

ISSN 1410 - 9735



JURNAL TEKNIK ELEKTRO

TESLA

VOL. 15 NO. 1 - MARET 2013

| | | | | | |
|--------------|---------|-------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| Jurnal TESLA | Vol. 15 | No. 1 | Hlm. 1 - 101 | Jakarta Maret 2013 | ISSN 1410 - 9735 |
|--------------|---------|-------|-----------------|-----------------------|---------------------|

JURNAL TESLA

REDAKSI TESLA

- Pemimpin Umum : Dr. Agustinus Purna Irawan, ST., MT. (Untar).
Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara
- Ketua Dewan Penyunting : Ir. Endah Setyaningsih, MT. (Untar)
- Dewan Penyunting Ahli : Prof. Dr. Ir. Dali Santun Naga, MMSI. (Untar)
Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto, M.Sc. (UI)
Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, M.Sc. (UI)
Ir. Hadian Satria Utama, MSEE. (Untar)
Dr. Ir. Eko Syamsuddin, M.Eng. (BPPT)
- Penyunting Pelaksana : Joni Fat, ST., ME. (Untar)
Drs. F.X. Sigit Wijono, MT. (Untar)
Lydwina Wardhani, ST. (Untar)
- Pelaksana Teknis : Siswadi Joko Santoso (Untar)
- Penerbit : Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Tarumanagara
- Alamat Penerbit : Jln. Letjen. S. Parman No. 1
Jakarta – 11440
Telp : 021-5638359 , 5672548
Fax : 021-5663277
Email : teslauntar@gmail.com
Web : <http://teslauntar.blogspot.com>

Nama "TESLA" diambil dari nama tokoh seorang ilmuwan listrik yang diabadikan menjadi satuan medan magnetik yaitu NIKOLA TESLA yang lahir di Kroasia.

Jurnal TESLA yang merupakan Jurnal Ilmiah Teknik Elektro yang diterbitkan 2 kali dalam setahun pada Bulan Maret dan Oktober. Sejak Bulan Oktober 2009, Jurnal TESLA telah menjalin kerjasama dengan *Indonesian Experts Electronics* – Jakarta (IEE-J) yang mempunyai visi dan misi dalam meningkatkan Jurnal

JURNAL TESLA

DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| Daftar Isi | i |
| Editorial | ii |
| 1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi dalam Perencanaan Jaringan Sensor Nirkabel dengan Pemakaian Daya Tepat Guna | 1 – 13 |
| Hendrianto Husada | |
| 2. Alat Interkom Melalui Jala-Jala Listrik pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara | 14 – 24 |
| Robins S., Endah Setyaningsih dan Tony Winata | |
| 3. Alat Pencatat Notasi Langkah dan Waktu Berjalan Pada Pertandingan Catur dengan Tampilan Secara <i>Wireless</i> | 25 – 39 |
| Gunawan, Sigit Wijono dan Hadian Satria Utama | |
| 4. Alat Pengisian Pulsa Elektronik Berbasis Mikrokontroler dengan <i>Contactless Smart Card</i> | 40 – 51 |
| Calvin Oktavianus, Eko Syamsuddin H. dan Hugeng | |
| 5. Sistem Keamanan Barang Berharga dengan Monitoring Melalui Jaringan Seluler | 52 – 72 |
| Yansen J., Dali S. Naga dan Tjandra Susila | |
| 6. Sistem Pengawasan dan Pengontrolan <i>Cooling Tower</i> pada Industri Manufaktur | 73 – 84 |
| Handi Winata, Eko Syamsuddin dan Yohanes Calvinus | |
| 7. Alat Penggulang Lilitan Transformator secara Otomatis Menggunakan <i>Remote Control</i> | 85 – 101 |
| Hendra Junaidi Yulianus dan Tony Winata | |

ALAT INTERKOM MELALUI JALA-JALA LISTRIK PADA JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS TARUMANAGARA

Robins S.¹, Endah Setyaningsih¹ dan Tony Winata^{2,2}

Abstract: *Intercom is an electronic communication system aimed for limited communication process. Used intercom usually consists of control panel which used lots of cable. To avoid cabling matter in the installation of intercom device, using the infrastructure of home electricity network for sending data, intercom device pass through electricity line was designed. Intercom device passed through electricity line is an intercom that use PLN electricity cable (electricity line) as a communication track application. The voice signal dispatch of this device uses FM modulation. FM modulator is uses inductor and capacitor component, while FM demodulator uses PLL. 220 VAC of PLN electricity network becomes the power supply source of intercom device and voice signal dispatch channel. This intercom communication uses half duplex system. Voice frequency vibration is read by using microphone which strengthen by transistor for modulated using VCO. VCO output is FM signal joined to electricity line through MF trafo as 220VAC and intercom network separator. FM signal on electricity net will be received by PLL through MF trafo. FM signal demodulation result strengthened by Op-Amp so the voice transmitter could be clearly heard. Ringtone on intercom are produced by tension level which given flip flop signal resulted from NOT gate joining, until beep tone voice repeatedly heard and sent using VCO like voice signal. This intercom device must be connected to inline electricity line (one phase). It's bandwidth signal are 11.090 Hz from 302 – 11.392 Hz, so it could be confirmed that standard for telephone quality speech from 300 – 3400 Hz was reached. This device weakness is too wide about the bandwidth, so that easily disturbed by noise signal.*

Key Word: *design, intercom, power line communication*

Abstrak: Interkom merupakan sebuah sistem komunikasi elektronik yang ditujukan untuk proses komunikasi yang terbatas. Interkom yang digunakan biasanya terdiri dari panel kontrol yang menggunakan banyak kabel. Menghindari permasalahan pengkabelan pada instalasi peralatan interkom dan dengan memanfaatkan infrastruktur jaringan listrik rumah untuk pengiriman maka dirancanglah alat interkom melalui jala-jala listrik. Alat interkom melalui jala-jala listrik adalah interkom yang pengaplikasian jalur komunikasinya memanfaatkan kabel listrik PLN (jala-jala listrik). Pengiriman sinyal suara alat interkom ini menggunakan modulasi FM. Modulator FM menggunakan osilator komponen induktor dan kapasitor, demodulator FM menggunakan PLL. Jaringan listrik PLN 220 VAC menjadi sumber daya alat interkom dan saluran pengiriman sinyal suara. Sistem komunikasi interkom ini menggunakan sistem *half-duplex*. Getaran frekuensi suara dibaca menggunakan microphone yang dikuatkan dengan penguatan dari transistor untuk dimodulasi menggunakan VCO. Keluaran dari VCO yang merupakan sinyal FM ditumpangkan pada jala-jala listrik melalui MF trafo sebagai pemisah tegangan 220VAC dengan rangkaian interkom. Sinyal FM pada jala-jala listrik akan diterima oleh PLL melalui MF trafo. Hasil demodulasi sinyal FM tadi diperkuat dengan Op-Amp agar suara yang dikirimkan dapat terdengar dengan jelas. Nada dering pada interkom dihasilkan dari level tegangan yang diberikan sinyal flip-flop hasil dari gabungan gerbang NOT, sehingga terdengar bunyi nada beep secara berulang dan dikirimkan menggunakan VCO seperti sinyal suara. Cara penggunaan alat interkom ini adalah dengan menghubungkan antar alat interkom pada jalur listrik yang sejajar (satu fasa). Bandwidth sinyal alat interkom ini sebesar 11.090kHz, sehingga dapat dipastikan sinyal frekuensi suara yang dapat dihasilkan manusia dari 50-10kHz dapat terkirimkan. Kelemahan dari alat ini adalah munculnya feed back yang terjadi bila alat interkom diletakkan berdampingan tanpa penghalang berupa tembok, kelemahan yang terjadi alat interkom ini perlu dipasang chasing sebagai shielding.

