

ANALISA AUDIO STEREO DECODER UNTUK RADIO PENERIMA FM BERBASIS IC AN7410N

M. Ibrahim Ashari¹⁾, Ahmad Faisal²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITN Malang
Bryan_130572@yahoo.com

²⁾Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, ITN Malang
mzfaiz@gmail.com

Abstract

A stereo decoder is enabled to separate information and modulated signal by recovering the previous information signal come as one with the carrier signal using a varying frequency according to the amplitude change value that becomes the same information signal as the original signal or as stereo audio. Inside a stereo audio, there is a component which each functions to get the required signal results in the stereo decoder. The designed stereo decoder uses a single IC; IC AN7410N as a demodulator that is designed to demodulate the signal from the stereo encoder to the L and R audio signals. The result of the test shows that stereo decoder can detect the 19 kHz pilot tone frequency and stereo decoder can also receive FM radio broadcast from the sender and output audio results in the form of stereo L and R, even though the sideband frequency output measurement from each channel L and R, shows the frequency difference (Hz) of expected output frequency.

Keywords: audio, stereo, decoder, AN7410N

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang telekomunikasi pada saat ini berkembang sangat pesat. Dengan adanya perkembangan teknologi tersebut sangat membantu semua golongan masyarakat dan organisasi dalam melakukan segala aktifitas. Salah satu perkembangan teknologi yakni pesawat radio. Pesawat radio merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah bentuk energi gelombang elektromagnetik menjadi bentuk energi bunyi melalui penguat suara.

Seiring berkembangnya teknologi saat ini banyak peralatan-peralatan radio yang mudah ditemukan dipasaran, dan didalam pesawat penerima radio FM tentunya terdapat modul decoder stereo yang mana berfungsi untuk mengembalikan kembali sinyal audio yang sudah dimodulasikan sebelumnya dan di pecah menjadi sinyal audio stereo (L+R) dan (L-R).

Banyak decoder stereo yang sudah tersedia dalam radio penerima FM. Disini peneliti ingin mendesain sebuah stereo decoder menggunakan IC AN7410N yang mana peneliti ingin mengetahui kinerja dari stereo decoder menggunakan IC AN7410N ini. Oleh karena itu peneliti ingin membuat modul stereo decoder pada bagian penerima

radio FM yang nantinya dapat dipergunakan sebagai media pembelajaran di laboratorium telekomunikasi.

Karena latar belakang tersebut, peneliti mengemukakan sebuah ide “ANALISA AUDIO STEREO DECODER UNTUK RADIO PENERIMA FM BERBASIS IC AN7410N” adalah untuk melengkapi perangkat demodulasi pada penerima radio FM stereo.

Dari uraian diatas terdapat beberapa permasalahan yang dapat dikaji lebih lanjut, yaitu: Bagaimana mendesain dan membuat stereo decoder pada penerima radio FM yang difungsikan sebagai demodulasi pada penerima radio FM stereo dan mengeluarkan bentuk sinyal audio L dan R pada radio penerima.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendesain sebuah stereo decoder menggunakan IC AN7410N.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Definisi Radio

Radio adalah teknologi yang digunakan untuk pengiriman sinyal dengan cara modulasi dan radiasi elektromagnetik (gelombang elektromagnetik). Gelombang ini melintas dan merambat lewat udara dan bisa

juga merambat lewat ruang angkasa yang hampa udara karena gelombang ini tidak memerlukan medium pengangkut (seperti molekul udara). Radio sekarang umumnya digunakan sebagai media penyiaran (*broadcasting*) yang mana berisikan berita, informasi, promosi dan juga hiburan.

2.2 Definisi Audio

Audio Dalam sistem komunikasi bercirikan suara, sinyal elektrik digunakan untuk membawa unsur bunyi. Istilah ini juga biasa digunakan untuk menerangkan sistem - sistem yang berkaitan dengan proses perekaman dan transmisi yaitu sistem pengambilan/penangkapan suara, sambungan transmisi pembawa bunyi, amplifier dan lainnya. Audio juga dikenali sebagai bunyi. Audio berfungsi untuk memudahkan penerangan mengenai sesuatu konsep yang sukar untuk diterangkan melalui penggunaan teks grafik semata-mata. Audio mampu mempertingkatkan kefahaman seseorang kepada sesuatu isi kandungan yang kompleks. Audio digital menggunakan digital signal untuk menghasilkan bunyi.

Bunyi adalah gelombang yang dihasilkan oleh getaran molekul-molekul dalam medium seperti udara. Gelombang bunyi juga disebut sebagai gelombang mekanikal. Kekuatan bunyi yang diterima dikenali sebagai sebagai amplitudo dan diukur dalam unit decibels (dB). Gelombang suara bervariasi sebagaimana variasi tekanan media perantara seperti udara. Suara diciptakan oleh getaran dari suatu obyek, yang menyebabkan udara disekitarnya bergetar. Getaran udara ini kemudian menyebabkan kantung telinga manusia bergetar, yang kemudian oleh otak diinterpretasikan sebagai suara. Dan Semua gelombang pasti memiliki tiga sifat penting untuk kerja audio meliputi: panjang gelombang, amplitudo dan frekuensi. Gelombang suara dapat juga ditunjukkan dalam suatu grafik standar x dan y.



