). Misalnya, jika pembawa berkapasitas 900 kHz adalah amplitudo yang dimodulasi oleh sinyal audio 1 kHz, akan ada komponen pada 899 kHz dan 901 kHz serta 900 kHz pada spektrum Frekuensi Radio yang dihasilkan; Jadi bandwidth audio (katakanlah) 7 kHz akan membutuhkan bandwidth spektrum radio sebesar 14 kHz. Pada transmisi AM konvensional, seperti yang digunakan oleh stasiun AM "Broadcast Band", sinyal audio asli dapat dipulihkan ("terdeteksi") oleh sirkuit detektor sinkron atau oleh detektor amplop sederhana karena pembawa dan kedua sidebands ada. Ini kadang disebut modulasi amplitudo sideband ganda (DSB-AM), namun tidak semua varian DSB kompatibel dengan detektor amplop.

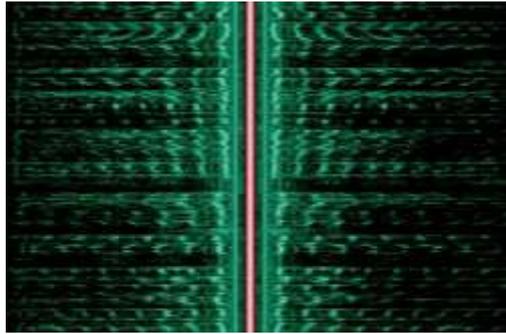


Gambar 2.14 Kekuatan sinyal AM diplot terhadap frekuensi

Dimana  $f_c$  adalah frekuensi pembawa,  $f_m$  adalah frekuensi modulasi maksimum. Dalam beberapa bentuk AM, pembawa dapat dikurangi, untuk menghemat daya. Istilah DSB - Reduced Carrier biasanya menyiratkan pembawa yang cukup tetap dalam transmisi untuk memungkinkan sirkuit penerima untuk meregenerasi pembawa yang kuat atau setidaknya menyinkronkan loop fase terkunci tapi ada bentuk dimana pengangkut dilepaskan sepenuhnya, menghasilkan sideband ganda dengan pembawa yang tertekan. (DSB-SC). Sistem pembawa yang

dipatenkan memerlukan sirkuit yang lebih canggih di receiver dan beberapa metode lain untuk menyimpulkan frekuensi pembawa asli. Contohnya adalah informasi stereopanis diferensial (LR) yang ditransmisikan dalam penyiaran FM stereo pada subcarrier 38 kHz di mana sinyal daya rendah pada separuh frekuensi pembawa 38 kHz dimasukkan antara frekuensi sinyal mono (sampai 15 kHz) dan bagian bawah Dari sub-pembawa informasi stereo (sampai 38-15 kHz, yaitu 23 kHz). Penerima secara lokal meregenerasi subcarrier dengan menggandakan nada pilot khusus 19 kHz. Dalam contoh lain, modulasi kuadratur yang digunakan secara historis untuk informasi kroma pada siaran televisi PAL, sinyal sinkronisasi adalah semburan singkat beberapa siklus pembawa selama bagian "teras belakang" dari setiap garis pemindaian saat tidak ada gambar yang ditransmisikan. Namun pada sistem DSB-SC lainnya, carrier dapat diregenerasi langsung dari sidebands oleh loop Costas atau loop kuadrat. Hal ini biasa terjadi pada sistem transmisi digital seperti BPSK dimana sinyal terus hadir.

Di SSB, carrier ditekan, mengurangi daya listrik secara signifikan (hingga 12 dB) tanpa mempengaruhi informasi di sideband. Hal ini membuat penggunaan daya pemancar dan bandwidth RF lebih efisien, namun osilator frekuensi yang mengalahkan harus digunakan pada receiver untuk menyusun kembali carrier. Jika frekuensi pembawa yang dilarutkan salah maka output receiver akan memiliki frekuensi yang salah, namun untuk ucapan (SSB tidak digunakan untuk musik), kesalahan frekuensi kecil tidak masalah untuk kejelasan. Cara lain untuk melihat receiver SSB adalah sebagai transposer frekuensi RF-to-audio: dalam mode USB, frekuensi dial dikurangkan dari masing-masing komponen frekuensi radio untuk menghasilkan komponen audio yang sesuai, sedangkan pada mode LSB setiap komponen frekuensi radio yang masuk adalah Dikurangi dari frekuensi dial.



Gambar 2.15 Sidebands terlihat dalam spectrogram siaran AM ini (pembawa diberi sorotan dengan warna merah, dua spektrum audio tercermin (hijau) adalah sideband bawah dan atas).

Sidebands juga bisa mengganggu saluran yang berdekatan. Bagian sideband yang akan tumpang tindih dengan saluran tetangga harus ditekan oleh filter, sebelum atau sesudah modulasi (sering keduanya). Dalam modulasi frekuensi pita Broadcast (FM), subcarrier di atas 75 kHz dibatasi pada sebagian kecil modulasi dan dilarang di atas 99 kHz untuk melindungi deviasi normal  $\pm 75$  kHz dan batas saluran  $\pm 100$  kHz. Radio amatir dan pemancar FM umum umumnya menggunakan deviasi  $\pm 5$  kHz.

Modulasi frekuensi juga menghasilkan sidebands, bandwidth yang dikonsumsi tergantung pada indeks modulasi - seringkali membutuhkan bandwidth yang jauh lebih tinggi daripada DSB. Fungsi Bessel dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan bandwidth transmisi FM.

## 2.11 Single Side Band Modulasi

Dalam komunikasi radio, modulasi single-sideband modulasi (SSB) atau single-sideband suppressed-carrier modulation (SSB-SC) adalah jenis modulasi, digunakan untuk mentransmisikan informasi, sinyal audio, dengan gelombang radio. Ini adalah penyempurnaan modulasi amplitudo yang menggunakan daya pemancar dan bandwidth lebih efisien. Modulasi amplitudo menghasilkan sinyal output yang memiliki dua kali bandwidth sinyal baseband asli. Modulasi single-sideband menghindari penggandaan bandwidth ini, dan daya terbuang pada carrier, dengan biaya peningkatan kompleksitas perangkat dan tuning yang lebih sulit pada receiver.

### 2.11.1 Konsep Dasar Single Side Band

Pemancar radio bekerja dengan mencampur sinyal frekuensi radio (RF) dari frekuensi tertentu, gelombang pembawa, dengan sinyal yang akan disiarkan. Hasilnya adalah sekumpulan frekuensi dengan sinyal puncak yang kuat pada frekuensi pembawa, dan sinyal yang lebih kecil dari frekuensi pembawa ditambah frekuensi maksimum sinyal, dan frekuensi pembawa dikurangi dengan frekuensi maksimum sinyal. Artinya, sinyal yang dihasilkan memiliki spektrum dengan dua kali bandwidth sinyal input asli. Di radio AM konvensional, sinyal ini kemudian dikirim ke penguat frekuensi radio, lalu ke antena siaran. Karena sifat proses amplifikasi, kualitas sinyal yang dihasilkan dapat ditentukan oleh perbedaan antara energi sinyal minimum dan maksimum. Biasanya energi sinyal maksimum akan menjadi pembawa sendiri, mungkin dua kali lebih kuat dari sinyal campuran.

Pemancar radio bekerja dengan mencampur sinyal frekuensi radio (RF) dari frekuensi tertentu, gelombang pembawa, dengan sinyal yang akan disiarkan. Hasilnya adalah sekumpulan frekuensi dengan sinyal puncak yang kuat pada frekuensi pembawa, dan sinyal yang lebih kecil dari frekuensi pembawa ditambah frekuensi maksimum sinyal, dan frekuensi pembawa dikurangi dengan frekuensi maksimum sinyal. Artinya, sinyal yang dihasilkan memiliki spektrum dengan dua kali bandwidth sinyal input asli. Di radio AM konvensional, sinyal ini kemudian dikirim ke penguat frekuensi radio, lalu ke antena siaran. Karena sifat proses amplifikasi, kualitas sinyal yang dihasilkan dapat ditentukan oleh perbedaan antara energi sinyal minimum dan maksimum. Biasanya energi sinyal maksimum akan menjadi pembawa sendiri, mungkin dua kali lebih kuat dari sinyal campuran.

SSB mengambil keuntungan dari fakta bahwa seluruh sinyal asli dikodekan dalam salah satu sidebands ini. Tidak perlu menyiarkan keseluruhan sinyal campuran, receiver yang sesuai dapat mengekstrak seluruh sinyal dari sideband bagian atas atau bawah. Ini berarti amplifier bisa digunakan jauh lebih efisien. Pemancar dapat memilih hanya mengirim sideband atas atau bawah, bagian dari sinyal di atas atau di bawah carrier. Dengan demikian, amplifier hanya harus bekerja secara efektif pada satu setengah bandwidth, yang umumnya lebih mudah diatur. Lebih penting lagi, dengan carrier yang ditekan sebelum mencapai penguat, ia dapat memperkuat sinyal itu sendiri ke energi yang lebih tinggi, tidak membuang

energi untuk memperkuat sinyal, pembawa, yang dapat (dan akan) diciptakan kembali oleh penerima.

Akibatnya, transmisi SSB menggunakan energi penguat yang ada lebih efisien, memberikan transmisi jarak jauh dengan sedikit atau tanpa biaya tambahan. Penerima biasanya memilih salah satu dari dua sidebands untuk memperkuatnya, jadi menerapkan SSB di receiver hanyalah masalah membiarkannya memilih sideband mana yang akan diperkuat pada penerimaan, bukan hanya memilih satu atau yang lain pada tahap perancangan. Single-sideband memiliki bentuk matematis modulasi amplitudo kuadratur (QAM) dalam kasus khusus dimana salah satu bentuk gelombang baseband diturunkan dari yang lain, alih-alih menjadi pesan independen :

$$s_{ssb}(t) = s(t) \cdot \cos(2\pi f_0 t) \pm \hat{s}(t) \cdot \sin(2\pi f_0 t),$$

Dimana  $s(t)$  Adalah pesan,  $\hat{s}(t)$  Adalah Hilbert transform, dan  $f_0$  Adalah frekuensi pembawa radio.