Kata Kunci: perancangan, interkom, jala-jala listrik.

PENDAHULUAN

Kemudahan yang diperoleh manusia saat ini tidak lepas dari kemajuan teknologi yang berkembang dengan sangat pesat untuk membantu memenuhi kebutuhan manusia. Kebutuhan manusia sebagai makhluk sosial dalam hal berkomunikasi sangatlah penting. Alat-alat komunikasi merupakan salah satu dari teknologi yang mengalami perkembangan dengan sangat pesat saat ini. Interkom yang merupakan salah satu alat komunikasi elektronik yang digunakan pada rumah-rumah dan perkantoran serta instansi pendidikan yang sudah banyak diketahui kegunaan untuk mempermudah dalam berkomunikasi.

Interkom merupakan sebuah sistem komunikasi elektronik yang ditujukan untuk pembicaraan, pengumuman, atau proses komunikasi yang terbatas. Interkom yang dipasang pada sebuah gedung biasanya terdiri dari microphone atau speaker yang terhubung pada sebuah control panel melalui banyak kabel. Interkom yang biasa dipasang di rumah-rumah yang menjadi penghubung antar beberapa ruangan merupakan sistem interkom dalam lingkungan kecil. Sistem yang mencakup lingkungan lebih besar mampu menghubungkan semua ruangan di seperti rumah sakit, pasar swalayan, sekolah, dan gedung-gedung besar lainnya.

Instalasi kabel untuk penggunaan interkom dapat menimbulkan banyak permasalahan seperti banyaknya kabel yang harus digunakan sehingga mengakibatkan biaya instalasi menjadi lebih besar dan proses instalasi kabel yang menyebabkan suasana ruangan yang dilalui kabel peralatan interkom terlihat tidak rapi.

Menghindari permasalahan pengkabelan pada instalasi peralatan interkom pada ruangan tersebut, penulis melihat penemuan alat bebas kabel, tetapi bukan wireless yaitu teknologi Power Line Communication (PLC) memanfaatkan infrastruktur jaringan listrik rumah untuk pengiriman data [1], memberi ide penulis untuk merancang dan merealisasikan alat interkom yang memanfaatkan jala-jala listrik pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara, sehingga memudahkan dalam proses instalasi peralatan interkom pada ruangan Sekretariat dan ruang kuliah Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara. Sinyal alat interkom ini

¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara

² Jurusan Teknik Elektro Universitas Trisakti

ditumpangkan pada kabel listrik yang sudah terpasang pada ruangan yang tersedia instalasi listrik dengan memanfaatkan jala-jala listrik.

Survei dilakukan pada beberapa alat yang berhubungan dengan alat yang dirancang oleh penulis, seperti pada alat sistem paging melalui jala-jala listrik dengan addressing Dual Tone Multiple Frequency (DTMF) yang merupakan landasan pengembangan untuk alat yang dirancang, interkom standar yang masih menggunakan kabel tersendiri (tidak melalui jala-jala listrik) berupa aiphone LEF-3C series intercom system dan alat pengirim data KWH meter menggunakan jala-jala listrik.

Survei sistem paging melalui jala-jala listrik dengan addressing DTMF dilakukan pada hari Selasa, 28 Oktober 2008 dari hasil tugas akhir Hasan yang berjudul Sistem Paging Melalui Jala-Jala Listrik dengan Addressing DTMF, pada pukul 14.20 untuk mensurvei sistem telekomunikasi yang digunakan. Cara kerja sistem paging melalui jala-jala listrik dengan addressing DTMF adalah pengiriman pesan suara dilakukan dari transmitter dengan menekan keypad matrix untuk menentukan tujuan penerima pesan yang mengaktifkan speaker pada alat receiver sehingga suara hanya terdengar pada penerima yang dituju dan tidak mengganggu penerima lain yang tidak dituju. Pesan yang dikirimkan berupa informasi suara yang dilakukan dengan sistem komunikasi satu arah (simplex) melalui jala-jala listrik. Foto hasil survei alat sistem paging melalui jala-jala listrik dengan addressing DTMF dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Sistem Paging Melalui Jala-Jala Listrik dengan Addressing DTMF [2].

Survei alat The Aiphone LEF-3C Series Intercom System dilakukan pada hari Rabu, 29 Oktober 2008 melalui website http://www.hooverfence.com/catalog/entry_system/aiphone/lef-intercom.htm pada pukul 13.00 untuk mensurvei jalur komunikasi yang digunakan. Cara kerja dari aiphone LEF-3C series intercom system adalah dengan menekan tombol tujuan pada aiphone LEF sehingga mengaktifkan speaker pada penerima, kemudian pengirim pesan berbicara, dan pesan di kirimkan melalui shielded multi-conductor wire (kabel interkom tersendiri/tanpa melalui jala-jala listrik). Pesan yang dikirimkan berupa informasi suara yang dilakukan dengan sistem full-duplex. Foto hasil survei alat The Aiphone LEF Series Intercom System dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. The Aiphone LEF Series Intercom System [3].

Survei alat pengirim data KWH meter menggunakan jala-jala listrik dilakukan pada hari Rabu, 29 Oktober 2008 melalui website www.stei.itb.ac.id/d4-otomasi/images/stories/TA06-07/aaefan.pdf pada pukul 14.35 untuk mensurvei jenis data yang dikirimkan. Cara kerja dari alat pengirim data Kwh meter menggunakan jala-jala listrik adalah alat pengirim data diletakkan di Kwh meter sebagai pengirim nomor ID pelanggan dan data KWH meter selama satu bulan, sedangkan alat penerima data KWH meter berada di gardu tiang/gardu distribusi. Data yang diterima berupa nomor ID pelanggan dan data Kwh meter selama satu bulan, yang dikirimkan menggunakan jala-jala listrik. Pemisah antara jaringan listrik dan rangkaian ini menggunakan rangkaian kapasitor karena sinyal yang dikirimkan hanya berupa data digital. Foto hasil survei alat pengirim data KWH meter menggunakan jala-jala listrik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alat Pengirim Data KWH Meter Menggunakan Jala-Jala Listrik [4].