Gambar 1. sinyal audio

Pada sinyal tersebut memungkinkan untuk memvisualisasi gelombang dengan

sudut pandang matematis, menghasilkan kurva yang dikenal sebagai bentuk gelombang. Periode gelombang (T): Jarak antar titik gelombang dan titik ekuivalen pada fasa berikutnya. Amplitudo (V): Kekuatan atau daya gelombang sinyal. Tinggi gelombang yang bisa dilihat sebagai grafik. Gelombang yang lebih tinggi diinterpretasikan sebagai volume yang lebih tinggi, sehingga dinamakan amplifier untuk perangkat yang menambah amplitudo. Frekuensi (F): Jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik. Diukur dalam hertz atau siklus per detik. Getaran gelombang suara semakin cepat, frekuensi semakin tinggi. Frekuensi lebih tinggi diinterpretasikan sebagai jalur lebih tinggi.

2.3 Definisi Stereo

Suara stereophonik atau yang lebih umum disebut sebagai stereo adalah reproduksi dari suara menggunakan lebih dari satu saluran audio independen melalui sebuah susunan konfigurasi pengeras suara yang simetris bertujuan untuk mendapatkan suara yang natural. Jika ada perbedaan suara seakan berpindah dari kiri ke kanan atau sebaliknya, ini karena teknik rekaman dari rekayasa fase R dan L.

Dibuat sistem stereo ini merupakan perkembangan dari sistem audio mono supaya suara dapat dinikmati seolah-olah mendengarkan pertunjukan musik yang alami dari depan panggung atau musik yang benar-benar natural. Untuk perkembangan selanjutnya meningkat lagi yaitu surround dengan alat tambahan prosesor suara memerlukan paling sedikit empat speaker, dua speaker depan dan dua speaker belakang yang wattnya lebih kecil dari speaker depan. Dua stereo atau sistem yang lebih termasuk super bass.

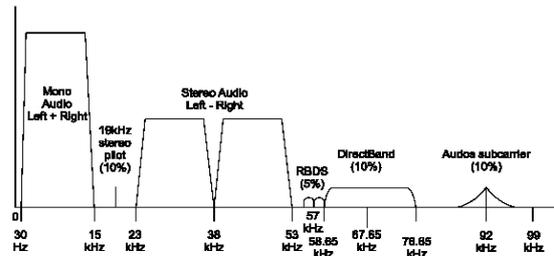
Sistem stereo merupakan sistem terbaru dari sebelumnya yaitu radio FM mono yang sering menghasilkan sinyal R+L karena untuk bisa mendengar sinyal R dan L secara terpisah. Agar didapatkan sinyal stereo R dan L yang terpisah disini dibutuhkan adanya perhitungan untuk sinyal tambahan (R-L).

Matrik

- $(R+L) - (R-L) = R-R+L+L = 2L$ (dengan ini kita dapatkan sinyal L dengan amplitudo 2 kali sinyal biasa).

- $(R+L) + (R-L) = R+R+L-L = 2R$ (dengan ini kita dapatkan sinyal R dengan amplitudo 2 kali sinyal biasa).

Atau sering disebut dengan matrik sinyal tambahan yang mana sinyal $(R-L)$ disisipkan ke sinyal audio $(R+L)$ dengan prinsip DSB-SC (*double side band-suppressed carrier*) atau 2 sisi sinyal pembawanya ditekankan.



Gambar 2. Sinyal Baseband

2.4 Transmisi Stereo

Alokasi saluran yang lebar dan kemampuan FM untuk menyatukan dengan harmonis beberapa saluran audio pada satu gelombang pembawa, memungkinkan pengembangan sistem penyiaran stereo yang praktis. Ini merupakan sebuah cara bagi industri penyiaran untuk memberikan kualitas reproduksi sebaik atau bahkan lebih baik daripada yang tersedia pada rekaman atau pita stereo. Munculnya *compact disc* dan perangkat audio digital lainnya akan terus mendorong kalangan industry peralatan dan teknisi siaran lebih jauh untuk memperbaiki kinerja rantai siaran FM secara keseluruhan. Pada radio FM umumnya sekarang sinyal suara yang di transmisikan sudah berupa stereo namun sinyal tersebut di multiplex terlebih dahulu pada proses encoder di bagian pengirim yang nantinya sinyal suara akan di kembalikan lagi kedalam bentuk stereo oleh decoder pada bagian penerima radio FM dengan frekuensi 19 kHz sebagai pilot tone untuk mendeteksi bahwa sinyal tersebut merupakan sinyal suara stereo.

2.5 Sinyal Siaran Radio FM

Radio komunikasi dalam bentuk transmisi FM sinyal siaran tunggal, demikian merupakan sinyal audio *monophonic* dapat di modulasikan dengan modulasi amplitudo secara langsung atau modulasi frekuensi. Transmisi lebih kompleks menyediakan jalur sisi yang muncul dari penjumlahan dan perbedaan frekuensi yang dihasilkan superposisi dari beberapa sinyal gelombang

pembawa. Transmisi FM stereo jumlah kanal kiri dan kanan $(L+R)$ digunakan untuk modulasi frekuensi pembawa dan memisahkan sinyal subcarrier 38 kHz juga dilapiskan dan subcarrier juga dimodulasikan dengan sinyal perbedaan $(L-R)$ sehingga sinyal yang ditransmisikan kanan dan kiri menjadi terpisah untuk menghasilkan stereo pada saat di playback.

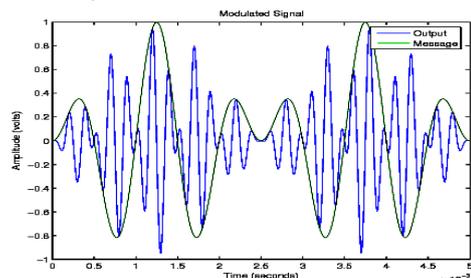
2.6 Pre-emphasis dan De-emphasis

Noise secara random pada umumnya memiliki segitiga spektral distribusi dalam sistem FM, dengan efek kebisingan yang utamanya sering terjadi pada frekuensi tertinggi dalam baseband. Hal ini dapat di imbangi sampai batas tertentu dengan meningkatkan frekuensi tinggi sebelum transmisi dan mengurangnya dengan jumlah yang sesuai pada bagian penerima. Mengurangi frekuensi tinggi pada penerima juga mengurangi noise frekuensi tinggi. Proses-proses meningkatkan dan kemudian mengurangi frekuensi tertentu yang disebut sebagai pre-emphasis dan de-emphasis.