Untuk memahami rumus ini, kita dapat mengungkapkan  $s(t)$  sebagai jumlah dari dua fungsi bernilai kompleks:

$$s(t) = \underbrace{\frac{1}{2}(s(t) + j \cdot \hat{s}(t))}_{s_a(t)} + \underbrace{\frac{1}{2}(s(t) - j \cdot \hat{s}(t))}_{s_a^*(t)},$$

Dimana  $j$  mewakili unit imajiner,  $s_a(t)$  Adalah representasi analitik dari  $s(t)$  Adalah konjugat kompleksnya. Representasi ini terbagi  $s(t)$  ke komponen frekuensi non-negatif dan komponen frekuensi non-positifnya. Dengan kata lain:

$$\frac{1}{2}S_a(f) = \begin{cases} S(f), & \text{for } f > 0, \\ 0, & \text{for } f < 0, \end{cases}$$

Dimana:  $S_a(f)$  dan  $S(f)$  Adalah transformasi Fourier masing – masing  $S_a$  dan  $s(t)$ . Fungsi yang diterjemahkan frekuensi  $S_a(f - f_0)$  Hanya berisi satu sisi  $S(f)$ . Karena hanya memiliki komponen frekuensi positif, maka transformasi Fourier terbalik adalah representasi analitik dari  $S_{ssb}(t)$  :

$$\mathcal{F}^{-1}\{S_a(f - f_0)\} = s_a(t) \cdot e^{j2\pi f_0 t} = s_{ssb}(t) + j \cdot \hat{s}_{ssb}(t).$$

Karena itu, dengan formula Euler untuk berkembang  $e^{j2\pi f_0 t}$  didapatkan Persamaan 1.

$$\begin{aligned}
s_{ssb}(t) &= \text{Re}\{s_a(t) \cdot e^{j2\pi f_0 t}\} \\
&= \text{Re}\{[s(t) + j \cdot \hat{s}(t)] \cdot [\cos(2\pi f_0 t) + j \cdot \sin(2\pi f_0 t)]\} \\
&= s(t) \cdot \cos(2\pi f_0 t) - \hat{s}(t) \cdot \sin(2\pi f_0 t).
\end{aligned}$$

Demodulasi koheren dari  $S_{ssb}(t)$  untuk memulihkan  $S(t)$  Sama seperti AM: dikalikan dengan  $\cos(2\pi f_0 t)$ , dan lowpass untuk menghapus komponen "frekuensi ganda" di sekitar frekuensi  $2f_0$ . Jika pembawa demodulasi tidak berada dalam fase yang benar (fase kosinus di sini), maka sinyal yang didemodulasi akan menjadi kombinasi linier dari  $S(t)$  dan, Yang biasanya dapat diterima dalam komunikasi suara (jika frekuensi pembawa demodulasi tidak tepat, fase akan melayang siklik, yang sekali lagi dapat diterima dalam komunikasi suara jika kesalahan frekuensi cukup kecil, dan operator radio amatir kadang-kadang toleran terhadap bahkan Kesalahan frekuensi yang lebih besar yang menyebabkan efek pergeseran pitch yang tidak wajar;

**Lower Side Band**  $S(t)$  Juga dapat dipulihkan sebagai bagian nyata kompleks-konjugasi,  $s_t^*(t)$  Yang mewakili bagian wpfrekuensi negatif dari  $S(f)$ . Ketika  $f_0$  Cukup besar itu  $S(f - f_0)$  Tidak memiliki frekuensi negatif, produk  $s_t^*(t) \cdot e^{j2\pi f_0 t}$  Adalah sinyal analitik lain, yang sebenarnya merupakan transmisi sideband yang paling rendah:

$$\begin{aligned}
s_a^*(t) \cdot e^{j2\pi f_0 t} &= s_{lsb}(t) + j \cdot \hat{s}_{lsb}(t) \\
s_{lsb}(t) &= \text{Re}\{s_a^*(t) \cdot e^{j2\pi f_0 t}\} \\
&= s(t) \cdot \cos(2\pi f_0 t) + \hat{s}(t) \cdot \sin(2\pi f_0 t).
\end{aligned}$$

Perhatikan bahwa jumlah dari dua sinyal sideband adalah:

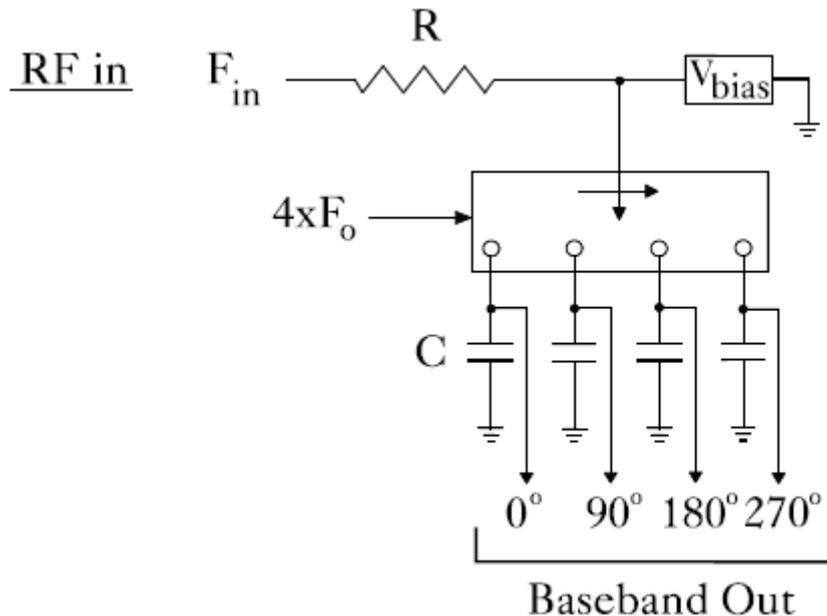
$$2s(t) \cdot \cos(2\pi f_0 t)$$

Yang merupakan model klasik dari carrier double carrier AM yang tertekan.

## 2.12 Tayloe Detector

Batas frekuensi atas detektor produk diatur oleh kemampuan FET untuk dihidupkan hanya seperempatnya. Siklus RF yang masuk diubah menjadi baseband. Frekuensi maksimum yang berguna untuk detektor ini mudah meluas sampai minimal 10

GHz. Pendamping I-Q kuadratur upconverter sangat sederhana dan memungkinkan konversi sinyal kuadratur baseband ke RF dengan kehilangan konversi yang kecil.



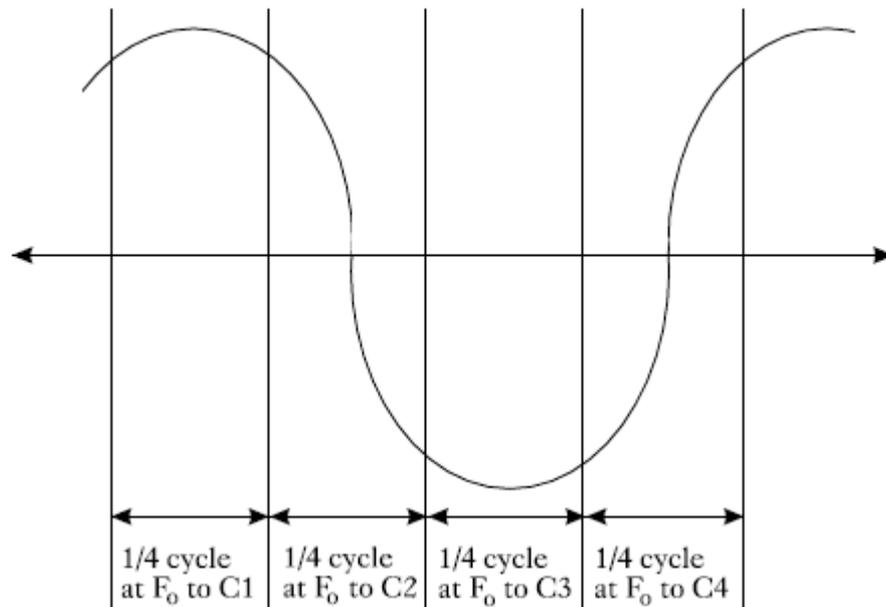
Gambar 2.16 Taylor Quadrature Product Detector

Detektor produk dasar ditunjukkan pada gambar 2.16 Perhatikan bahwa detektor sangat sederhana dalam disain. Sinyal RF masuk disalurkan melalui resistor umum,  $R$  dan multiplexer RF commutating, ke salah satu dari empat kapasitor deteksi,  $C$ . Ini 1-of-empat multiplexer dikomunikasikan pada tingkat frekuensi deteksi yang diinginkan sebanyak empat kali. Frekuensi commutating  $4x$  menyebabkan setiap kapasitor melihat seperempat siklus masukan RF pada frekuensi deteksi yang diinginkan.

Mixer umumnya menghasilkan jumlah dan perbedaan keluaran. Dalam aplikasi nol jika, perbedaan frekuensi digunakan, sementara jumlah tersebut dibuang. Oleh karena itu, kehilangan konversi menggunakan mixer ideal minimal 3 db, dengan kerugian konversi khas 4-6 db.

Sebaliknya, desain ini bukan mixer, tapi bisa digambarkan sebagai "switching integrator", yang hanya menghasilkan perbedaan frekuensi. input  $R$  dan deteksi tertentu  $C$  bertindak bersama sebagai integrator, rata-rata memberi sinyal pada sampel siklus triwulan ke kapasitor pendeteksi. Gambar 2.17 menunjukkan

gelombang sinus yang terjadi dengan frekuensi yang sama dengan detektor yang disetel, dan dengan penahanan penahanan yang akan menghasilkan tegangan positif maksimum pada kapasitor pertama, voltase nol pada kapasitor kedua dan keempat, dan maksimum Tegangan negatif pada kapasitor ketiga.



Gambar 2.17 Satu siklus gelombang sinus pada frekuensi sampel  $f_0$

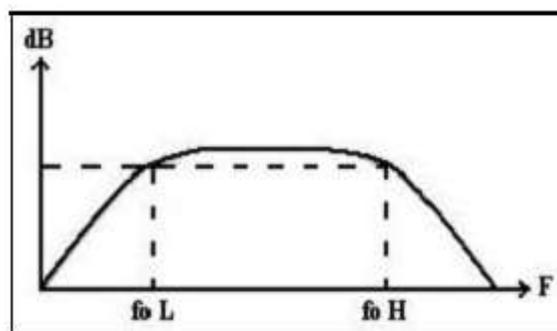
Melakukan integrasi selama siklus puncak seperempat gelombang sinus ini menunjukkan bahwa tegangan yang terdeteksi maksimum akan menjadi sekitar 0,9002 kali tegangan puncak gelombang sinus. Oleh karena itu, kehilangan deteksi sekitar 0,9 db.

Jika frekuensi sinyal masuk bergeser sedikit dari frekuensi pendeteksian yang tepat, tegangan yang dihasilkan pada kapasitor pendeteksi tidak akan lagi diam, namun akan melayang seiring waktu, mengikuti perbedaan frekuensi antara sinyal masuk dan frekuensi pendeteksian.

### 2.13 Filter

Filter digunakan untuk membuang sinyal-sinyal yang tidak diinginkan. Untuk dapat menghilangkan sinyal-sinyal tersebut dibutuhkan suatu rangkaian yang tersusun dari komponen seperti resistor, kapasitor, induktor, op-amp dan lain-lain. Dengan menentukan frekuensi cut off-nya, dapat membuang sinyal-sinyal yang tidak diinginkan. Frekuensi cut off adalah titik potong frekuensi yang tidak diinginkan dimana terjadi penurunan gain sebesar 3 dB. Dalam mendesain suatu filter, dapat ditentukan seberapa tingkat kecuraman slope dari filter yang di rancang. Yang dimaksud dengan dB/dec adalah besarnya penurunan *gain* terhadap setiap decade (kelipatan 10) dari frekuensi *cut off*-nya.

a. **Band Pass filter** adalah sebuah filter yang mampu melewatkan *range* suatu frekuensi, sehingga terdapat dua titik frekuensi *cut off*-nya yaitu *cut off* pada frekuensi bawah dan *cut off* pada frekuensi atas.



Gambar 2.18 Kurva Band Pass Filter

Sebuah band-pass filter merupakan perangkat yang melewati frekuensi dalam kisaran tertentu dan menolak (*attenuates*) frekuensi di luar kisaran tersebut. Sebuah contoh dari analog elektronik band-pass filter adalah sirkuit RLC (*a resistorinduktor- kapasitor sirkuit*). Filter ini juga dapat dibuat dengan menggabungkan pass filter rendah dengan pass filter tinggi.

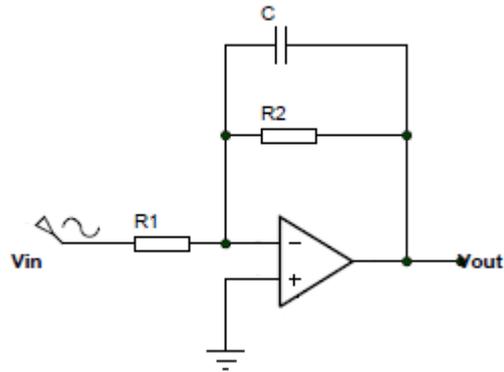
Sebuah filter *bandpass* ideal akan memiliki benar-benar datar passband dan sepenuhnya akan melemahkan semua frekuensi di luar passband itu. Dalam prakteknya, tidak ada filter bandpass ideal. Filter ini tidak melemahkan semua frekuensi di luar rentang frekuensi yang dikehendaki seluruhnya, khususnya, ada wilayah di luar passband dimaksudkan di mana frekuensi yang dilemahkan, tetapi tidak ditolak. Hal ini dikenal sebagai filter roll-off, dan biasanya dinyatakan dalam dB redaman per oktaf atau dekade frekuensi. Secara umum, desain filter berusaha untuk membuat roll-off sebagai sempit mungkin, sehingga memungkinkan untuk melakukan filter sedekat mungkin dengan desain yang diinginkan. Seringkali, ini dicapai dengan mengorbankan pass-band atau menghentikan *riak*.