Alat yang dirancang adalah alat interkom dengan metode pengiriman suara melalui jala-jala listrik. Diujicobakan pada ruangan Sekretariat dan ruang kelas Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara yaitu pada ruangan kelas Hall L3 dan kelas L.4/08. Setiap ruangan dipasang sebuah alat interkom yang dihubungkan pada stop kontak listrik ruangan tersebut dengan sistem kerja mengirim dan menerima sinyal suara dalam bentuk sinyal Frequency Modulation (FM). Hubungan antar alat yang dirancang ini dapat dilakukan dari ruang kelas belajar dengan ruangan Sekretariat Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara dengan sistem telekomunikasi dua arah (half-duplex).

KAJIAN PUSTAKA

Alat yang dirancang adalah berupa interkom dengan metode pengiriman suara melalui jala-jala listrik. Tujuan dari perancangan alat ini untuk memanfaatkan jala-jala listrik pada instalasi kabel listrik yang telah ada pada bangunan, serta mengurangi permasalahan pada penataan dan banyaknya kabel yang digunakan dan dibuktikan dengan tidak adanya pemasangan kabel baru untuk menghubungkan alat-alat interkom ini. Alat inipun dapat diletakkan dimana saja pada ruangan yang memiliki *outlet* jala-jala listrik yang sejajar.

Interkom ini berfungsi untuk mengirimkan sinyal suara dan menerima sinyal suara yang terdiri dari sebuah rangkaian *microphone amplifier* untuk memperkuat suara yang masuk pada *microphone*. Proses pengiriman dan penerimaan sinyal suara dengan sistem *half-duplex* melalui kabel yang dilalui oleh jaringan listrik PLN 220 Volt *alternating current* (AC). Dasar kerja alat ini adalah menggunakan frekuensi tinggi yang tidak digunakan untuk mengalirkan listrik. Jalur listrik umumnya menggunakan frekuensi 50-60 Hz untuk mengalirkan listrik. Alat ini menggunakan frekuensi yang lebih tinggi untuk mengirimkan data sebesar 100-200kHz.

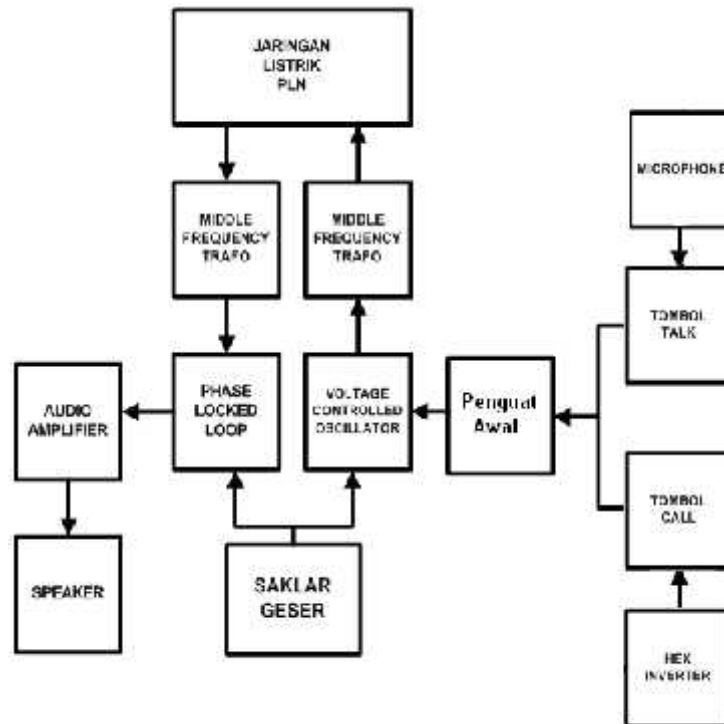
Sistem pengiriman sinyal suara melalui jala-jala listrik menggunakan modulator FM dengan menggunakan rangkaian VCO sebagai pemodulasi sinyal FM, dan demodulator FM yang menggunakan PLL sebagai demodulator sinyal FM. VCO digunakan untuk memodulasi sinyal *audio* yang akan ditransmisikan dengan metode modulasi FM dan untuk menumpangkan sinyal FM ini ke jala-jala listrik digunakan sebuah trafo agar jalur listrik terpisah dengan rangkaian, karena rangkaian ini tidak boleh terhubung langsung dengan kabel yang dialiri jaringan listrik PLN 220 VAC. Frekuensi sinyal pembawa yang digunakan adalah sebesar 100-200kHz.

Pemilihan tujuan alat interkom yang dihubungi ditentukan dengan mengubah posisi saklar geser. Pengubahan posisi saklar bertujuan untuk mengubah pengaturan frekuensi pembawa sehingga sama dengan pengaturan VCO di dalam rangkaian PLL alat interkom yang dituju. Kedudukan saklar dikembalikan pada posisi semula untuk menetapkan pengaturan frekuensi *free running* yang sudah ditentukan sebagai simbol kode pengenalan alamat tujuan.

Saklar berupa tombol tekan yang digunakan ditandai dengan *call* dan *talk* digunakan untuk menghasilkan flip-flop untuk menghasilkan nada dering telepon pemanggilan dan melakukan pembicaraan. Nada dering yang dikirimkan dengan menekan tombol *call* dihasilkan dari rangkaian *hex inverter* yang merupakan gerbang *NOT*. Tombol *talk* ditekan saat akan melakukan pembicaraan. Sinyal suara yang diterima dari *mic* dan nada dering yang akan dikirimkan diperbesar terlebih dahulu untuk dikirimkan melalui jala-jala listrik. Sinyal suara yang diterima dan didemodulasi oleh PLL akan diperbesar dengan menggunakan *audio amplifier* sehingga dapat terdengar jelas pada *speaker* alat interkom yang dituju oleh penghubung dengan *volume* suara yang dapat diatur oleh penerima.

Diagram Blok

Diagram blok lengkap mengenai perancangan dan realisasi alat interkom melalui jala-jala listrik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok alat yang Dirancang.