Jumlah pre-emphasis dan de-emphasis yang digunakan ditentukan oleh konstanta waktu dari sirkuit RC filter sederhana. Pada umumnya sebagian besar acuan waktu yang digunakan 50-75 mikrodetik. Hal ini berlaku untuk transmisi mono ataupun stereo, untuk stereo pre-emphasis diterapkan di saluran kiri dan saluran kanan sebelum multiplexing.

2.7 DSB-SC

DSB-SC (*double side band-suppressed carrier*), yaitu transmisi dimana suatu frekuensi yang dihasilkan oleh amplitudo modulation (AM) ditempatkan secara simetris diatas dan dibawah sinyal pembawa (*sub-carrier*) frekuensinya serta carrier level ditekankan seminimal mungkin agar tetap masih dibawah level sinyal termodulasi FM (masih bisa masuk ke sinyal modulator FM) tapi masih bagus untuk didemodulasi.



Gambar 3. Penempatan Sinyal ke sub-carrier

Dipemancar radio dengan teknik modulasi FM, frekuensi gelombang pembawa akan berubah seiring perubahan sinyal suara atau informasi lainnya. Amplitudo gelombang pembawa relatif tetap, setelah dilakukan penguatan daya sinyal (agar bisa dikirim jauh), gelombang yang telah tercampur tadi dipancarkan melalui antenna.

Seperti halnya gelombang termodulasi AM, gelombang inipun akan mengalami redaman oleh udara dan mendapat interferensi dari frekuensi-frekuensi lain, noise atau bentuk gangguan lainnya. Tetapi karena gangguan itu umumnya berbentuk variasi amplitudo, kecil kemungkinan dapat mempengaruhi informasi yang menumpang dalam frekuensi gelombang carier.

Akibatnya kualitas informasi yang diterima tetap baik dan kualitas audio yang diterima juga lebih tinggi daripada kualitas audio yang dimodulasi dengan AM. Jadi musik yang kita dengar akan serupa dengan kualitas music yang dikirim oleh stasiun radio sehingga tidak salah jika stasiun radio sekarang sudah menggunakan teknik modulasi FM.

2.8 Demodulasi FM

Seperti namanya modulasi frekuensi, FM menggunakan perubahan frekuensi untuk membawa suara atau informasi lainnya yang diperlukan untuk ditempatkan ke pembawa (*carrier*), sebagai modulasi atau base band sinyal tegangan bervariasi, sehingga frekuensi perubahan sinyal sejalan dengan itu. Beberapa keuntungan dari modulasi FM diantaranya:

1. Pengurangan Gangguan (*Interference Reduction*)

Bila dibandingkan dengan AM (Modulasi Amplitudo), FM menawarkan peningkatan nyata dalam mengurangi gangguan. Mengingat fakta bahwa suara yang paling sering diterima adalah kebisingan amplitudo, penerima FM dapat menghapus sensitivitas amplitudo dengan menggunakan IF (*Intermediate Frequency*) sebagai pembatasnya.

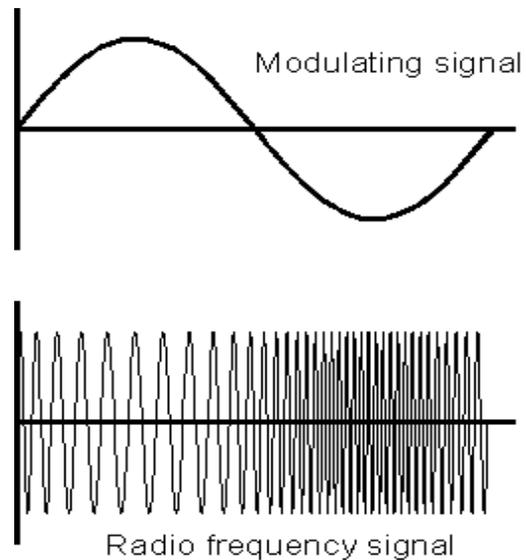
2. Penghapusan banyak efek variasi sinyal

FM (*Frequenc Modulation*) banyak digunakan untuk aplikasi mobile karena variasi amplitudo tidak menyebabkan

perubahan dalam tingkat suara. Karena suara dibawa oleh variasi frekuensi daripada amplitudo, dibawah kondisi kekuatan sinyal yang baik, ini tidak akan mempengaruhi perubahan pada tingkat audio.

3. Efisiensi penguat pemancar

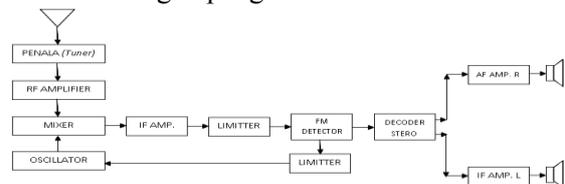
Karena modulasi menggunakan variasi frekuensi, ini berarti power amplifier pemancar dapat dibuat non-linear. Amplifier ini dapat dibuat menjadi lebih efisien daripada yang linear sehingga menghemat daya.