#### ***b. LowPass Filter Aktif***

Low pass filter digunakan untuk meneruskan sinyal berfrekuensi rendah dan meredam sinyal berfrekuensi tinggi. Sinyal dapat berupa sinyal listrik seperti perubahan tegangan maupun data-data digital seperti citra dan suara. Untuk sinyal listrik, low-pass filter direalisasikan dengan meletakkan kumparan secara seri dengan sumber sinyal atau dengan meletakkan kapasitor secara paralel dengan sumber sinyal. Contoh penggunaan filter ini adalah pada aplikasi audio, yaitu pada peredaman frekuensi tinggi (yang biasa digunakan pada tweeter) sebelum masuk speaker bass atau subwoofer (frekuensi rendah). Kumparan yang diletakkan secara seri dengan sumber tegangan akan meredam frekuensi tinggi dan meneruskan frekuensi rendah, sedangkan sebaliknya kapasitor yang diletakkan seri akan meredam frekuensi rendah dan meneruskan frekuensi tinggi. Untuk sinyal berupa data-data digital dapat difilter dengan melakukan operasi matematika seperti konvolusi. Finite Impuls Respons (FIR) dan Infinite Impulse Response (IIR) adalah algoritma untuk memfilter sinyal digital.

Contoh aplikasi low-pass filter pada sinyal digital adalah memperhalus gambar dengan Gaussian blur.

Berikut ini rangkaian untuk low pass filter aktif:



Gambar 2.19 Rangkaian Low Pass Filter

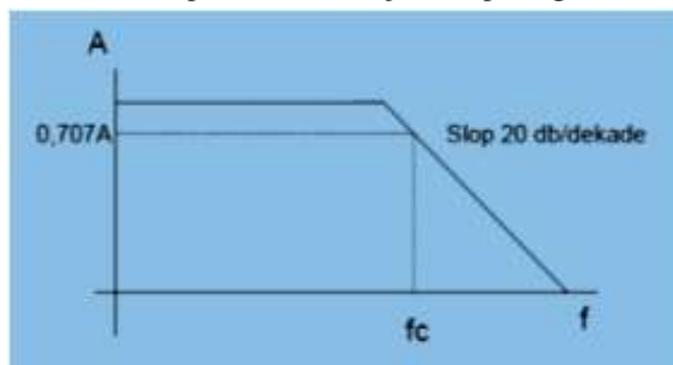
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_2}{Z_1} \quad (1)$$

Dimana  $Z_1 = R_1$  dan  $Z_2 = \frac{R_2}{(1+j\omega CR_2)}$

Adapun faktor penguatannya adalah

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{1}{j\omega CR_2} \right) \quad (2)$$

Diagram bode untuk low pass filter ditunjukkan pada gambar di bawah ini



Gambar 2.20 Diagram Bode Low Pass Filter

Frekuensi sudut  $f_c$  terjadi saat  $\omega CR_2 = 1$  dan  $A = 0,7 A$ . Maka,

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_2 C} \quad (3)$$

Setelah  $f_c$  maka A turun 20 dB setiap kenaikan 10 kali frekuensinya (dekade).

$$dB = 20 \log A = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (4)$$

## 2.14 Relay

Relay adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Kontaktor akan tertutup (menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar, pergerakan kontaktor (on atau off) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.

Relay yang paling sederhana ialah relay elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Secara sederhana relay elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut.

- Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup atau membuka kontak saklar.
- Saklar yang digerakkan secara mekanis oleh daya atau energi listrik.

Sebagai komponen elektronika, relay mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian relay dapat berfungsi sebagai pengaman.

Relay terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

1. Common, merupakan bagian yang tersambung dengan Normally Close (dalam keadaan normal).
2. Koil (kumparan), merupakan komponen utama relay yang digunakan untuk menciptakan medan magnet.
3. Kontak, yang terdiri dari Normally Close dan Normally Open.

### 2.14.1 Fungsi Relay

Fungsi atau kegunaan relay dalam dunia elektronika sebenarnya juga sama seperti dalam teknik listrik. Hanya saja kebanyakan relay yang digunakan dalam teknik elektronika adalah relay dengan voltase kecil seperti 6 Volt, 12 Volt, 24 Volt berbeda dengan teknik listrik yang memakai relay 220 Volt dan 110 Volt. Namun ada juga dalam teknik elektronika yang memakai relay dengan voltase tinggi. Walau ada perbedaan pemakaian voltase pada relay, sebenarnya relay memiliki fungsi atau kegunaan yang sama yakni sebagai alat pengganti saklar yang bekerja untuk mengontrol atau membagi arus listrik ataupun sinyal lain ke sirkuit rangkaian lainnya.

Secara garis besar, fungsi relay adalah sebagai berikut.

- Kontrol tegangan tinggi rangkaian dengan sinyal bertegangan rendah, seperti dalam beberapa jenis modem atau audio amplifier.
- Kontrol sebuah rangkaian arus tinggi dengan sinyal arus rendah, seperti pada solenoid starter dari sebuah mobil.
- Mendeteksi dan mengisolasi kesalahan pada jalur transmisi dan distribusi dengan membuka dan menutup pemutus rangkaian (perlindungan relay).
- Sebuah kumpulan relay DPDT AC dengan kemasan “ice cube”.
- Isolasi mengendalikan rangkaian dari rangkaian yang dikontrol ketika kedua berada pada potensi yang berbeda, misalnya ketika mengendalikan sebuah perangkat bertenaga utama dari tegangan rendah switch. Yang terakhir ini sering digunakan untuk mengontrol pencahayaan kantor sebagai kawat tegangan rendah dapat dengan mudah diinstal di partisi, yang dapat dipindahkan sesuai kebutuhan sering berubah. Mereka mungkin juga akan dikendalikan oleh hunian kamar detektor dalam upaya untuk menghemat energi.
- Logika fungsi. Sebagai contoh, DAN fungsi boolean direalisasikan dengan menghubungkan relay normal kontak terbuka secara seri, maka fungsi ATAU dengan menghubungkan normal kontak terbuka secara paralel. Perubahan atas atau Formlir C kontak melakukan XOR fungsi. Fungsi yang sama untuk NAND dan NOR yang dicapai dengan menggunakan

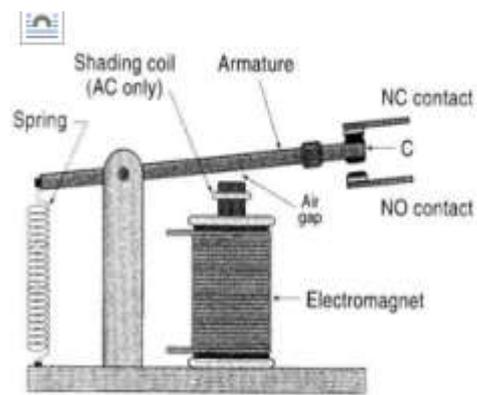
kontak normal tertutup. Tangga bahasa pemrograman yang sering digunakan untuk merancang jaringan logika relay.

- Awal komputasi. Sebelum tabung vakum dan transistor, relay digunakan sebagai unsur-unsur logis dalam komputer digital.
- Safety logika kritis. Karena relay jauh lebih tahan daripada semikonduktor radiasi nuklir, mereka banyak digunakan dalam keselamatan logika kritis, seperti panel kontrol penanganan limbah radioaktif mesin.
- Waktu tunda fungsi. Relay dapat dimodifikasi untuk menunda pembukaan atau penutupan menunda satu set kontak. Yang sangat singkat (sepersekian detik) penundaan ini akan menggunakan tembaga disk antara anker dan bergerak blade perakitan. Arus yang mengalir dalam disk mempertahankan medan magnet untuk waktu yang singkat, memperpanjang waktu rilis. Untuk sedikit lebih lama (sampai satu menit) keterlambatan, sebuah dashpot digunakan. Sebuah dashpot adalah sebuah piston diisi dengan cairan yang diperbolehkan untuk melarikan diri perlahan-lahan. Jangka waktu dapat divariasikan dengan meningkatkan atau menurunkan laju aliran. Untuk jangka waktu lebih lama, mesin jam mekanik timer diinstal.

#### 2.14.2 Cara Kerja Relay

Relay merupakan komponen listrik yang memiliki prinsip kerja magnet dengan induksi listrik. Relay terdiri atas bagian-bagian utama sebagai berikut.

- a. *Coil* atau Kumparan, merupakan gulungan kawat yang mendapat arus listrik. adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*.
- b. *Contact* atau Penghubung, adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di coil. *Contact* ada 2 jenis : *Normally Open* (kondisi awal sebelum diaktifkan open), dan *Normally Closed* (kondisi awal sebelum diaktifkan close).



Gambar 2.21 Cara kerja Relay

Cara kerja relay adalah sebagai berikut :

- a. Saat Coil mendapatkan energi listrik (energized) akan menimbulkan gaya elektromagnetik.
- b. Gaya magnet yang ditimbulkan akan menarik plat/lengan kontak (armature) berpegas (bersifat berlawanan), sehingga menghubungkan 2 titik contact.

## BAB III

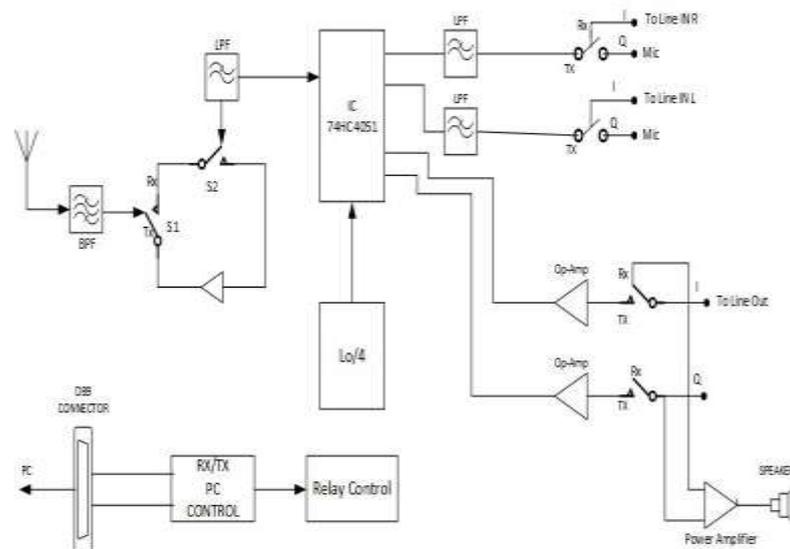
### PERANCANGAN ALAT

#### 3.2 Pendahuluan

Pada bab ini akan membahas mengenai peancangan SDR Transceiver. Perancangan ini akan di implementasikan konsep dan teori dasar yang telah di bahas sebelumnya, sehingga tujuan dari perencanaan dapat tercapai dengan baik. Untuk itu pembahasan di fokuskan pada desain yang di rencanakan pada diagram blok sistem.