Modulasi Frekuensi

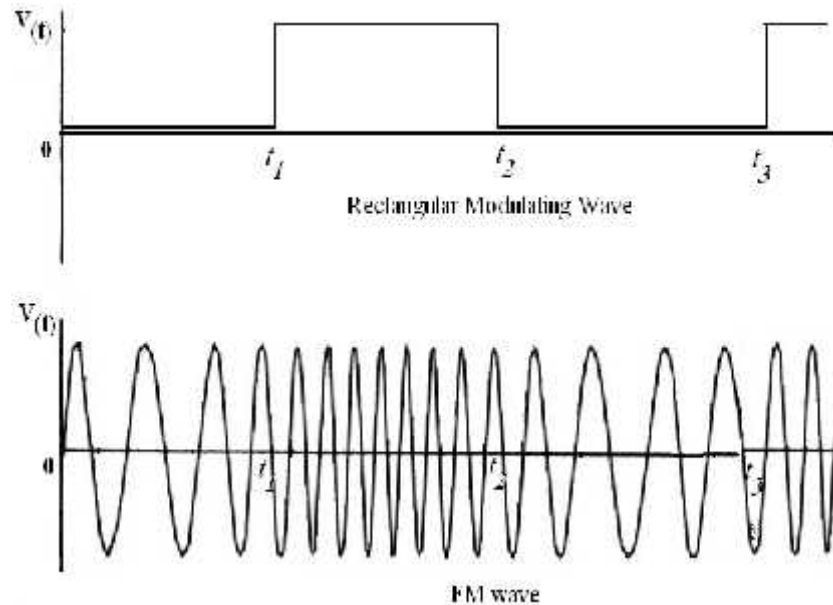
Modulasi adalah proses dimana beberapa karakteristik dari suatu sinyal yang disebut *carrier*, bervariasi dengan nilai dari sinyal lain yang disebut sinyal modulasi[5]. Modulasi frekuensi adalah proses modulasi dimana frekuensi sinyal pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan frekuensi sinyal pemodulasi (sinyal informasi) dengan amplitudo tetap. Keuntungan menggunakan modulasi frekuensi yaitu amplitudo yang konstan dari gelombang FM memungkinkan efisiensi daya pemancar dan sistem transmisi modulasi frekuensi mempunyai tingkat desah yang rendah.

Dapat diperhatikan bahwa nilai maksimum dari amplitudo pada gelombang pembawa tetap konstan. Perubahan frekuensi dari gelombang pembawa tergantung pada harga amplitudo dari tegangan atau arus sinyal informasi, sehingga memungkinkan menggunakan VCO sebagai pemodulasi FM yang akan dibahas pada sub bab lainnya. Terlihat pada Gambar 5, suatu sinyal informasi dimodulasi frekuensi, maka bentuk frekuensi sinyal pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan level tegangan dari sinyal informasi.

Voltage Controlled Oscillator

Osilator frekuensi adalah sebuah sirkuit yang menghasilkan variasi sinyal keluaran sebagai sinyal pembawa dengan frekuensi yang dapat diatur oleh besarnya nilai induktansi dan kapasitor yang digunakan. Osilator ini terdiri dari komponen LC. Kapasitor(C) pada LC ini menyimpan energi dalam bentuk medan listrik pada plat didalamnya tergantung dari ukuran kapasitor dan tegangan yang melaluinya. Induktor(L) menyimpan energi dalam bentuk medan magnet tergantung dari ukuran L dan arus yang melaluinya.

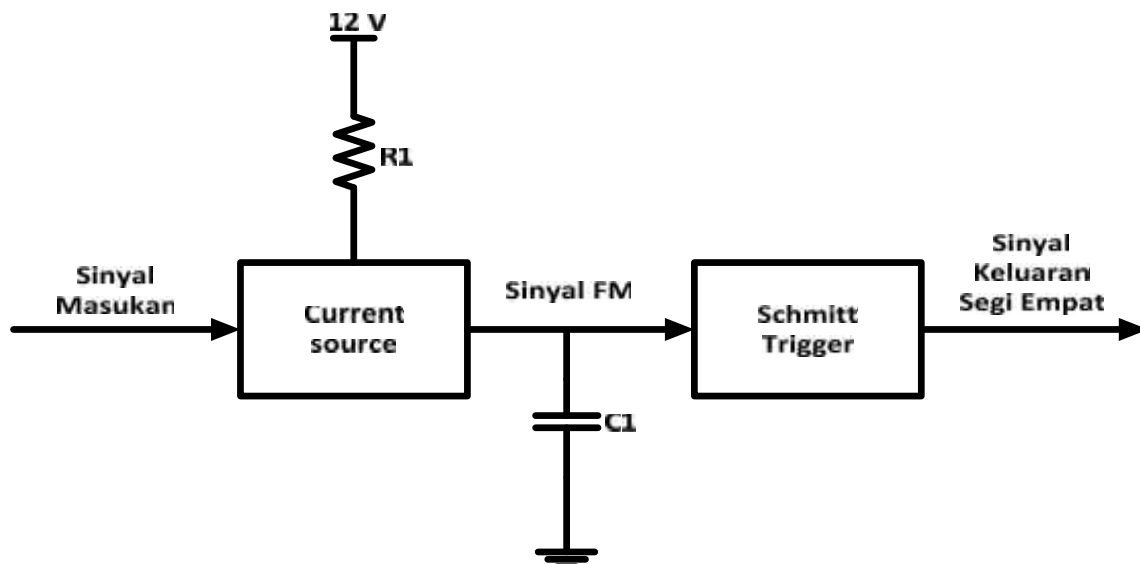
Pengaruh dari gabungan medan magnet dan listrik yang dihasilkan rangkaian LC menghasilkan resonansi sinyal frekuensi. Aplikasi osilator frekuensi menggunakan induktor dan kapasitor sebagai penentu frekuensinya, maka kestabilan osilator ini sangat tergantung dari kestabilan nilai induktor dan kapasitor yang digunakan.



Gambar 5. Bentuk Sinyal Informasi Termulasi[5].

Keluaran sinyal dari osilator frekuensi membutuhkan penyangga (*buffer*) yang berfungsi untuk menstabilkan frekuensi dan amplitudo osilator. Sinyal yang didapat dari *buffer* masih relatif lemah, untuk mendapatkan daya yang lebih besar dibutuhkan penguat daya frekuensi. Osilator frekuensi berfungsi sebagai modulator FM yaitu rangkaian yang bekerja dengan cara memodulasi frekuensi.