Gambar 4. Sinyal Modulasi Frekuensi

2.9. Sistem Penerima FM Stereo

Sistem penerima radio FM jika menggunakan teknik modulasi frekuensi yaitu sinyal termodulasi frekuensi bervariasi mengikuti variasi amplitudo sinyal informasi. Radio FM mempunyai band dari 88 sampai 108 MHz. Stasiun FM ditandai dengan frekuensi senter pada 200 kHz pemisahan dimulai pada 88.1 MHz untuk maksimum 100 stasiun. Stasiun FM ini mempunyai maksimum 75 kHz dari frekuensi senter upper 25 kHz dan lower untuk meminimalkan interaksi dengan pengaturan band frekuensi.



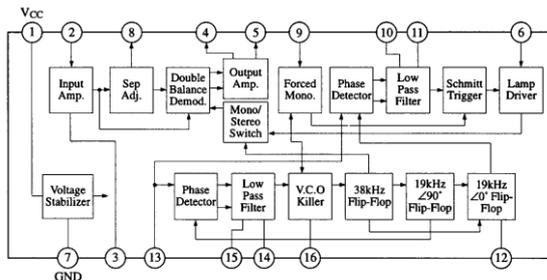
Gambar 5. Diagram sistem penerima radio FM

2.10. IC AN7410N

IC AN7410 merupakan sebuah sirkuit terpadu tegangan rendah yang didesain untuk multipleks demodulator FM. Dimana AN7410N dapat meningkatkan kinerjanya meskipun berada pada tegangan rendah (kurang maksimal). Stereo decoder AN7410N dalam sirkuitnya sudah memiliki banyak fungsi yang dapat meningkatkan kinerja dari stereo decoder untuk penerima radio FM.



Gamabr 6. Bentuk Fisik IC AN7410N



Gambar 7. Blok diagram IC AN7410N

2.11. Detektor Fasa

Detektor fasa atau fase komparator adalah mixer frekuensi, analog multiplier atau logika sirkuit yang menghasilkan sinyal tegangan yang mewakili perbedaan fasa antara dua sinyal input dan merupakan elemen terpenting dalam PLL (*Phase Locked Loop*). Mendeteksi perbedaan fasa ini sangat penting dalam proses demodulasi.

2.12. Schmitt Trigger

Dalam elektronik, sebuah schmitt trigger adalah rangkaian komparator dengan histeresis, diaplikasikan dengan menerapkan umpan balik positif ke input non-inverting dari komparator atau penguat diferensial. Ini adalah sirkuit aktif yang mengubah sinyal input analog menjadi sinyal keluaran digital. Rangkaian ini bernama pemacu (trigger) karena output mempertahankan nilainya sampai masukan perubahan cukup untuk memicu perubahan. Dalam konfigurasi non-inverting, ketika input lebih tinggi dari ambang batas tertentu yang dipilih output

yang tinggi. Ketika perbedaan input berada dibawah (lebih rendah) maka memilih ambang batas output rendah dan output akan mempertahankan nilainya ketika perbedaan input berada dua tingkat lebih tinggi. Aksi ganda ambang batas ini disebut histeresis dan menyiratkan bahwa schmitt trigger memiliki memori dan dapat bertindak sebagai sirkuit bistable (latch atau flip-flop). Ada hubunganyang erat antara dua jenis sirkuit.

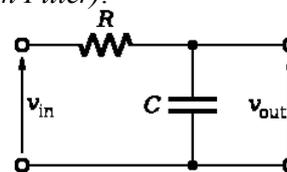
Perangkat schmitt trigger biasanya digunakan dalam aplikasi pengkondisian sinyal untuk menghilangkan noise dari sinyal yang digunakan dalam rangkaian, dan juga bisa digunakan dalam lingkaran konfigurasi umpan balik negative tertutup untuk menerapkan osilator relaksasi.

2.13. Filter

Filter dalam bidang elektronika adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk mengambil atau melewatkan tegangan output pada frekuensi tertentu yang diinginkan dan untuk melemahkan atau membuang ke ground tegangan output pada frekuensi tertentu yang tidak di inginkan. Filter dalam elektronika dibagi alam dua kelompok yaitu filter pasif dan filter aktif.

Untuk membuat suatu filter pasif dapat digunakan komponen-komponen pasif (R, L, C). sedangkan untuk membuat filter aktif diperlukan rangkaian (R, L, C, dan transistor atau Op-amp). pada dasarnya filter pasif maupun filter aktif dapat dikelompokkan berdasarkan respon frekuensi yang disaring (filter) menjadi 4 kelompok yaitu:

- Filer Lolos Bawah (*Low Pass Filter*).
- Filter Lolos Atas (*High Pass Filter*).
- Filter Lolos Rentang (*Band Pass Filter*).
- Filter Tolak Rentang (*Band Sto Filter* atau *Notch Filter*).

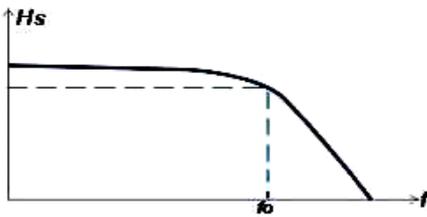


Gambar 8. Rangkaian RC Filter

Untuk membuat filter pada kelompok diatas dapat digunakan konfigurasi R dan C, L dan C, atau RLC. Akan tetapi penggunaan inductor sering dihindari karena fisik inductor yang besar, sehingga pada umumnya filter yang sering dijumpai adalah filter RC saja.

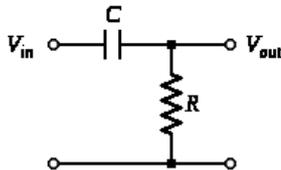
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Filter Lolos Bawah (*Low Pass Filter*) berfungsi untuk melewatkan tegangan output dengan frekuensi dibawah frekuensi *cut-off*.