#### 3.2 Perancangan Sistem

Sistem yang akan di rancang harus mengacu pada blok diagram yang telah di buat oleh penulis. Diagram blok sistem dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Blok diagram SDR transceiver

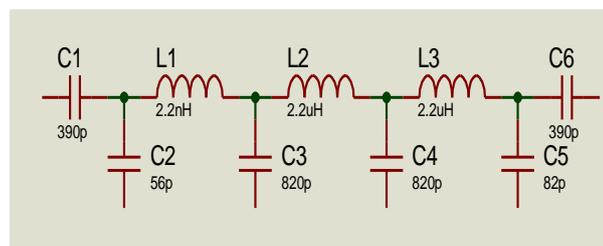
Berdasarkan blok diagram diatas, maka di jelaskan sebagai berikut: Antena berfungsi menangkap sinyal-sinyal bermodulasi yang berasal dari antenna pemancar, kemudian frekuensi tersebut otomatis terhubung khusus pada penerima(RX), pada FLO/4 di olah ke tayloe detector kemudian frekuensi kerja osilator di bagi 4, pada penerima tayloe sinyal I/Q frekuensi yang di butuhkan maksimal 192KHz, Sinyal LO fase-bergeser yang mendorong detektor. Empat sinyal audio muncul dalam

poli-fase, 0, 90, 180 dan 270 derajat. IC Taylor dan ini masuk ke input relatif dari amplifier diferensial noise rendah. Hanya 0 dan 90 derajat. Relay control untuk mengontrol saklar pada TX/RX pada rangkaian low pass aktif yang menggunakan op-amp digunakan untuk meneruskan sinyal berfrekuensi rendah dan meredam sinyal berfrekuensi tinggi. Sinyal dapat berupa sinyal listrik seperti perubahan tegangan maupun data-data digital seperti citra dan suara, kemudian di frekuensinya dikuatkan lagi pada amplifier yang berfungsi digunakan untuk menyearahkan getaran/ sinyal AF serta meningkatkan level sinyal audio dan kemudian diteruskan penguat Audio Frekuensi (AF) ke suatu penguat suara.

### 3.3 Band Pass Filter

Band Pass Filter adalah filter yang hanya melewatkan sinyal - sinyal yang frekuensinya tercantum dalam pita frekuensi atau pass band tertentu. Design rancangan *Band Pass filter* menggunakan rangkaian *High Pass filter* dan *Low Pass filter* sesuai skema rangkaian.

Ada berbagai varian filter yang berbeda yang dapat digunakan bergantung pada persyaratan dalam hal riak band, tingkat di mana putaran akhir tercapai, dan lain-lain. Tipe yang digunakan di sini adalah konstanta-k dan ini menghasilkan beberapa persamaan yang dapat diatur:



Gambar 3.2 Rangkaian *Band Pass Filter/Filter pi*

Adapun rumus secara matematis, di tentukan sebagai berikut:

Diketahui :

$$L = Z_0 / (\pi \times F_c) \text{ Henries}$$

$$C = 1 / (Z_0 \times \pi \times F_c) \text{ Farad}$$

$$F_c = 1 / (\pi \times \text{akar kuadrat} (L \times C)) \text{ Hz}$$

Dimana

$Z_0$  = karakteristik impedansi dalam ohm

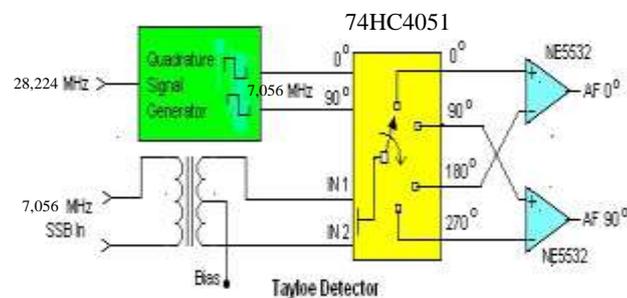
$C$  = Kapasitansi pada Farad

$L$  = Induktansi pada Henries

$F_c$  = Frekuensi cutoff di Hertz

### 3.4 Tayloe Detector

Detektor peredam kuadratur memberikan pasangan keluaran I & Q (pada fase dan "quadrature" 90 deg lag - sinyal). Tayloe Detector dapat dianggap sebagai saklar putar empat posisi.



Gambar 3.3 Blok Diagram Tayloe Detector

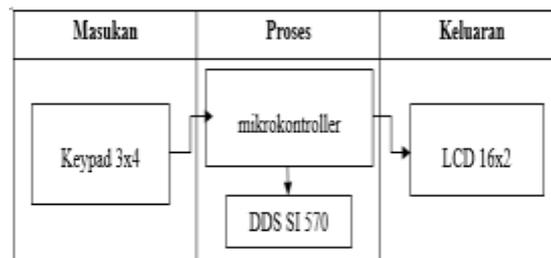
Osilator Lokal diumpunkan ke gerbang Eksklusif atau yang pada gilirannya membuat flip / flop D, sebuah kabel 74AC74 sebagai Counter Johnson. Dari output Q satu setengah dan output Q tidak ada pada separuh lainnya datang sinyal pada frekuensi 1/4, 90 degs. Keluar dari fase yang memberi sinyal masukan RF ke masing-masing dari empat keluaran yang diaktifkan dari IC 74HC4051 setiap siklusnya. Sinyal gelombang persegi ini berada dalam kuadratur dan benar-benar menerapkan kode biner dua bit 00, 01, 11 dan 10 secara berurutan ke IC 74HC4051 yang menyediakan multiplexing 1 in 4.

Dengan mengubah level pada input dua gerbang Eksklusif lainnya, dapat diputuskan apakah output Q dari satu D flip / flop 'A' mengarah atau ketinggalan output dari Q Tidak dari Flip Flop / flop 'B' yang lain dan ini Menyediakan pilihan Sideband atas atau bawah. Gerbang X-or keempat melalui perpindahan tingkat input mendorong chip tersebut mengaktifkan pin chip IC 74HC4051 untuk mengendalikan fungsi pengiriman / penerimaan Mixer Tayloe. Di sisi exciter,

empat fase sinyal audio, 0, 90, 180 dan 270 degs. Dari papan pemutus fase transmisi mengirimkan dua amplifier TL082 yang menerapkan sinyal AF untuk modulasi oleh pemancar mentransmisikan Tayloe. Operasi mixer dalam kasus ini berlawanan dengan fungsi receive. Di sini dua sinyal dalam empat jam kuadratur empat switch secara berurutan, sampling audio pada input setiap siklus LO 7,056 MHz. Penggabungan sinyal dalam hasil keluaran pada redaman sideband yang tidak diinginkan pada tingkat RF. Pins 9 dan 7 menerima IC NE5532 dan mengirimkan IC NE5532 dikonfigurasi dalam pull-push dan dihubungkan ke trafo toroida trifilar yang menyediakan impedansi impedansi 1: 4.

### 3.5 DDS SI 570

Pada perancangan frekuensi berbasis DDS SI 570 dan SDR ini, maka akan di jelaskan pada blok diagram sebagai berikut:



Gambar 3.4 Blok diagram DDS

Gambar 3.1 menjelaskan bahwa pada pembangkit frekuensi menggunakan DDS SI570 hasilnya ditampilkan pada LCD yang bertujuan untuk mengetahui berapa frekuensi yang dihasilkan pada saat pengukuran. Pada awalnya akan dikirim melalui frekuensi monitor yang kemudian akan diolah mikrokontroler. Dari hasil pengolahan mikrokontroler akan dikirim ke module SDR untuk dikuatkan sehingga output adalah frekuensi. Frekuensi berarti angka (bilangan) yang menunjukkan seberapa kali suatu variabel (yang dilambangkan dengan angka-angka tersebut). Atau berapa kali-kah suatu variabel muncul dalam deretan angka tersebut.

### 3.5.1 Masukan

Pada bagian masukan (*input*) terdapat perangkat yang berfungsi untuk memberikan masukan bagi arduino sesuai dengan fungsinya. Masukan (*input*) dari sistem ini yaitu keypad 3x4. Keypad 3x4 adalah Sebuah tombol sering dibutuhkan untuk memberi masukan pada sistem Arduino, dan keypads tipe membran untuk banyak aplikasi karena kurus dan bisa dipasang dengan mudah.

### 3.5.2 Proses

Arduino Uno digunakan sebagai pemroses data yang dimasukkan dari keypad berupa angka yang akan ditampilkan pada LCD, pada arduino akan mengirim data ke DDS SI 570 untuk dibangkitkan kemudian frekuensi tersebut akan ditampilkan pada LCD.

### 3.5.3 Keluaran

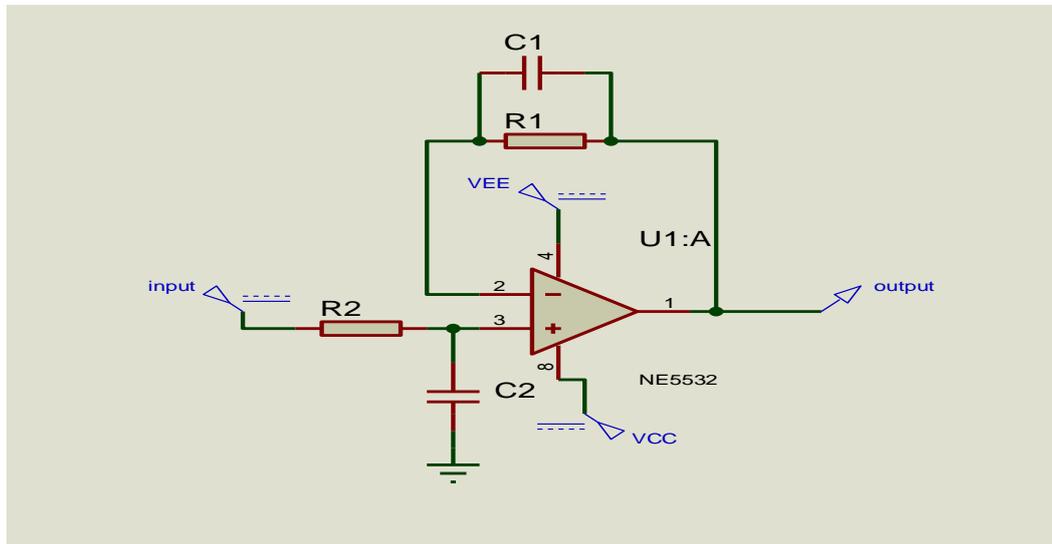
Bagian keluaran adalah bagian yang merupakan hasil eksekusi perangkat dan bertindak sebagai hasil dari kinerja perangkat sesuai dengan keinginan perancang. Pada bagian keluaran menggunakan LCD 16x2 yang akan menampilkan frekuensi yang dimasukkan dari keypad.

## 3.6 Rangkaian Low Pass Filter Aktif

Low pass filter (LPF) berfungsi meneruskan sinyal input yang frekuensinya berada dibawah frekuensi tertentu, diatas frekuensi tersebut (frekuensi cut off) sinyal akan diredam (FcoL). Low pass filter merupakan rangkaian filter yang memberikan redaman sangat kecil pada frekuensi di bawah frekuensi cut-off (-3dB ) yang telah ditentukan, sedangkan frekuensi di atas frekuensi cut-off akan mendapatkan redaman yang sangat besar. Lebih sederhana-nya, hanya frekuensi rendah saja yang dapat melewati rangkaian filter ini.

Jumlah aktual redaman untuk setiap frekuensi bervariasi dari filter untuk menyaring. Kadang-kadang disebut cut-tinggi filter, atau dipotong treble filter bila digunakan dalam aplikasi audio. low-pass filter adalah kebalikan dari yang tinggi-

pass filter, dan band-pass filter adalah kombinasi dari lulus-rendah dan yang tinggi-pass. Konsep low-pass filter ada dalam berbagai bentuk, termasuk sirkuit elektronik (seperti desis filter yang digunakan dalam audio), algoritma digital untuk set smoothing data, hambatan akustik, kabur gambar, dan sebagainya.