Osilator Frekuensi yang frekuensinya bisa berubah sesuai dengan perubahan besaran tegangan pada masukannya disebut sebagai VCO. VCO adalah rangkaian yang menghasilkan keluaran frekuensi yang dapat diatur oleh besarnya tegangan DC yang diberikan. Seperti terlihat pada Gambar 6, cara kerja dari VCO adalah sebagai berikut: tegangan sinyal masukan mengendalikan frekuensi keluaran dari *current source*. *Current source* berfungsi mengisi dan membuang muatan pada kapasitor eksternal C1 yang diatur dengan menggunakan resistor internal R1. Dimana frekuensi akan naik turun secara linear sejalan dengan naik dan turunnya tegangan sinyal masukan. Naik dan turunnya frekuensi ini dikenal dengan sebutan FM.



Gambar 6. Diagram Blok Voltage Controlled Oscillator[6].

VCO menggunakan gabungan induktor dan kapasitor secara paralel. Penggunaan kapasitor dan induktor dalam perancangan ini dengan alasan dapat menghasilkan resonansi frekuensi sebagai sinyal pembawa sebagai modulator FM.

Demodulasi Frekuensi

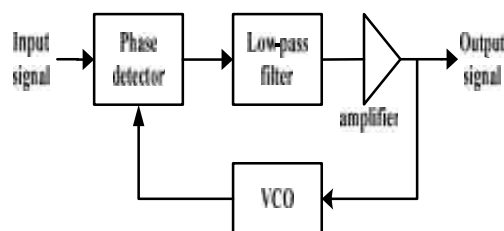
Demodulasi adalah suatu proses mendapatkan kembali sinyal informasi yang telah ditumpangkan pada sinyal pembawa. Demodulasi frekuensi adalah proses mendapatkan kembali sinyal informasi yang telah dimodulasi FM. Perubahan sinyal FM menjadi sinyal informasi kembali, menggunakan demodulator. Demodulator FM adalah siskuit yang diperlukan untuk demodulasi FM.

Sirkuit FM demodulator yang baik harus memenuhi tiga kriteria, yaitu *linearity*, *range* dan *sensitivity*. Beberapa metoda demodulasi FM, adalah :

- Metode *Ratio Detector* yang menjumlahkan hasil deteksi perubahan tegangan.
- Metode *Quardrature Detector* yang membandingkan dua *input* yang dimasukan pada pembanding fasa.
- Metode *Zero Crossing Detector* yang menggunakan deviasi perubahan lebar pulsa.
- Metode *Phase Locked Loop* yang memanfaatkan *feedback* deteksi sinyal *local oscillator*.

Phase Locked Loop

Phase locked loop adalah suatu sistem umpan balik dimana sinyal umpan balik digunakan untuk mengunci frekuensi dan fasa keluaran pada suatu frekuensi serta fasa sinyal masukan. Bentuk sinyal masukan bisa berupa sinyal analog atau digital. *Phase locked loop* dapat digunakan sebagai *Touch tone decoding*, *Precision oscillator*, *Frequency monitoring and control*, *Wide band FSK demodulation*, *Ultrasonic controls*, *Carrier current remote controls*, *Communications paging decoders*, demodulator sinyal FM dan beragam aplikasi lain. Gambar diagram blok dari PLL dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Blok *Phase Locked Loop*[6]

Gambar di atas menunjukkan arsitektur *Phase Locked Loop*. *Phase Detector* membangkitkan sinyal keluaran yang berupa suatu fungsi beda fasa kedua sinyal masukan. Keluaran detektor disaring dan tegangan DC dari perbedaan sinyal dimasukan pada suatu VCO. Sinyal umpan balik yang menuju detektor fasa adalah frekuensi keluaran VCO. Tegangan kontrol VCO memaksa VCO untuk mengubah frekuensi untuk mengurangi perbedaan antara frekuensi masukan dan frekuensi keluaran pembagi frekuensi. Jika kedua frekuensi tersebut cukup dekat, mekanisme umpan balik PLL memaksa kedua frekuensi masukan detektor fasa menjadi sama, dan sinyal *free running* dari VCO dikunci. Ketika *loop* sudah terkunci, maka akan ada sedikit perbedaan fasa antara kedua masukan detektor fasa. Perbedaan ini akan menghasilkan tegangan DC pada keluaran detektor yang diperlukan oleh VCO untuk mempertahankan *loop* tetap terkunci. Kemampuan *self-correcting* membuat PLL mampu untuk melacak perubahan frekuensi dari sinyal masukan. Rentang frekuensi dimana PLL tetap dalam kondisi terkunci pada suatu sinyal masukan disebut *lock range*. *Capture range* adalah rentang frekuensi dimana PLL bisa melakukan penguncian.

IC yang digunakan adalah IC dengan tipe LM567. IC LM567 sebagai demodulator FM digunakan dalam perancangan ini dengan alasan dapat menerima masukan dengan tegangan minimum 20mV.

Modul Amplifier

Modul *Amplifier* yang digunakan dalam perancangan alat ini bertujuan untuk memeperbesar sinyal suara agar sinyal yang dikirimkan sampai ketujuan. Modul *audio* yang digunakan ada dua, yaitu *microphone amplifier* dan *audio amplifier* yang akan dijelaskan pada sub bab berikut ini.

Microphone Amplifier

Penguat awal seterusnya disebut *microphone amplifier* adalah rangkaian yang digunakan sebagai rangkaian penguat sinyal suara dengan masukan dari *microphone* (mic) dan sinyal dari *hex inverter*. *Microphone* berfungsi untuk meresonansikan sinyal suara yang berada di dekatnya untuk menjadi masukan pada rangkaian *microphone amplifier*. Suara yang masuk pada *microphone* akan menghasilkan sinyal suara yang kecil, sehingga sinyal tersebut dilewatkan pada rangkaian penguat awal. Rangkaian penguat awal dibentuk dari sebuah transistor yang dirangkai menggunakan bias pembagi tegangan sehingga mic akan mendapatkan tegangan dari catu daya yang akan berinteraksi dengan sinyal suara yang dihasilkan oleh mic untuk dikuatkan menjadi sinyal yang lebih besar.

Transistor dapat digunakan sebagai penguat dan sebagai saklar. Jenis bias dari transistor yang dibentuk sebagai penguat pada rancangan alat ini adalah bias umpan balik kolektor. *microphone amplifier* menggunakan transistor BC547 tipe NPN. Transistor BC547 digunakan dengan alasan memiliki keluaran maksimum 4,5Volt.