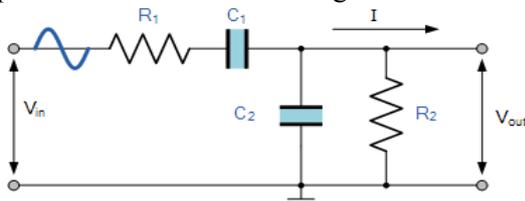
Gambar 9. Respon LPF

Filter Lolos Atas (*High Pass Filter*) berfungsi untuk melewatkan tegangan output dengan frekuensi di atas frekuensi *cut-off*.



Gambar 10. Rangkaian *High Pass Filter*

Filter Lolos Rentang (*Band Pass Filter*) berfungsi untuk melewatkan tegangan output pada frekuensi resonansi rangkaian.

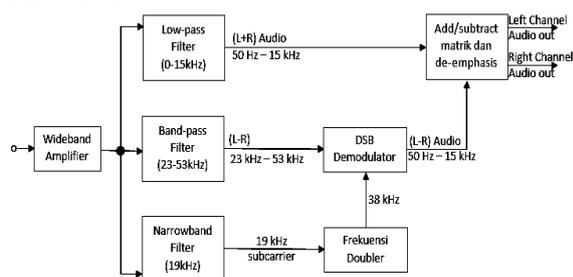


Gambar 11. Rangkaian *Band Pass Filter*.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Blok Diagram FM Stereo Multiplex Demodulation

Diagram blok secara keseluruhan menggambarkan bagaimana rangkaian nanti bekerja sebagaimana harusnya, dan blok diagram ini nantinya akan berhubungan dengan rangkaian decoder stereo yang dibangun dengan menggunakan IC AN7410N.



Gambar 12. Blok Diagram Sistem

3.2 Cara Kerja Sistem

Prinsip kerja dari stereo decoder adalah untuk memisahkan sinyal informasi dan sinyal yang termodulasi dengan memulihkan frekuensi sinyal informasi yang sebelumnya menjadi satu dengan sinyal pembawa (memiliki satu input) dengan frekuensi yang diubah-ubah sesuai dengan nilai perubahan amplitudo menjadi sinyal informasi yang sama dengan sinyal aslinya atau berupa audio stereo (menjadi dua output) *left channel* (chanel kiri) dan *right channel* (chanel kanan) atau (R + L) dan (R - L).

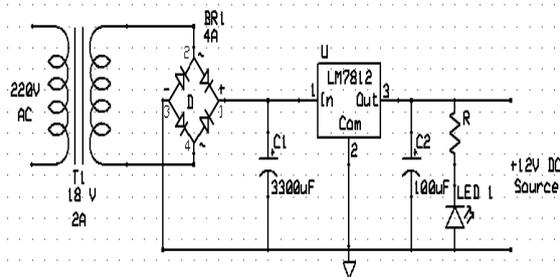
Dengan asumsi tidak ada kerugian atau distorsi dalam transmisi, output demodulator pada penerima multiplex FM stereo, disetel untuk transmisi stereo, karena itu komponen sinyal akan menjadi saluran penjumlahan (L+R), 19kHz subcarrier, *lower and upper sidebands* dari chanel (L - R).

Seperti ditunjukkan dalam diagram blok stereo FM multiplex demodulation, proses penggalian informasi yang diinginkan cukup mudah . Sebuah low pass filter menghapus semua frekuensi lebih dari 15 kHz dan memiliki sinyal jumlah (L+R) pada output. Dalam penerima, ini akan menjadi satu-satunya output yang akan diproses lebih lanjut, melalui de-emphasis untuk amplifikasi audio. Band pass filter memilih *sidebands* yang sesuai dengan sinyal perbedaan (L - R) dan juga menolak frekuensi SCA atas 59.5kHz. Kedua masukan kepada hasil demodulator DSB di sirkuit ini menghasilkan sinyal perbedaan yang diinginkan (L - R), yang bila diumpankan ke matriks bersama dengan (L + R), menghasilkan saluran kiri dari penambah dan saluran yang tepat dari sebuah subtractor . Setelah de-emphasis, audio akan di amplifikasikan lebih lanjut dan diproduksi sebagai output audio yang terpisah yaitu *left channel* dan *right channel*.

3.3. Desain Catu Daya 12 Volt

Pada desain catu daya 12 volt ini untuk menghasilkan tegangan DC sebesar 12 volt. Karena rangkaian hanya dapat bekerja dengan tegangan masukan maksimal 12 volt DC sehingga diperlukan suatu rangkaian catu daya (*power supply*) sebagai konverter dari tegangan AC menjadi tegangan DC yang akan dihubungkan dengan rangkaian sebagai tegangan masukan. Power supply ini menggunakan IC regulator 7812 sebagai

penstabil tegangan sehingga tegangan yang dihasilkan stabil pada 12 volt DC dan mampu memberikan sumber arus maksimal 1 ampere. Secara lengkap akan ditunjukkan gambar perencanaan catu daya (power supply).



Gambar 13. Rangkaian catu daya 12 Volt DC

Rangkaian power supply 12 volt diatas terdiri dari beberapa bagian:

1. Bagian stepdown, bagian ini berfungsi menurunkan tegangan AC 220 volt menjadi 12 volt.
2. Bagian rectifier berfungsi untuk menyearahkan tegangan AC dari transformer.
3. Bagian regulator yang berfungsi untuk mengatur tegangan output power supply agar stabil pada level tegangan 12 volt DC.
4. Bagian indikator ini berfungsi untuk memberikan tanda atau signal kondisi catu daya hidup ditandai dengan LED.

Komponen yang digunakan dalam pembuatan catu daya 12 volt :

1. Trafo 18 volt 2 A tanpa CT.
2. Dioda bridge DI 4A
3. Kapasitor elektrolit 3300uF/25V.
4. Kapasitor 100uF/25V.
5. IC regulator LM7812.
6. LED (*light emitting diode*).