Gambar 3.5 Low Pass Filter Aktif

Persamaan untuk menghitung frekuensi cut-off pada rangkaian low pass filter kapasitif adalah sebagai berikut:

Frekuensi cut-off filter low pass filter aktif ( $f_c$ ) :

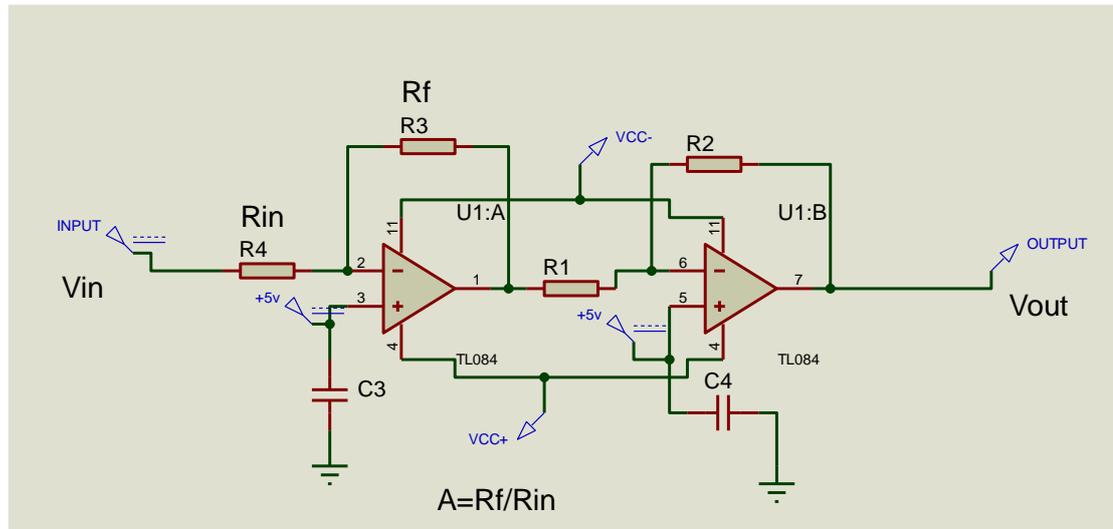
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Penguatan filter low pass (AF) :

$$A_F = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

### 3.7 RANGKAIAN PENGUAT OPERASIONAL AMPLIFIER INVERTING

Pada sata merancang sdr maka terdapat dalam rangkaiannya yaitu rangkaian op amplifier menggunakan IC TL084 seperti gambar di bawah.



Gambar 3.6 Rangkaian Operasional Amplifier

**Rangkaian penguat membalik** diatas merupakan rangkaian dasar inverting amplifier yang menggunakan sumber tegangan simetris. Secara matematis besarnya faktor penguatan (A) pada **rangkaian penguat membalik** adalah  $(-R_f/R_{in})$  sehingga besarnya tegangan output secara matematis adalah :

$$V_{out} = V_{in} \cdot \left( -\frac{R_f}{R_{in}} \right)$$

nilai resistansi *feedback* ( $R_f$ ) adalah 10KOhm dan resistansi input 2k2 Ohm maka secara matematik besarnya faktor penguatan **rangkaian penguat membalik** (*inverting amplifier*) diatas adalah :

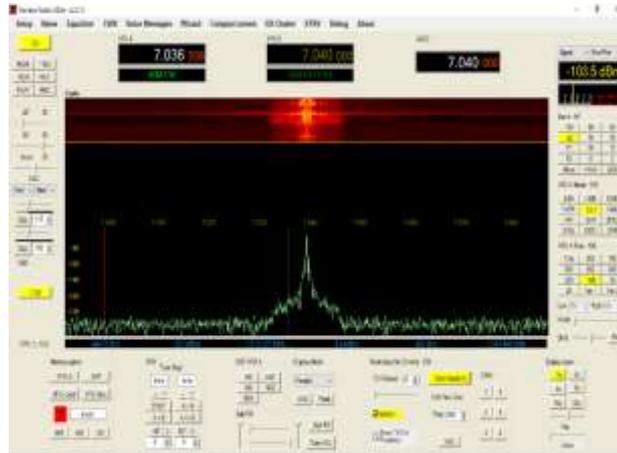
$$A = \left( -\frac{R_F}{R_{In}} \right) = \left( -\frac{10K}{1k} \right) = -10$$

Untuk melakukan pengujian **rangkaian penguat membalik** (*inverting amplifier*) maka tegangan sumber (*simetris*) +10Vdc diberikan ke jalur +Vcc sedangkan -10Vdc dihubungkan ke jalur -Vcc. Sebagai sinyal input sebaiknya menggunakan sinyal input sinusoidal dengan range frekuensi audio (20 Hz – 20 KHz) agar terlihat jelas perbedaan sinyal input dan output rangkaian penguat membalik ini yang berbeda phase antar input dan outpunya. Dengan nilai resistansi dan sumber tegangan seperti disebutkan sebelumnya apabila pada rangkaian penguat membalik diatas diberikan sinyal input sebesar 0,5 Vpp maka idealnya tegangan **output rangkaian penguat membalik** (*inverting amplifier*) ini adalah,

$$V_{out} = 0,5 \left( -\frac{10k}{1k} \right) = -5V_{PP}$$

### 3.8 SOFTWARE GENESIS RADIO

Adapun pada penelitian ini software yang di gunakan adalah Genesis Radio,



Gambar 3.7 Software Genesis Radio v.2.0.16

Instalasi GSDR terdiri dari dua langkah: Instal versi dasar dan kemudian upgrade. Untuk pekerjaan yang nyaman, program GSDR memiliki persyaratan perangkat keras dan perangkat lunak yang harus dipenuhi oleh PC :

- a. Prosesor minimum 1GHz (disarankan 2GHz dual core atau lebih); RAM 512MB (1GB untuk Windows 2000 dan XP, 2GB untuk Vista dan Windows 7 direkomendasikan);
- b. Kartu VGA dengan driver yang didukung DirectX 9 atau yang lebih baru (DirectX 9c adalah tanda untuk versi perangkat lunak driver dan jika Anda ingin meminimalkan penggunaan CPU maka kartu VGA diinginkan dengan dukungan perangkat keras DX9);
- c. monitor dengan resolusi minimal  $1024 \times 768$  untuk tampilan klasik atau  $1024 \times 600$  untuk layar Compact (d disesuaikan dengan netbook 10,1 ").
- d. Kartu audio dengan setidaknya satu pasang input stereo / output (kartu yang lebih baik 24bit / 96K dengan beberapa input / output lebih disukai);
- e. mouse dengan scroll wheel untuk memudahkan navigasi;
- f. Windows OS (didukung dari Windows 2000 dan seterusnya versi 32bit dan 64 bit);
- g. terpasang NET 2.0 perpustakaan dengan paket layanan terbaru;
- h. Perpustakaan SlimDX untuk bekerja dengan driver video DirectX (versi September 2011).

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN SISTEM**

#### **4.1 Pendahuluan**

Pada bab ini di tunjukkan untuk melakukan pengujian dan pembahasan dari sistem yang telah di rancang sebelumnya agar dapat di ketahui bagaimana kinerja dari keseluruhan sistem mupun kinerja masing masing bagian. Dari hasil pengujian tersebut akan di jadikan dasar untuk menentukan kesimpulan serta poin poin kekurangan yang harus segera diperbaiki, agar kinerja keseluruhan sistem dapat sesuai dengan perencanaan dan perencanaan yang telah di buat.

##### **4.1.1 Pengujian Rangkaian SDR dilakukan meliputi:**

- a. Pengujian Rangkaian Osilator
- b. Pengujian Rangkaian LO/4 atau flip flop divide 4
- c. Pengujian Sinyal I / Q
- d. Pengujian rangkaian Band Pass Filter

##### **4.1.2 Alat yang digunakan dalam pengukuran meliputi:**

- a. Avo meter
- b. Osiloskop
- c. Kamera
- d. Power Supply

#### **4.2 Pengujian Rangkaian Lo/4 atau dual flip flop**

Dari hasil pengujian rangkaian LO/4 atau dual flip flop maka di ketahui hasil frekuensi dari osilator yg di bangkitkat pada gambar 4.1 yaitu 28.16 MHz kemudian di bagi dengan Dual flip flop divide by 4 yaitu 7,055Mhz.



Gambar 4.1 Hasil pengujian Rangkaian LO/4 atau dual flip flop divide 4

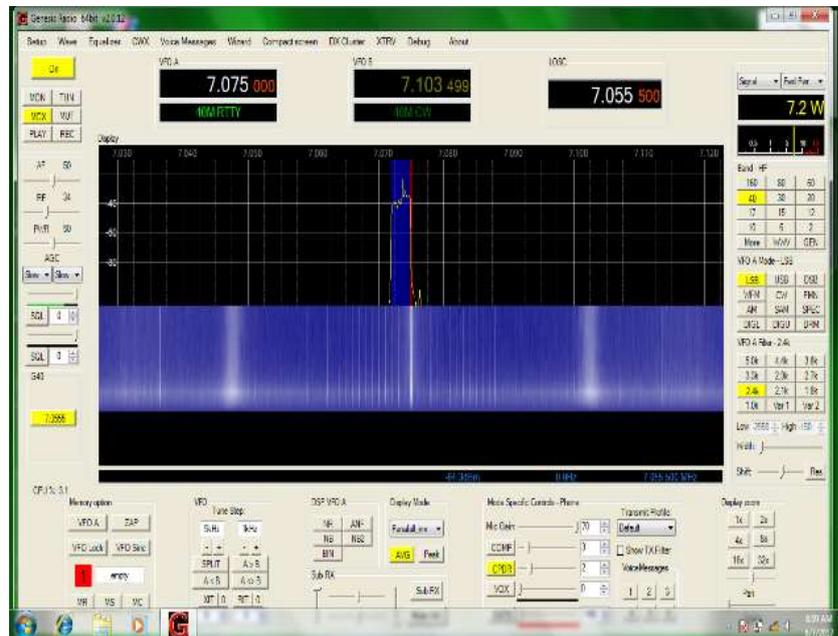
#### 4.3 Hasil Pengujian Sinyal I / Q

Adapun berikut gambar hasil pengujian sinyal I / Q:

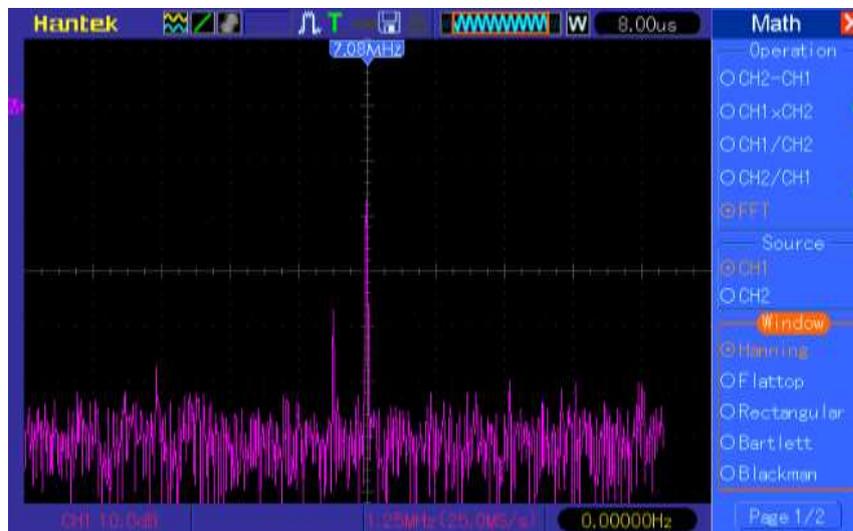


Gambar 4.2 Hasil pengujian sinyal I / Q

#### 4.4 Tampilan Pada Software Genesis Radio Proses Pemancar (TX) pada frekuensi 7,075MHz

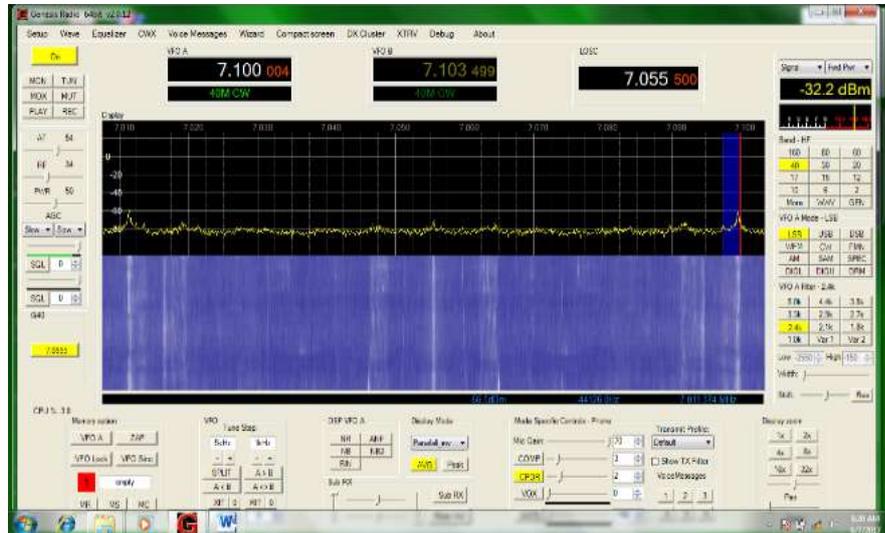


Gambar 4.3 Tampilan proses transmit (TX) pada frekuensi 7,075MHz.