Audio Amplifier

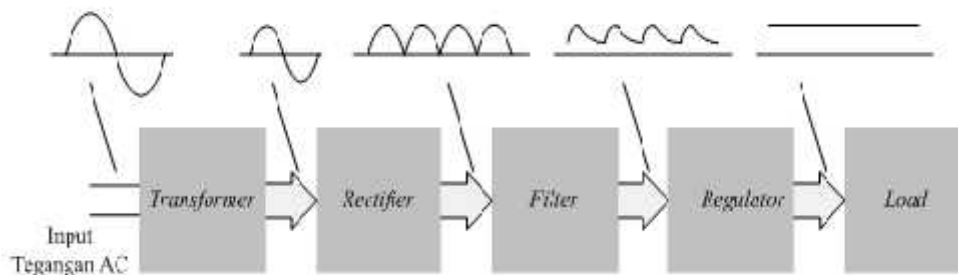
Audio amplifier merupakan rangkaian penguat suara yang digunakan untuk memperbesar sinyal suara yang diterima untuk diteruskan ke *speaker* sehingga sinyal suara yang dikirimkan dapat mudah didengarkan. Rangkaian penguat suara terdiri dari *Operational Amplifier* (Op-Amp). Op-Amp adalah sebuah penguat yang bila berdiri sendiri mempunyai penguatan yang sangat tinggi. Karakteristik Op-Amp yang ideal adalah mempunyai impedansi masukan sangat tinggi, impedansi keluaran sangat rendah, bandwidth yang lebar dan kebocoran sangat kecil.

Pada “*Stage1*” penggunaan penguat differensial dari jenis “*Diff-Input*” dan “*Diff-Output*” didapatkan sebuah penguat yang mempunyai resistansi masukan yang sangat tinggi. Pada “*Stage2*” merupakan penguat differensial dari jenis “*diff-input*” dan “*Single-ended output*” yang mendapatkan penguat yang mempunyai penguatan tegangan yang sangat tinggi. Pada “*Stage3*” adalah *Level shifting* yang berfungsi untuk membuat keluaran dapat berayun positif atau negatif.

Rangkaian *audio amplifier* alat interkom ini menggunakan IC LM 386. Alasan penggunaan IC LM386 karena dapat diaplikasikan untuk penguatan 200 kali dan dengan masukan dengan tegangan rendah.

Catu Daya

Catu daya adalah rangkaian yang berfungsi untuk memberi daya listrik. Perangkat elektronika lebih baik dicatu oleh suplai arus searah DC yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Baterai atau accu adalah sumber catu daya DC yang paling baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar, sumber dari baterai tidak cukup. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC dari pembangkit tenaga listrik, untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC. Catu daya DC ini menggunakan transformator, penyearah gelombang (*rectifier*), *filter* dan *voltage regulator* seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Blok Catu Daya [6]

Rancangan alat interkom transformator jenis *step down*, penyearah *diode bridge*, kapasitor *polar*, penstabil tegangan *zener follower*. Seluruh komponen yang digunakan digunakan dengan alasan untuk menghasilkan tegangan DC yang cukup untuk mensuplai alat interkom ini.

Hex Inverter

Dalam logika digital, inverter merupakan gerbang logika yang digunakan untuk melakukan perintah perubahan data masukan. *Hex inverter* merupakan logika gerbang *NOT* yang merubah input masukan data *high* pada bilangan biner berupa nilai 1 dan pada nilai tegangan sebesar 5VDC menjadi data *low* pada bilangan biner berupa nilai 0 dan pada nilai tegangan sebesar 0V. Sebaliknya juga bila masukan yang diberikan berupa data *low*. Nada dering telepon pada alat interkom ini menggunakan *hex inverter* dari IC MC14069. IC MC14069 digunakan dengan alasan merupakan kumpulan gerbang *Not*.

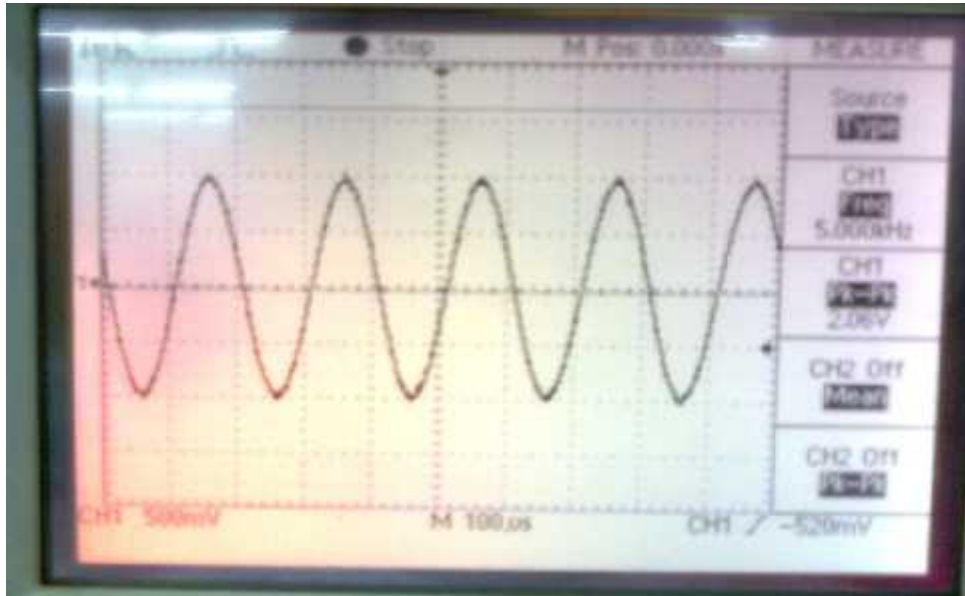
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian modul VCO dilakukan untuk mengetahui hasil modulasi sinyal yang dikeluarkan oleh modul VCO. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope* dan *function Generator*.

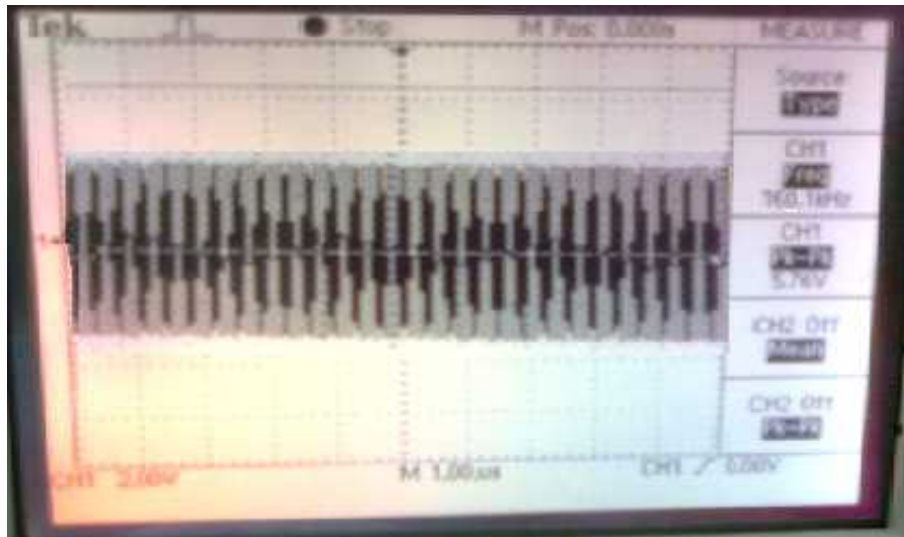
Pengujian modul *phase locked loop* dilakukan untuk melihat hasil demodulasi sinyal FM dari sinyal modulasi yang dikirimkan melalui VCO. Pengujian dilakukan dengan memberikan sinyal modulasi FM yang dihasilkan dari VCO yang ditumpangkan pada jala-jala listrik.