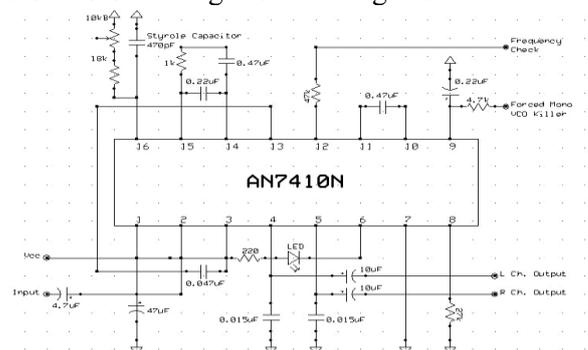
3.4. Desain Rangkaian Decoder

Pada desain alat ini rangkaian decoder stereo menggunakan IC AN7410N sebagai stereo decoder yang mana didalam IC tersebut sudah terdapat stereo decoder, PLL (*Phase Locked Loop*), *Low Pass Filter (LPF)*, *Phase Detector*, 38 kHz flip-flop, 19 kHz pilot tone, *balance demodulator* dan LED (*Light Emiting Diode*) sebagai indikator dengan spesifikasi IC AN7410N seperti pada tabel 1.

Tabel 1. *Absolute Maximum Ratings* (Ta=25°C)

Item	Symbol	Rating	Unit
Supply Voltage	V _{cc}	12	V
Terminal Voltage	V ₆₋₇	12	V
Circuit Current	I ₆	75	mA
A Power Dissipation	P _D	360	mW
Operating Ambient Temperature	T _{opr}	-20~+75	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-	°C
		55~+125	°C

Dari spesifikasi diatas dapat kita desain sesuai dengan skematik gambar 14.



Gambar 14. Rangkaian Stereo Decoder

Komponen yang digunakan dalam rangkaian decoder stereo yaitu;

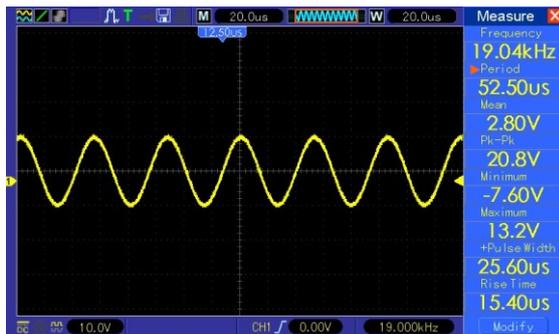
1. IC AN7410N
2. LED (*Light Emiting Diode*)
3. Kapasitor Elco (4,7 µF, 47 µF dan 10 µF)
4. Kapasitor Keramik 470 pF
5. Kapasitor Milar (15 pF, 470 pF, 47 pF dan 220 pF)
6. Resistor
7. Variabel Resistor

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

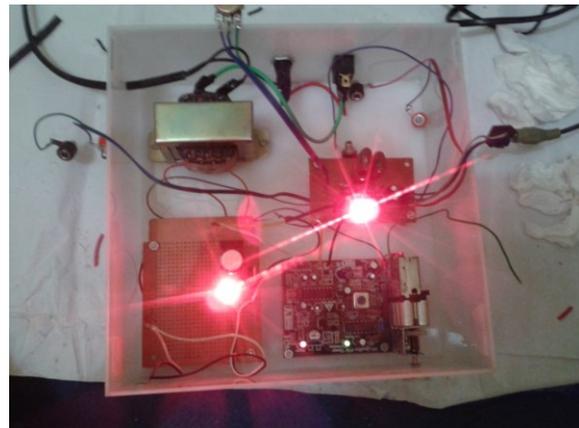
4.1 Pengujian Deteksi Pilot Tone 19 kHz

Pada pengujian ini menggunakan bantuan software Auda City untuk membangkitkan frekuensi 19 kHz yang akan di pancarkan pada rangkaian stereo decoder dan untuk mengetahui apakah rangkaian stereo decoder bias untuk mendeteksi frekuensi pilot 19 kHz tanpa adanya tambahan frekuensi carrier (pembawa) 38 kHz.

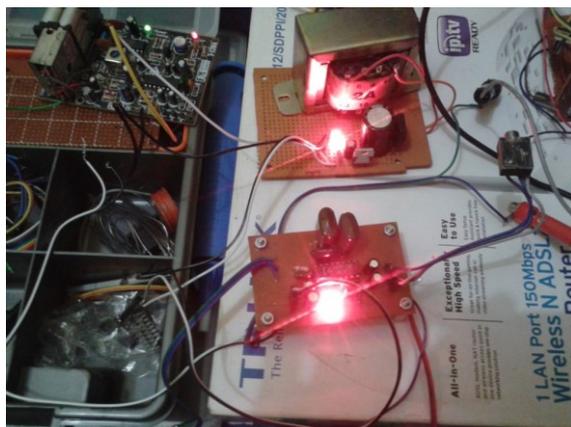
Gambar 15 menunjukkan hasil dari pengujian rangkaian decoder stereo, yang juga ditampilkan pada osiloskop.



Gambar 15. Frekuensi 19 kHz yang dibangkitkan dari Software Audacity



Gambar 17. Hasil pengujian rangkaian stereo decoder



Gambar 16. Hasil Pengujian Pilot Tone 19 kHz

Dari hasil pengujian deteksi pilot tone 19 kHz didapat bahwa rangkaian stereo decoder mampu mendeteksi frekuensi pilot 19 kHz yang diberikan dengan LED (*Light Emitting Diode*) yang menyala sebagai indikator bahwa rangkaian stereo decoder bias mendeteksi frekuensi tersebut.