Gambar 4.4 Hasil Uji Pada Osiloskop Proses Transmit Pada Frekuensi 7,075MHz

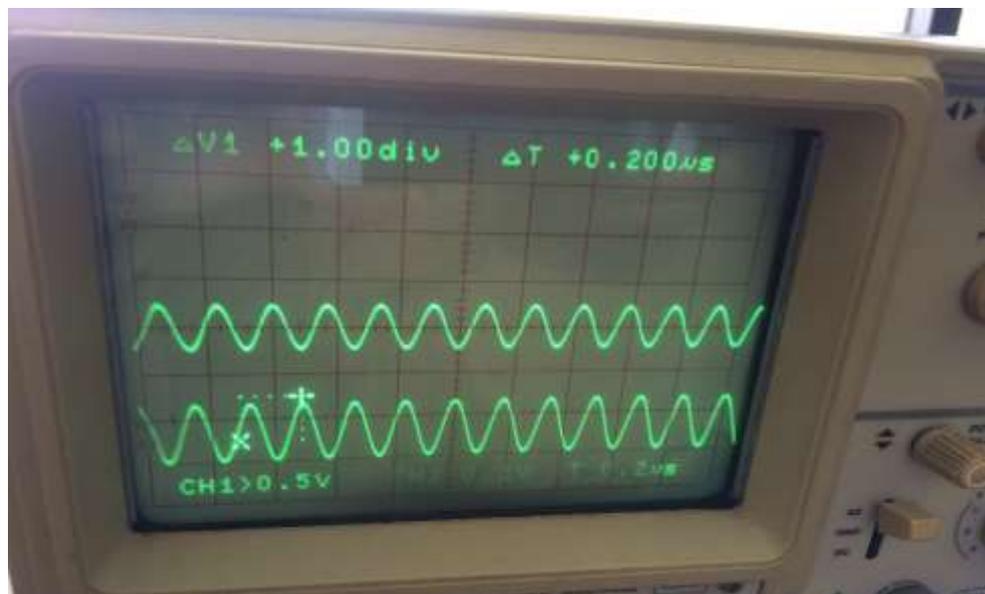
#### 4.5 Hasil uji pada software genesis radio proses penerimaan sinyal (RX) tune pada frekuensi 7,100MHz



Gambar 4.5 Hasil Uji Proses Penerimaan Sinyal Atau Receive (Rx) Tune Pada Frekuensi 7,100MHz

#### 4.6 Hasil Pengujian Band Pass Filter

Adapun berikut gambar hasil pengujian rangkaian band pass filter



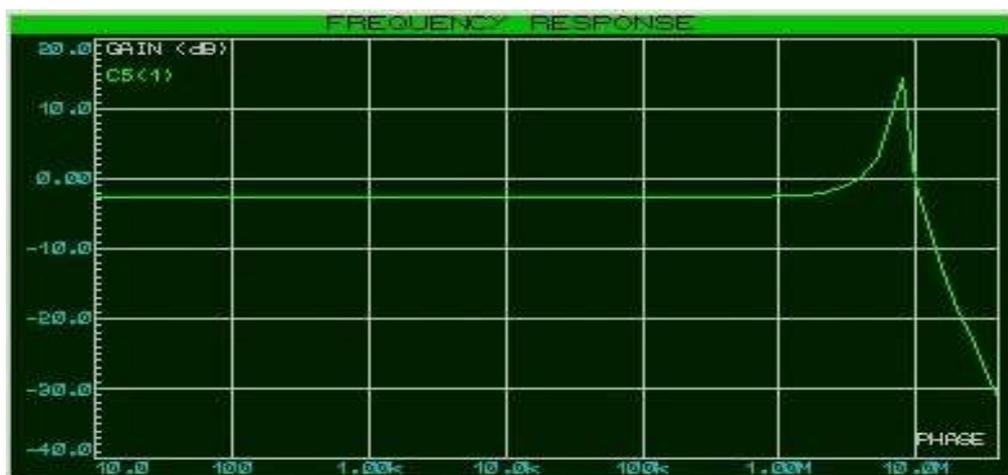
Gambar 4.6 Hasil ukur rangkaian band pass filter menggunakan osiloskop pada frekuensi range 6,6 MHz



Gambar 4.7 Frekuensi range pada frekuensi 6.5 MHz pada pengujian rangkaian band pass filter

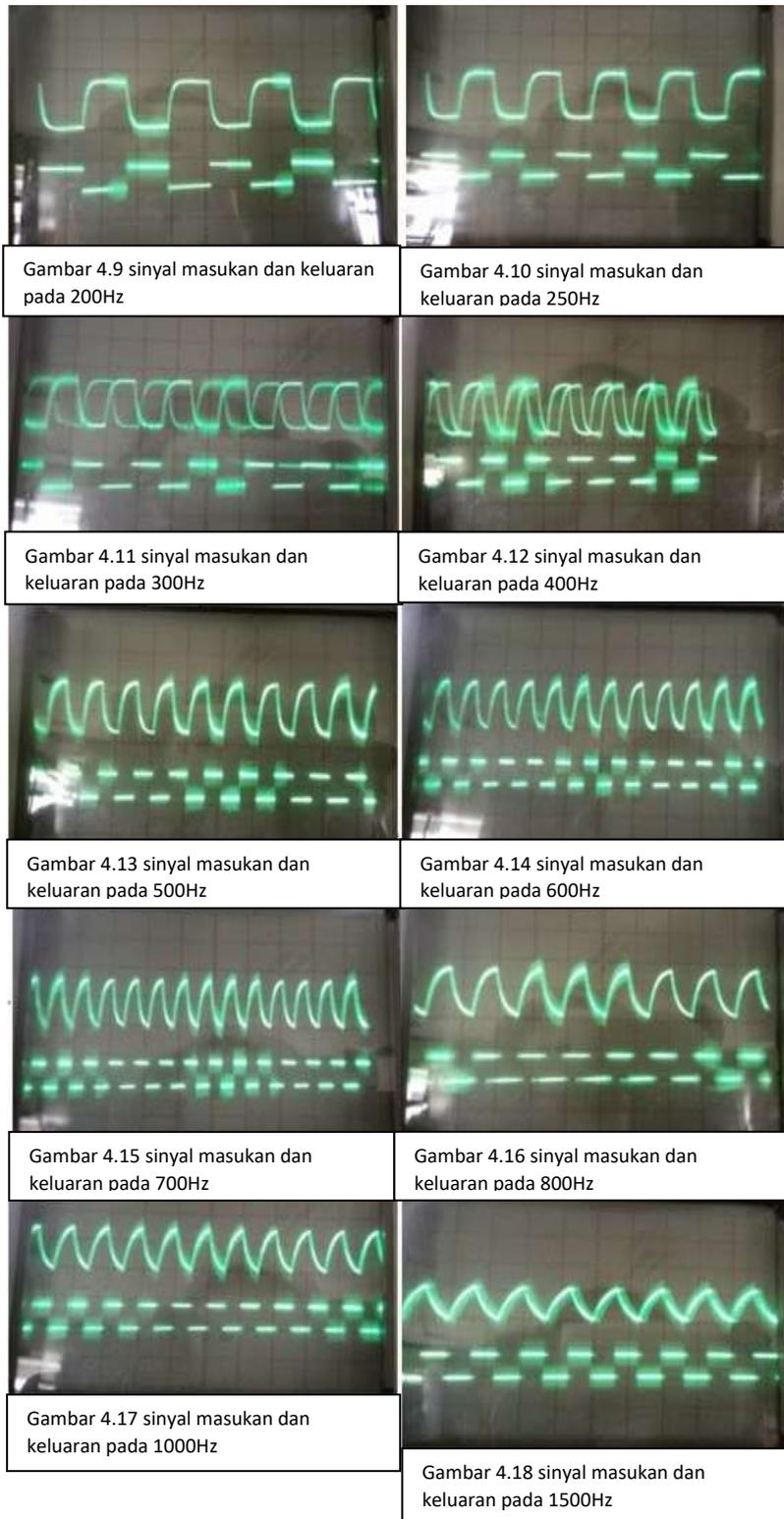
Tabel 1 Pengukuran Band Pass Filter

NO	Frekuensi masukan (v in)	Frekuensi Input (f in)	Tegangan Keluaran (V Out)
1	1 Vpp	5,2 MHz	272mV
2		5,6 MHz	240mV
3		5,85MHz	240mV
4		6,2MHz	224mV
5		6,6MHz	184mV
6		7,05MHz	144mV
7		7,4MHz	112mV



Gambar 4.8 Respon Frekuensi Band Pass Filter

#### 4.7 Hasil Pengujian Low Pass Filter



Tabel 2 Pengamatan Low Pass Filter

f <sub>AG</sub> (Hz)	λ (div)	Time/div	Channel 1		Channel 2	
			V <sub>pp</sub> (div)	Volt/div	V <sub>pp</sub> (div)	Volt/div
200	5,0	1,0	1,2	0,1	2,4	0,1
250	2,0	2,0	1,2	0,1	2,4	0,1
300	1,6	2,0	1,2	0,1	2,4	0,1
400	1,2	2,0	1,2	0,1	2,4	0,1
500	1,0	2,0	1,2	0,1	2,4	0,1
600	0,8	2,0	1,2	0,1	2,2	0,1
700	1,4	1,0	1,2	0,1	2,0	0,1
800	1,2	1,0	1,2	0,1	1,8	0,1
1000	1,0	1,0	1,2	0,1	1,6	0,1
1500	1,2	0,5	1,2	0,1	1,2	0,1