Hasil pengujian diatas terlihat bahwa sinyal FM yang dikirimkan menggunakan VCO dapat didemodulasi modul PLL dengan frekuensi dan bentuk gelombang yang sama dengan sinyal informasi yang dikirimkan, namun dengan level tegangan yang kecil (78,4mV) sehingga diperlukan audio amplifier.

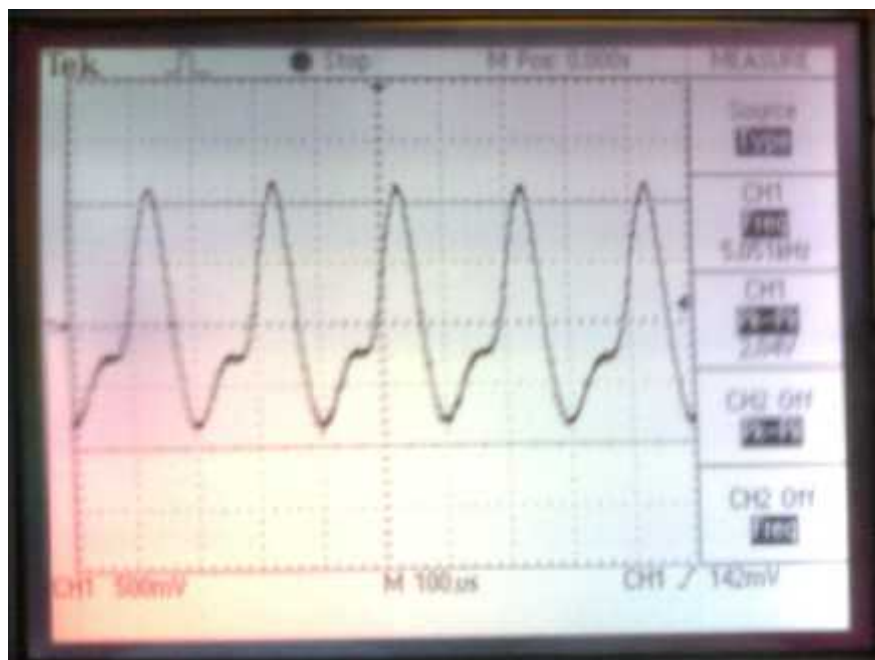
Pengujian modul *microphone amplifier* dilakukan untuk mengetahui hasil penguatan sinyal yang diterima oleh *mic condenser*. Pengujian dilakukan dengan memberikan sinyal masukan sebelum *mic* yang diibaratkan sebagai sinyal masukan yang diterima oleh *mic*.



Gambar 9. Gelombang Sinus 5kHz



Gambar 10. Modulasi Sinyal VCO



Gambar 11. Hasil Demodulasi Sinyal FM Dari PLL



Gambar 12. Hasil Penguatan Sinyal Modul Microphone Amplifier

Hasil pengujian diatas terlihat bahwa amplitudo sinyal masukan yang diberikan pada modul microphone amplifier dikuatkan menjadi lebih besar, dari 2,06Vpp menjadi 4,08Vpp. Berdasarkan analisis diatas modul microphone amplifier dapat bekerja dengan baik.

Pengujian modul *audio amplifier* dilakukan untuk mengetahui penguatan sinyal yang dihasilkan modul *audio amplifier*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*.



Gambar 13. Hasil Penguatan Sinyal Modul Audio Amplifier

Hasil pengujian terlihat bahwa amplitudo sinyal masukan yang diberikan pada modul audio amplifier dikuatkan menjadi lebih besar, dari 78,4mVpp menjadi 512mVpp.

Pengujian modul catu daya dilakukan dengan tujuan mengukur tingkat kestabilan tegangan yang dihasilkan untuk mencatu modul keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter. Pengujian dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan beban dan tanpa beban. Hasil pengujian catu daya dengan beban dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengujian modul hex inverter dilakukan dengan tujuan melihat keluaran yang dihasilkan gerbang NOT. Pengujian dilakukan dengan menggunakan voltmeter dan catu daya. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan tegangan 5VDC yang diibaratkan logika 1. Hasil pengujian IC MC 14069 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Catu Daya dengan beban

| R(Ohm) | V(Volt) | I(mA) | Vripple(mV) |
|--------|---------|-------|-------------|
| 400 | 13,5 | 40 | 128 |
| 500 | 13,8 | 24 | 104 |
| 600 | 13,9 | 20,45 | 88 |
| 700 | 14 | 18,4 | 80 |
| 800 | 14,1 | 16,25 | 72 |

Tabel 2. Hasil Pengujian Hex Inverter

| Pemberiaan tegangan 5V | Kondisi | Pemberiaan tegangan 0V | Kondisi |
|------------------------|-------------|------------------------|---------------|
| Pin input 1 | LED 1 padam | Pin input 1 | LED 1 menyala |
| Pin input 2 | LED 2 padam | Pin input 2 | LED 2 menyala |
| Pin input 3 | LED 3 padam | Pin input 3 | LED 3 menyala |
| Pin input 4 | LED 4 padam | Pin input 4 | LED 4 menyala |
| Pin input 5 | LED 5 padam | Pin input 5 | LED 5 menyala |
| Pin input 6 | LED 6 padam | Pin input 6 | LED 6 menyala |