4.2 Pengujian Rangkaian Decoder

Pada pengujian rangkaian stereo decoder ini bertujuan untuk mengetahui apakah stereo decoder bias menangkap sinyal pilot tone 19 kHz dan juga sinyal carrier (pembawa) 38 kHz yang dipancarkan dengan bantuan tuner FM, yang mana jika rangkaian stereo decoder bias mendeteksi frekuensi tersebut LED dari rangkaian decoder akan menyala bersamaan dengan LED pada tuner FM. Selain itu juga untuk mengetahui apakah rangkaian stereo decoder bias mengeluarkan output berupa audio stereo L dan R.

Gambar 17 menunjukkan hasil dari pengujian rangkaian decoder stereo.

Pada pengujian rangkaian stereo decoder ini menunjukkan bahwa decoder biasa untuk menerima frekuensi radio yang terdiri dari frekuensi 19 kHz dan 38 kHz (*carrier*) yang dipancarkan dengan bantuan rangkaian tuner FM dan mengeluarkan output suara stereo. LED pada rangkaian stereo decoder menyala bersamaan dengan LED dari rangkaian tuner FM.

Tabel 2. Hasil Keluaran Audio

Stasiun Radio	LED	Audio
RCB FM	Nyala	Stereo
Tidar Sakti	Nyala	Stereo
Radio Kencana	Nyala	Stereo
Radio Elfara	Nyala	Stereo
Radio Puspita	Nyala	Stereo

4.3 Pengujian DSB-SC Demodulator

Pada pengujian DSB-SC Demodulator ini dilakukan untuk mengetahui system demodulasi dari rangkaian dan juga untuk mengetahui sideband frekuensi keluaran dari saluran audio R maupun saluran audio L pada frekuensi sub-carrier tertentu. Pengujian ini mencampurkan 2 sinyal yang berbeda frekuensinya yang akan di inputkan kedalam rangkaian decoder. Tiap frekuensi sub-carrier yang di set dari 36-40 kHz memiliki frekuensi keluaran sideband yang diharapkan.

Tabel 3 menunjukkan nilai frekuensi keluaran yang diharapkan dari masing-masing kanal jika diberi frekuensi sub-carrier yang di set dari frekuensi 36-40 kHz.

Tabel 3. Keluaran frekuensi yang diharapkan

Frekuensi Input (kHz)	Frekuensi Output (Hz)
36 kHz	2000
37 kHz	1000
38 kHz	0
39 kHz	1000
40 kHz	2000

Tabel 4 dan tabel 5 merupakan hasil pengujian frekuensi keluaran pada masing-masing saluran audio terhadap frekuensi sub-carrier.

Tabel 4. Hasil keluaran frekuensi pada kanal audio L

Frekuensi Input (kHz)	Frekuensi Output (Hz)
36 kHz	2337.7
37 kHz	1019.6
38 kHz	50.1
39 kHz	1107.8
40 kHz	1772

Tabel 5. Hasil keluaran frekuensi pada kanal audio R

Frekuensi Input (kHz)	Frekuensi Output (Hz)
36 kHz	1900.5
37 kHz	1038.6
38 kHz	50
39 kHz	907
40 kHz	1593.6

Dari hasil pengujian frekuensi keluaran pada masing-masing kanal audio baik kanal audio L maupun kanal audio R didapat bahwa frekuensi keluaran memiliki selisih yang kecil dari frekuensi yang diharapkan. Hal ini disebabkan karena pembangkit frekuensi dari function generator yang kurang stabil.

a) Selisih frekuensi pada saluran audio L

Selisih frekuensi = frekuensi harapan – frekuensi terbaca

1. Pada frekuensi input 36 kHz

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= 2000 - 2337.7 \\ &= 337.7 \text{ Hz} \end{aligned}$$

2. Pada frekuensi input 37 kHz

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= 1000 - 1019.6 \\ &= 19.6 \text{ Hz} \end{aligned}$$

3. Pada frekuensi input 38 kHz

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= 0 - 50.1 \\ &= 50.1 \text{ Hz} \end{aligned}$$

4. Pada frekuensi input 39 kHz

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= 1000 - 1107.8 \\ &= 107.8 \text{ Hz} \end{aligned}$$

5. Pada frekuensi input 40 kHz

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= 2000 - 1772 \\ &= 228 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Tabel 6. Selisih frekuensi keluaran dari frekuensi harapan pada saluran audio L

Frekuensi Input (kHz)	Frekuensi Harapan (kHz)	Frekuensi Terbaca (Hz)	Selisih Frekuensi (Hz)
36	2	2337.7	337.7
37	1	1019.6	19.6
38	0	50.1	50.1
39	1	1107.8	107.8
40	2	1772	228

b) Perhitungan nilai error

$$\text{Error} = \text{selisih frekuensi} \times 100\%$$

1. Pada frekuensi input 36 kHz

$$\begin{aligned} \text{Error} &= 337,7 \times 100\% \\ \text{Error} &= 3,37\% \end{aligned}$$

2. Pada frekuensi input 37 kHz

$$\begin{aligned} \text{Error} &= 19,6 \times 100\% \\ \text{Error} &= 0,19\% \end{aligned}$$

3. Pada frekuensi input 38 kHz

$$\begin{aligned} \text{Error} &= 50,1 \times 100\% \\ \text{Error} &= 0,51\% \end{aligned}$$

4. Pada frekuensi input 39 kHz

$$\begin{aligned} \text{Error} &= 107,8 \times 100\% \\ \text{Error} &= 1,07\% \end{aligned}$$

5. Pada frekuensi input 40 kHz

$$\begin{aligned} \text{Error} &= 228 \times 100\% \\ \text{Error} &= 2,28\% \end{aligned}$$