**Pengolahan data low pass filter****Dimana :**

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_2 C}$$

$$f_c = \frac{1}{2(3,14)(1000\Omega)(220 \cdot 10^{-12})}$$

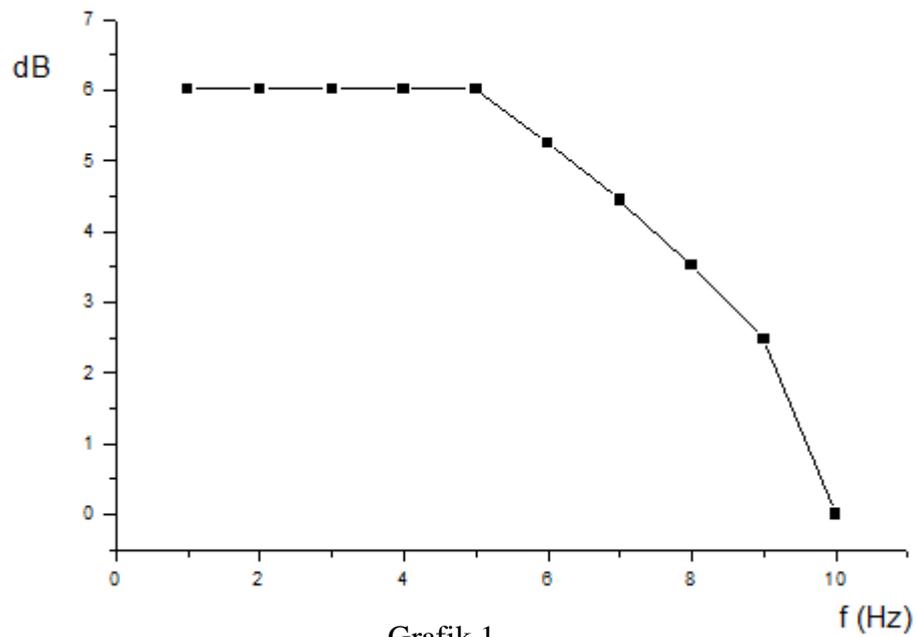
$$f_c = 35,030 \text{ Hz}$$

Tabel 3 Perhitungan Frekuensi,  $V_{in}$ , dan  $V_{out}$  pada Low Pass Filter

$f_{AG}$ (Hz)	$\lambda$ (div)	Time/div (ms)	T (ms)	$f$ (HZ)	Channel 1			Channel 2		
					$V_{pp}$ (div)	Vollt/div	$V_{in}$	$V_{pp}$ (div)	Volt/div	$V_{out}$ (volt)
200	5,0	1,0	5,0	200,00	1,2	0,1	0,12	2,4	0,1	0,24
350	2,0	2,0	4,0	250,00	1,2	0,1	0,12	2,4	0,1	0,24
300	1,6	2,0	3,2	312,50	1,2	0,1	0,12	2,4	0,1	0,24
400	1,2	2,0	2,4	416,67	1,2	0,1	0,12	2,4	0,1	0,24
500	1,0	2,0	2,0	500,00	1,2	0,1	0,12	2,4	0,1	0,24
600	0,8	2,0	1,6	625,00	1,2	0,1	0,12	2,2	0,1	0,22
700	1,4	1,0	1,4	714,28	1,2	0,1	0,12	2,0	0,1	0,20-
800	1,2	1,0	1,2	833,33	1,2	0,1	0,12	1,8	0,1	0,18
1000	1,0	1,0	1,0	1000,00	1,2	0,1	0,12	1,6	0,1	0,16
1500	1,2	0,5	0,0	1666,67	1,2	0,1	0,12	1,2	0,1	0,12

Tabel 4 Pembuatan Diagram Bode pada Low Pass Filter

f (Hz)	$V_{in}$ (volt)	$V_{out}$ (volt)	A	dB
200,00	0,12	0,24	2,00	6,02
250,00	0,12	0,24	2,00	6,02
312,50	0,12	0,24	2,00	6,02
416,67	0,12	0,24	2,00	6,02
500,00	0,12	0,24	2,00	6,02
625,00	0,12	0,22	1,83	5,25
714,28	0,12	0,20	1,67	4,45
833,33	0,12	0,18	1,50	3,52
1000,00	0,12	0,16	1,33	2,48
1666,67	0,12	0,12	1,00	0



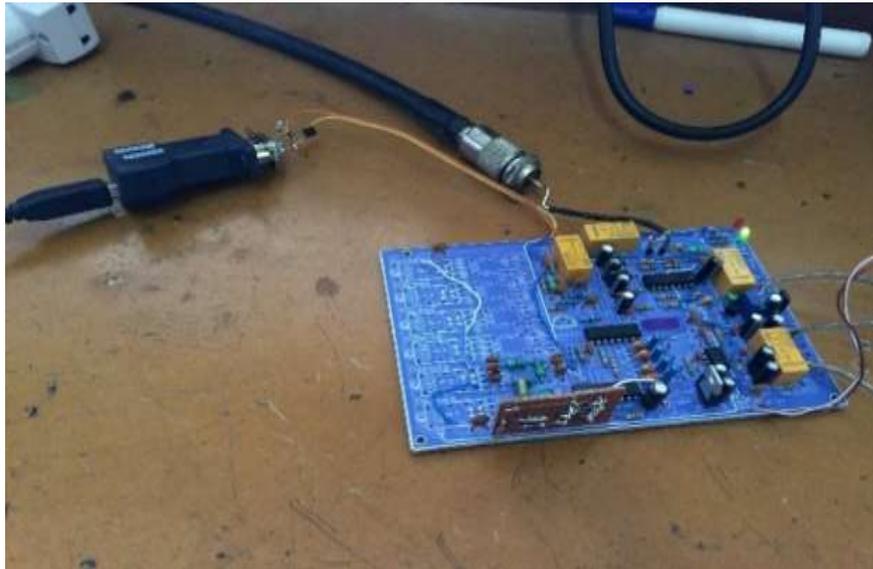
Grafik 1  
Diagram Bode Low Pass Filter

#### 4.8 Hasil Pengujian alat keseluruhan

Adapun berikut gambar hasil pengujian keseluruhan sebagai berikut:



Gambar 4.19 Hasil keseluruhan alat



Gambar 4.20 Perangkat SDR Transceiver



Gambar 4.21 DDS Dan SDR Transceiver

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data yang di peroleh melalui pengujian dapat di simpulkan sebagai berikut.:

- a. Dasi hasil pengujian sinyal I / Q pada rangkaian tayloe detector yaitu Sinyal I/Q berbanding phasa  $90^0$
- b. Dari hasil pengujian penerima (RX) maka diketahui pada saat menjalankan software, frekuensi base band pada software dari 7,012Mhz sampai 7,055Mhz.
- c. Dari hasil pengujian rangkaian band pass filter maka di ketahui ketika di atur menggunakan frekuensi range, frekuensi yang lolos tepat pada 6,125 MHz sampai 7,2 MHz hasil sinyal di osiloskop seimbang, dan ketika melewati frekuensi tersebut sinyal semakin kecil dan rapat.
- d. Dari hasil perhitungan di dapat nilai frekuensi cut off sebesar 35,030Hz. Dari hasil tersebut (35,030Hz) maka frekuensi yang harus digunakan pada low pass filter adalah sebesar 40Hz. Karena pada dasarnya frekuensi cut off pada soundcard minimal 40Hz dan maksikal 192Hz.
- e. Relay pada rangkaian sdr transceiver berfungsi sebagai saklar dan menghubungkan dan memutuskan rangkaian pada Transmitter, Receiver, RF Amplifier, Band Pass Filter dan lain nya, contoh pada rangkaian Band Pass Filter terdapat relai control yang berfungsi untuk mengontrol dan memilih rangkaian Band Pass Filter karna dalam rangkaian ada banyak jumlah band yang mana akan digunakan.
- f. Dari hasil pengujian rangkaian LO/4 atau dual flip flop maka di ketahui hasil frekuensi yang di bangkitkan dari osilator dapat di lihat pada gambar 4.1 yaitu 28.220 MHz kemudian di bagi dengan Dual flip flop divide by 4 yaitu 7,055Mhz.

- g. Dari hasil pengujian keseluruhan, alat dapat bekerja dengan baik dan software yang digunakan pada saat pengujian adalah genesis SDR.

## **5.2 Saran**

Saran dari penulis dalam perancangan sdr transceiver radio adalah proses perancangan alat ini sebaiknya membutuhkan waktu yang cukup panjang.

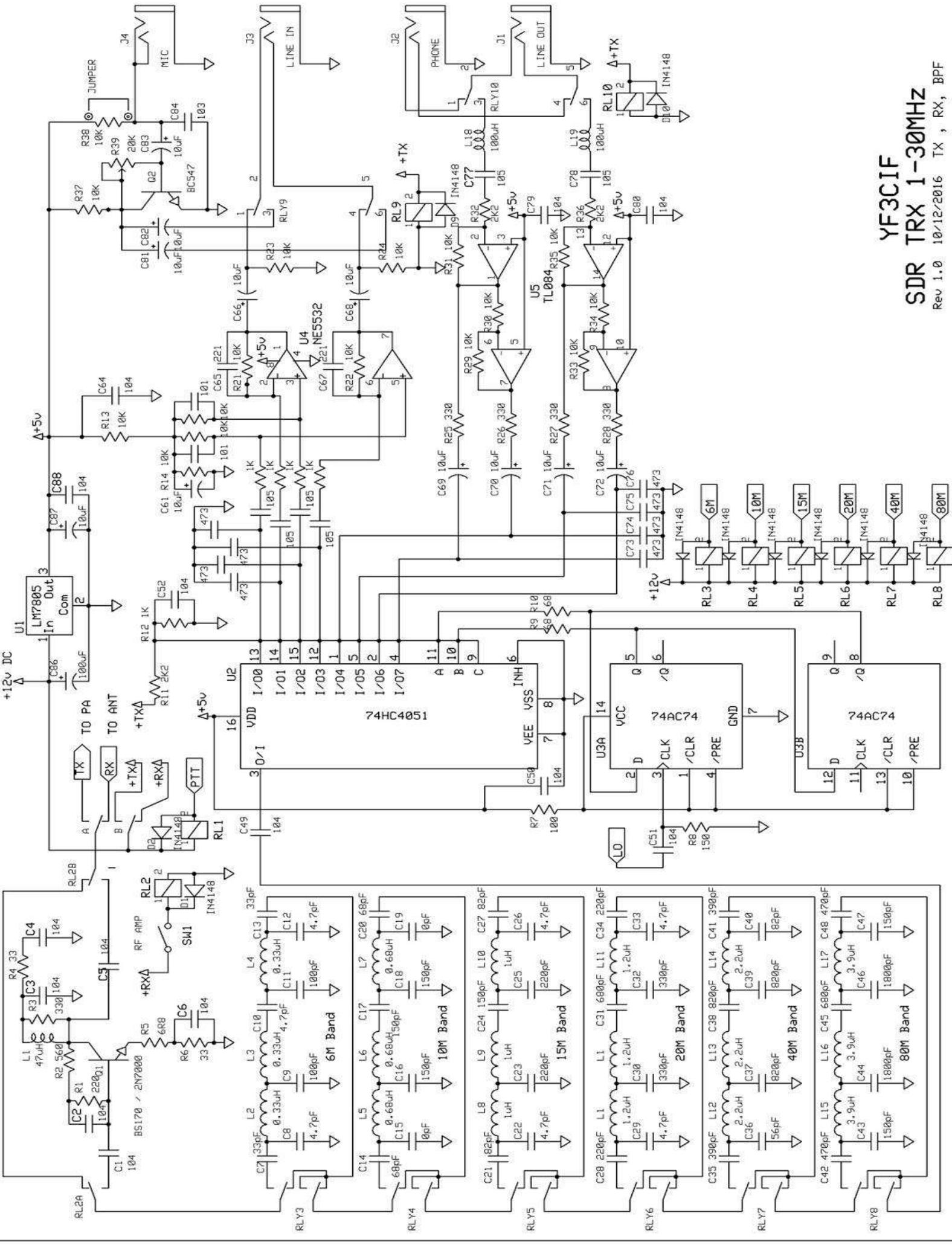
## DAFTAR PUSTAKA

1. ROSLIZA BINTI ABDULLAH design and development of software defined radio, faculty of Electronic and computer Engineering, university teknikal april 2009
2. Eko Marpanaji, Bambang Riyanto T., Armein Z.R. Langi, Adit Kurniawan, Andri Mahendra Teknik Elektro STEI ITB ASPEK KOMPUTASI PLATFORM SOFTWARE-DEFINED RADIO (SDR).
3. Indra S Ekoputro YD1JJJ FEBRUARI 28 2014 Software Defined Radio (SDR): Kit dan Hombrew.
4. Ee Pedro Cruz#, Hugo Gomes##\* & Nuno Carvalho Receiver Front-End Architectures – Analysis and Evaluation.
5. National instruments I/Q data <http://www.ni.com/tutorial/4805/en/> diakses 07 Juni 2017
6. Software genesis radio <http://www.genesisradio.com.au/GSDR/> di akses 07 Juni 2017
7. Dfs Louis E. Frenzel Jr, Fourth Edition. Principles of Elektronik Communication Systems
8. Software Defined Radio (SDR) for Amateur Radio – An Overview Steve Dick, K1RF May 9, 2012
9. Enrico Buracchini, CSEL T , The Software Radio Concept, IEEE Comm. Magazine, hal. 138-143, September 2000.