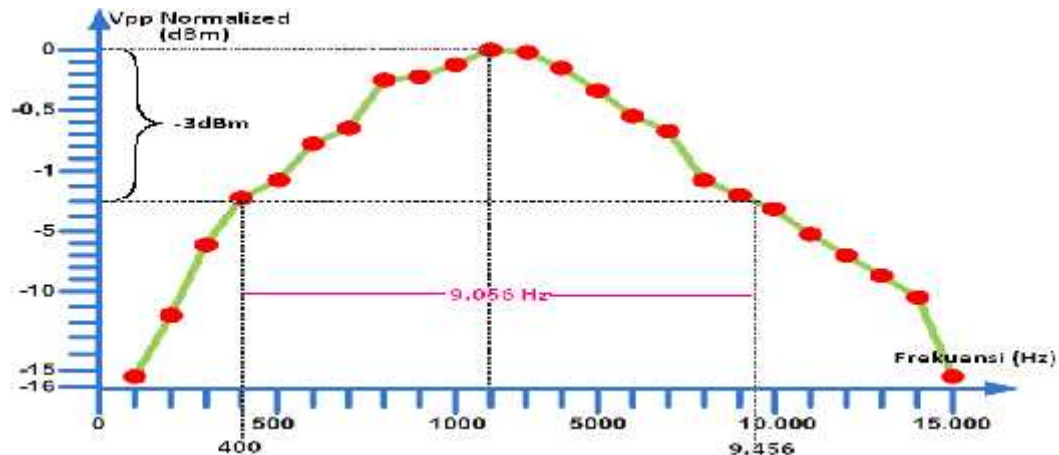
Pengujian dan Analisis Alat Secara Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan melihat kinerja dari alat interkom dapat melakukan komunikasi melalui jala-jala listrik. Pengujian dilakukan dengan mencoba menghubungi alat interkom lainnya. Pengujian dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan masukan sinyal sinus dengan frekuensi berbeda dan suara manusia. Keluaran suara pada alat interkom (speaker) dihubungkan dengan oscilloscope, sehingga dapat dilihat besaran V_{pp} seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Bandwith

| Frekuensi (Hz) | V_{pp} (mV) | V_{pp} Normalized (dBm) |
|----------------|---------------|---------------------------|
| 100 | 17,6 | -15,31 |
| 200 | 27,2 | -11,53 |
| 300 | 51,2 | -6,037 |
| 400 | 72,8 | -2,980 |
| 500 | 84,0 | -1,737 |
| 600 | 93,6 | -0,797 |
| 700 | 95,2 | -0,650 |
| 800 | 99,6 | -0,257 |
| 900 | 100 | -0,222 |
| 1.000 | 101,2 | -0,119 |
| 2.000 | 102,6 | 0 |
| 3.000 | 102,2 | -0,033 |
| 4.000 | 100,8 | -0,153 |
| 5.000 | 98,7 | -0,336 |
| 6.000 | 96,3 | -0,550 |
| 7.000 | 94,8 | -0,686 |
| 8.000 | 84,5 | -1,685 |
| 9.000 | 75,2 | -2,698 |
| 10.000 | 67,7 | -3,611 |
| 11.000 | 56,0 | -5,259 |
| 12.000 | 45,6 | -7,043 |
| 13.000 | 37,6 | -8,719 |
| 14.000 | 31,2 | -10,33 |
| 15.000 | 17,6 | -15,31 |

Gambar 14 gabungan dari perhitungan diatas didapat hasil berupa grafik. Susunan grafik ini dipotong 3dB, perpotongan terdapat pada frekuensi 400 Hz dan 9.456 Hz, sehingga dapat diketahui lebar bandwith adalah ± 9.056 Hz. Bandwith yang terlalu lebar mengakibatkan mudahnya gangguan untuk masuk pada sinyal yang diterima seperti yang terlihat pada Gambar 11, sinyal sinus yang diterima tidak terlalu bersih dibandingkan dengan sinyal yang dikirimkan seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 14. Grafik Perhitungan Bandwith

Berikut adalah langkah-langkah pengujian dengan masukan suara manusia:

1. Menyalakan alat interkom dan mengatur volume suara yang diinginkan.
2. Saklar geser diposisikan pada nama tujuan.
3. Menekan tombol call untuk memberi tanda peringatan akan adanya panggilan sehingga pada tujuan akan terdengar nada dering.
4. Menekan tombol talk dan berbicara menggunakan mic condenser sehingga suara yang dibicarakan akan terdengar pada interkom tujuan.

Berdasarkan pengujian komunikasi melalui jala-jala listrik dapat dilakukan dengan baik bila antara alat interkom terdapat penghalang berupa tembok, namun bila tidak ada tembok akan muncul dengungan frekuensi tinggi akibat feed back dari microphone, karena itu dibuat chasing sebagai shielding yang terbuat dari aluminium untuk mencegah terjadinya feed back. Pembicaraan secara half-duplex dapat terdengar jelas. Hasil analisa diatas, alat interkom yang dirancang dapat berfungsi dengan baik untuk frekuensi suara manusia, dimana kualitas frekuensi standar pada percakapan telepon antara 300–3400Hz [7].

KESIMPULAN

Berdasarkan realisasi dan hasil pengujian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan, *bandwith* sinyal alat interkom yang dirancang anantara 400 – 9.456 Hz untuk mengirimkan sinyal suara, sehingga memenuhi kualitas frekuensi standar pada percakapan telepon. Kelemahan dari alat yang dibuat adalah untuk *bandwith* yang terlalu lebar akan mudah terganggu oleh sinyal noise.

Untuk memodifikasi dan menyempurnakan alat dimasa mendatang selanjutnya dapat menambahkan filter yang lebih baik sehingga mengurangi sinyal noise pada sinyal yang diterima dengan kisaran *bandwith* 300 - 3400Hz

dan mengembangkan alat ini agar dapat bekerja pada saluran tiga fasa serta menyempurnakan komunikasi agar dapat dilakukan secara *Full-Duplex*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chip Online, “TES & TEKNOLOGI *Powerline Communication* (PLC) - Jaringan via Listrik,” Oktober 2008, <http://www.chip.co.id/tips-and-technologies/tes-teknologi-powerline-communication-plc-jaringan-via-li-3.html>.
- [2] Hasan, Sistem *Paging* Melalui Jala-Jala Listrik dengan *Addressing* DTMF. Tugas Akhir, Universitas Tarumanagara, 2004.
- [3] Hoover Fence, “Aiphone LEF Residential Intercom,” Oktober 2008, http://www.hooverfence.com/catalog/entry_system/aiphone/lef-intercom.htm.
- [4] School of Electrical Engineering and Informatics, “Alat Pengirim Data KWH Meter Menggunakan Jala-Jala Listrik,” Oktober 2008, www.stei.itb.ac.id/d4-otomasi/images/stories/TA06-07/aaefan.pdf.
- [5] R. P. Singh and S. D. Sapre, *Communication System Analog and Digital*, 2th ed. New Delhi: Mc. Graw Hill, 2007, Chap 5, pp 207.
- [6] R. Boylestad and L. Nachelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory*, 5th ed. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc, 1991, Chap7, pp723-728, Chap19, pp773.
- [7] D. Roddy, *Satellite Communications*, 4th ed. Singapore: Mc. Graw Hill, 2006, Chap 9, pp 253.