Tabel 7. Persentase nilai error frekuensi

Frekuensi Input (kHz)	Error (%)
36	3.37
37	0.19
38	0.51
39	1.07
40	2.28

c) Selisih frekuensi pada saluran audio R
 Selisih frekuensi = frekuensi harapan
 – frekuensi terbaca

1. Pada frekuensi input 36 kHz
 Selisih = 2000 – 1900.5
 = 99.5 Hz
2. Pada frekuensi input 37 kHz
 Selisih = 1000 – 1038.6
 = 38.6 Hz
3. Pada frekuensi input 38 kHz
 Selisih = 0 – 50
 = 50 Hz
4. Pada frekuensi input 39 kHz
 Selisih = 1000 – 907
 = 93 Hz
5. Pada frekuensi input 40 kHz
 Selisih = 2000 – 1593.6
 = 406.4 Hz

Tabel 8. Selisih frekuensi keluaran dari frekuensi harapan pada saluran audio R

Frekuensi Input (kHz)	Frekuensi Harapan (kHz)	Frekuensi Terbaca (Hz)	Selisih Frekuensi (Hz)
36	2	1900.5	99.5
37	1	1038.6	38.6
38	0	50	50
39	1	907	93
40	2	1593.6	406.4

d) Perhitungan nilai error

$$\text{Error} = \text{selisih frekuensi} \times 100\%$$

1. Pada frekuensi input 36 kHz
 Error = 99,5 x 100%
 Error = 0,9%
2. Pada frekuensi input 37 kHz
 Error = 38,6 x 100%
 Error = 0,38%
3. Pada frekuensi input 38 kHz
 Error = 50 x 100%
 Error = 0,5%
4. Pada frekuensi input 39 kHz
 Error = 93 x 100%
 Error = 0,9%
5. Pada frekuensi input 40 kHz
 Error = 406,4 x 100%
 Error = 4,06%

Tabel 9. Persentase nilai error frekuensi

Frekuensi Input (kHz)	Error (%)
36	0.9
37	0.38
38	0.5
39	0.9
40	4.06

4.4 Pengujian Encoder To Decoder

Pada pengujian rangkaian encoder to decoder ini untuk mengetahui sinkronisasi dari kedua rangkaian yang mana encoder sebagai pengirim sinyal audio dan decoder sebagai penerima sinyal audio. Dan juga untuk mengetahui apakah sinyal yang dihasilkan dari proses modulasi dan demodulasi berupa stereo dengan masukan berupa frekuensi yang akan terbaca hasil frekuensinya dengan frequency counter.



Gambar 18. Hasil Pengujian Encoder to Decoder



Gambar 19. Hasil frekuensi keluaran pada kanal audio L



Gambar 20. Hasil frekuensi keluaran pada kanal audio R

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan didapatkan bahwa rangkaian stereo encoder dan rangkaian stereo decoder terhubung dengan baik yang mana suara yang dihasilkan sudah menunjukkan hasil suara berupa stereo dan rangkaian stereo decoder bias mendeteksi frekuensi pilot tone yang dihasilkan oleh rangkaian stereo encoder dengan lampu LED yang menyala dan hasil frekuensi 19 kHz yang ditunjukkan pada osiloskop digital.

Pada pengujian stereo menggunakan frekuensi sebagai sinyal masukan yang diinputkan pada masing-masing kanal pada rangkaian stereo encoder dan dibaca frekuensi keluarannya pada bagian stereo decoder yang mana kanal L memiliki frekuensi keluaran yang sesuai dengan frekuensi masukannya (100 Hz), sedangkan hasil frekuensi keluaran pada kanal R memiliki selisih frekuensi sebesar 1.3 Hz dari frekuensi masukan (1 kHz).

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan proses desain dan pembuatan serta pengujian alat, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Rangkaian stereo decoder sudah bisa mendeteksi frekuensi pilot tone 19 kHz yang dibangkitkan baik melalui bantuan software maupun tuner FM.
2. Rangkaian stereo decoder bisa mendeteksi sinyal siaran radio.
3. Frekuensi sideband hasil dari proses DSB-SC demodulator yang dihasilkan melalui saluran R dan L masih memiliki selisih nilai frekuensi dengan rata-rata nilai persentase 1.416% dari nilai frekuensi yang diharapkan dan hal

ini disebabkan oleh osilator frekuensi dari function generator.

4. Hasil audio yang di hasilkan oleh stereo decoder sudah menunjukkan stereo.
5. Kesimpulan dari keseluruhan pengujian didapatkan bahwa rangkaian stereo decoder sudah bisa berfungsi walaupun masih terdapat beberapa kekurangan didalamnya baik dalam proses demodulasi maupun dalam suara yang dihasilkan.

6. REFERENSI

- G. Jong Bloe, "Elektronika Merencanakan dan Merakit Sendiri." Angkasa Bandung, Bandung, 1998.
- Agfianto Eko Putra,"Belajar Mikrokontroller.", Gava Media, Yogyakarta, 2002
- Albert Paul Malvino, "Prinsip-Prinsip Elektronika." Erlangga, Jakarta, 1994
- Internet: www.atmel.com. Download Mikrokontroller AT89S52 data sheet
- Internet: ww.cytron.com.my. Download HSM-20G data sheet.
- IEI Surabaya, Electronics Technology, 1992
- Internet: www.semiconductor.philips.com download PCF9591 datasheet
- Edwin Soedjarwo, "Membuat Mesin Tetas Sederhana." PT. Penebar Swadaya Jakarta, 1997
- Farry B. Paimin, "Membuat dan Mengelola Mesin Tetas", PT. Penebar Swadaya Jakarta, 1995