10. *ARRL Handbook CD-ROM* contains the complete text, drawings and photos of the printed *2011 ARRL Handbook*. The ARRL Handbook For Radio Communications
11. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sideband> diakses 07 Juni 2017
12. [https://en.wikipedia.org/wiki/Single-sideband\\_modulation](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-sideband_modulation) diakses 07 Juni 2017



# LAMPIRAN



# YF3CIF

## SDR TRX 1-30MHZ

Rev 1.0 10/12/2016 TX , RX, BPF



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Zulkarnain  
NIM : 1212710  
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1  
Konsentrasi : TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
Judul Skripsi : **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN TRANSCEIVER  
7MHZ BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : **Jumat**  
Tanggal : **4 Agustus 2017**  
Dengan Nilai : **71,05 (B+)** *EM*

**Panitia Ujian Skripsi**

**Ketua Majelis Penguji**

**Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.**  
NIP.P.197706152005012002

**Sekretaris Majelis Penguji**

**Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.**  
NIP.P.1030100361

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

**Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.**  
NIP.P.1030100361

**Penguji II**

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT.**  
NIP .P.1030100358





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Komputer, Maka perlu adanya perbaikan Skripsi untuk Mahasiswa :

NAMA : ZULKARNAIN  
NIM : 1212710  
JURUSAN : TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI : TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
MASA BIMBINGAN : SEMESTER GENAP 2016/2017  
JUDUL : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN TRANSCEIVER  
7MHZ BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO

Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji II 04-08-2017	1. Blok diagram sesuaikan dengan rangkaian	

Dosen Penguji I

**Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.**  
NIP.P.1030100361

Dosen Pembimbing I

**Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT.**  
NIP.Y.1039500274

Dosen Pembimbing II

**Sot'yohadi, ST., MT.**  
NIP.Y.1039700309



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Komputer, Maka perlu adanya perbaikan Skripsi untuk Mahasiswa :

NAMA : ZULKARNAIN  
NIM : 1212710  
JURUSAN : TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI : TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
MASA BIMBINGAN : SEMESTER GENAP 2016/2017  
JUDUL : **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN TRANSCEIVER 7MHZ BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO**

Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji II 04-08-2017	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Tambahkan teori frekuensi radio</li><li>2. Tambahkan tabel pengujian Band Pass Filter</li><li>3. Teori Band Pass Filter di tambah pada bab 2</li><li>4. Teori tayloe detector/mixer di tambah pada bab 2</li><li>5. Tambah pengujian Tayloe Detector/Mixer bab 2</li><li>6. Hasil kesimpulan pengujian Tayloe Detector/Mixer</li><li>7. Teori Relay di tambah pada bab 2</li><li>8. Pengujian Relay</li><li>9. Kesimpulan Relay</li><li>10. Teori Low Pass Filter bab 2</li><li>11. Pengujian Low Pass Filter</li><li>12. Pengujian Op-Amp</li><li>13. Perencanaan Op-Amp</li><li>14. Kesimpulan Op-Amp</li></ol>	

Dosen Penguji II

**M. Ibrahim Ashari, ST., MT.**

**NIP.P.1030100358**

Dosen Pembimbing I

**Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT.**

**NIP.Y.1039500274**

Dosen Pembimbing II

**Sotyohadi, ST., MT.**

**NIP.Y.1039700309**





PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I J. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunbng), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II J. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-085/EL-FTI/2017  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)

28 Februari 2017

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Dr.Ir.F.Yudi Limpraptono,MT.**  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Zulkarnaim  
Nim : 1212710  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : T. Telekomunikasi SI

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

“Semester Genap Tahun Akademik 2016-2017”

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
 BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
 Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-085/EL-FTI/2017

28 Februari 2017

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Sotyohadi, ST, MT.**  
 Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Zulkarnaim  
 Nim : 1212710  
 Fakultas : **Teknologi Industri**  
 Program Studi : **Teknik Elektro S-1**  
 Konsentrasi : T. Telekomunikasi SI

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

**" Semester Genap Tahun Akademik 2016-2017 "**

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**

NIP.P. 1030100358



## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : ZULKARNAIN  
 N I M : 1212710  
 Semester : X (10)  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-1  
 Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK  
TEKNIK ELEKTRONIKA  
TEKNIK KOMPUTER  
TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
 Alamat : Jl. Perusahaan gang. 03 RT. 03 RW. 08 tunjung harto

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

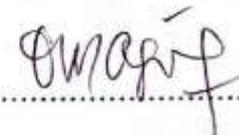
Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas

Recording Teknik Elektro S-1  $\frac{22}{2} 17$

  
 (.....)

Malang, ..... 201

Pemohon

  
 (.....)

Disetujui  
 Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT  
 NIP. P. 1030100358

Mengetahui  
 Dosen Wali



(..... SOTROHADI)

**Catatan:**

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Jurusan T. elektro S-1

1. Acc dgn persyaratan!
2. 22/2/17
3. 22/2/17

catatan : dasar sistem kendali? dan -  
 > PPKN, Kapita selekta, Mana jemas proyek? dan - }  $\frac{22}{2} 17$   
 > Seminar blm pernah ikut? dan  
 > SKS = 120? dan -



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI  
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

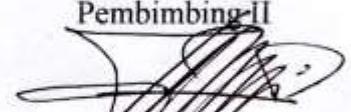
<b>KONSENTRASI</b>		T. TELEKOMUNIKASI S1		
1.	Nama Mahasiswa	Zulkarnaain	NIM	1212710
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	28 Februari 2017		
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang *)			
	a.	Sistem Tenaga Elektrik	e.	Embbded System
	b.	Konversi Energi	f.	Antar Muka
	c.	Sistem Kendali	<input checked="" type="checkbox"/> g.	Elektronika Telekomunikasi
	d.	Tegangan Tinggi	h.	Elektronika Instrumentasi
	i.	Sistem Informasi	j.	Jaringan Komputer
	k.	Web	l.	Algoritma Cerdas
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	PERENCANAAN DAN PEMBUATAN TRANSCEIVER 7Mhz BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO SOFTWARE YANG DIGUNAKAN POWER SDR		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	..... ..... .....		
6.	Catatan :	~ Dasar Radio harus dipelajari. ~ Konsep SDR. ~ Konsep Komunikasi Transceiver ke PC.		
	Catatan :	..... ..... .....		
<b>Persetujuan Judul Skripsi</b>				
7.	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II	
	Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT.		Ir. M. Ibrahim Ashari, ST, MT.	
	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing			
	Mengetahui, Ketua Jurusan		Pembimbing I	
	M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P. 1030100358		Dr. If. F. Yudi Limpraptono, Mt.	
			Pembimbing II	
			Sotyohadi, ST, MT.	

Keterangan :

\*) dilingkari a, b, c, ..... sesuai dengan bidang keahlian



## BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

<b>KONSENTRASI</b>		T. Telekomunikasi S1		
1.	Nama Mahasiswa	Zulkarnaim	NIM	1212710
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	12 April 2017		
3.	Judul Skripsi	PERENCANAAN DAN PEMBUATAN TRANSCEIVER 7Mhz BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO SOFTWARE YANG DIGUNAKAN POWER SDR		
4.	Perubahan Judul	..... ..... .....		
5.	Catatan :	..... ① Pemantapan teori		
		..... ② hrs standby di Lab. Telekomunikasi		
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan.	Disetujui, Dosen Pembimbing		
		Pembimbing I	Pembimbing-II	
		 Dr. Ir. F. Yudi Limpraptono, Mt.	 Sotyo Hadi, ST, MT.	
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT				

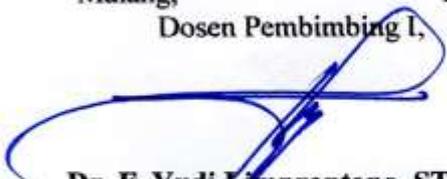


## MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2017-2018

Nama Mahasiswa : Zulkarnain  
NIM : 1212710  
Nama Pembimbing : Dr. Ir. Yudi Limpraptono, MT.  
Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Transceiver 7MHz Berbasis Software Defined Radio

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Rabu, 22/3/2017	13:00	Revisi Bab I	
2	Rabu, 29/03/2017	12:00	Revisi Bab II	
3	Rabu, 05/04/2017	12:00	Revisi II Dan Bab III	
4	Rabu, 10/05/2017	13:00	Perbaiki Blok Diagram	
5	Selasa, 23/5/2017	13:00	Penjelasan Blok Diagram SDR	
6	Jumat, 16/6/2017	13:30	Penjelasan Sinyal I dan Q	
7	Selasa, 20/6/2017	12:00	Perbaiki Kesimpulan	

Malang, 2017  
Dosen Pembimbing I,

  
**Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT**  
NIP. Y. 1039500274



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

## MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2017-2018

Nama Mahasiswa : Zulkarnain  
NIM : 1212710  
Nama Pembimbing : Sotyohadi, ST., MT  
Judul Skripsi : Perencanaan Dan Pembuatan Transceiver 7MHz Berbasis Software Defined Radio

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Rabu, 22/3/2017	12:30	Revisi BAB I	
2	Senin, 21/4/2017	12:00	Revisi BAB II	
3	Kamis, 27/4/2017	12:30	Penjelasan teori tayloe detector	
4	Senin, 8/5/2017	12:00	Tambahkan Blok Diagram	
5	Selasa, 23/5/2017	12:30	Penjelasan Konsep Radio	
6	Kamis, 15/6/2017	12:30	Revisi Pendahuluan	
7				

Malang, 2017  
Dosen Pembimbing II,

**Sotyohadi, ST., MT**  
NIP.Y.1039700309



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
Jl. Raya Karanglo, Km. 2 MALANG

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik, /  
T. Elektronika, /T. Komputer, / T.Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : ZULHARNAIN  
NIM : 2212.710  
Perbaikan Meliputi :

1) Blok Diagram di ubah dgn  
kayak!

Malang.....20

  
(.....)



**Fermulir Perbaikan Ujian Skripsi**

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik,  
 T. Elektronika, /T. Komputer, / T.Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : Zulkarnain  
 NIM : 1211 710  
 Perbaikan Meliputi :

tambahkan frekuensi radio / radio  
 tambahkan tabel pengujian bandpass filter  
 tambahkan foto pengujian bandpass filter  
 berikan pengujian bandpass filter  
 teori bandpass filter ditambahkan bab II  
 gambar teori mixer 2HC4051 (Bab II)  
 tabel pengujian mixer  
 gambar kesimpulan hasil pengujian  
 pengujian relay  
 teori Hg relay  
 kesimpulan relay  
 penalaran relay  
 teori LPF bab II  
 LPF pengujian ditambahkan  
 pengujian op amp  
 penalaran op amp  
 kesimpulan op amp.

Malang, .....20

*Muhammad Ibrahim Ashari*  
 Muhammad Ibrahim Ashari, STMT