

Transmisi Suara dan Pengendalian Penyuar melalui Jala-Jala berbasis IC LM1893

Budihardja Murtianta¹, Hendry Yuwono Ariowibowo², F.D. Setiaji³

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer,
Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga
¹budihardja.murtianta@staff.uksw.edu, ²hendry_nitr0zz@yahoo.com, ³fdsetiaji@gmail.com

Ringkasan

LM 1893 (*Carrier Current Transceiver*) adalah IC (*Integrated Circuit*) yang dapat digunakan untuk komunikasi melalui jala-jala listrik atau PLC (*Power Line Communication*). Pada umumnya LM 1893 dipergunakan untuk mengirimkan data digital yang akan dimodulasi (di bagian pengirim) secara FSK (*Frequency Shift Keying*) oleh IC tersebut sebelum ditumpangkan ke tegangan sinusoidal jala-jala. Di bagian penerima, LM 1893 akan mendemodulasinya menjadi data digital kembali. Namun demikian, IC tersebut sebetulnya juga memiliki kemampuan untuk mengirimkan data analog yaitu wicara (*voice*) melalui modulasi dan demodulasi FM (*Frequency Modulation*). Makalah ini menggabungkan kedua kemampuan tersebut untuk mengirimkan suara melalui jala-jala secara selektif ke salah satu dari beberapa penyuar yang terhubung ke sistem. Setiap penyuar diberi alamat tertentu sehingga sistem dapat mengendalikan penyuar mana yang akan menyuarakan data suara yang dikirim. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dibuat mampu mengirimkan data suara ke penyuar yang dipilih. Namun demikian kualitas suara yang sampai ke penerima masih kurang bagus antara lain akibat adanya derau pada tegangan jala-jala.

Kata kunci:LM 1893, FSK,FM, Suara, master, slave,

1. Pendahuluan

PLC merupakan teknologi komunikasi yang mempergunakan jaringan listrik sebagai media pembawa informasi. Sistem ini berguna untuk melayani kebutuhan komunikasi khususnya pada daerah-daerah pedalaman yang sulit dijangkau. Keuntungan dari sistem komunikasi ini adalah nilai investasi yang cukup ekonomis karena memanfaatkan jaringan listrik milik PLN yang sudah ada [1]. Dengan teknologi transmisi data yang mutakhir akan membuat PLC dapat mentransmisikan data berkecepatan tinggi dengan biaya relatif murah [2].

Salah satu IC yang mendukung aplikasi PLC adalah LM 1893 yang memiliki kemampuan mengirimkan dan menerima (sebagai modem) data digital[3]. Pemanfaatan IC tersebut sebagai modem digital sudah banyak dibuat untuk sejumlah aplikasi. [4],[5],[6].

Selain itu, LM 1893 juga memiliki kemampuan untuk menerima data suara. Oleh sebab itu pada makalah ini dibuat suatu alat yang menggabungkan kedua kemampuan tersebut. Yaitu mempergunakan jala-jala sebagai media untuk menyalurkan informasi suara ke penyuar tertentu dari sejumlah penyuar yang tersedia. Sistem yang dibuat ini dapat digunakan di lingkungan sekolah, di mana seringkali dibutuhkan untuk

memberikan pengumuman melalui penyuar ke suatu ruang kelas tertentu yang saja. Sedangkan ruang kelas yang tidak berkepentingan tidak perlu mendengarkan pengumuman tersebut. Jadi walaupun di setiap ruang kelas ada penyuar, namun masing-masing penyuar hanya berbunyi secara selektif. Dalam hal ini alat yang mengatur pengiriman suara bertindak sebagai *Master*, sedangkan masing-masing penyuar berfungsi sebagai *Slave*.

2. Dasar Teori

2.1 Power Line Carrier (PLC)

Pada komunikasi PLC, jala-jala selain berfungsi menghantarkan tenaga listrik juga digunakan untuk membawa informasi atau data. Pada dasarnya sinyal informasi tersebut ditumpangkan ke jaringan listrik PLN 220V/ 50Hz yang sudah tersedia, melalui proses modulasi pada bagian pengirim (*transmitter*). Kemudian dibagian penerima (*receiver*) sinyal sinyal termulasi kemudian didemodulasi supaya menjadi sinyal informasi semula.

2.2. Modulasi Binary Frequency Shift Keying (BFSK)

Binary Frequency Shift Keying (BFSK) adalah sebuah metode modulasi data digital, sesuai dengan namanya metode modulasi ini mengubah nilai frekuensi *carrier* untuk merepresentasikan data digital berdasarkan pada kondisi data. Dalam transmisi data digital ada dua macam kondisi yaitu '1' dan '0' atau *high* dan *low*. Berdasar kondisi tersebut data akan dimodulasi secara BFSK, sinyal *carrier* atau sinyal pembawa akan dibuat bervariasi untuk merepresentasikan data. Sinyal pembawa yang dibentuk berupa gelombang sinus. Frekuensi sinyal pembawa dibagi menjadi dua yaitu f_1 dan f_2 . Frekuensi sinyal pembawa f_1 digunakan untuk merepresentasi data yang bernilai '0' dan frekuensi f_2 digunakan untuk merepresentasikan data yang bernilai '1'.

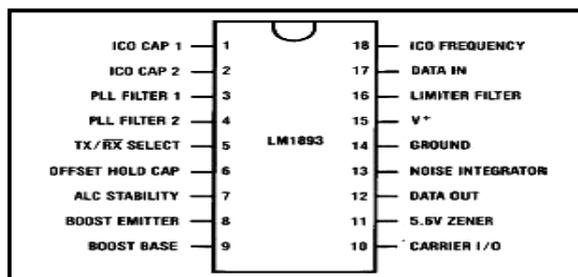
2.3. Transformator dan Kapasitor *Coupling*

Transformator atau trafo dapat berfungsi sebagai jembatan bagi sinyal termulasi untuk ditumpangkan ke jala-jala listrik PLN. Kapasitor *coupling* berfungsi untuk memblok sinyal *Direct Current* (DC) dan melewatkan sinyal AC. Namun kapasitor *coupling* juga bisa bertindak sebagai *high-pass filter*, yang berarti akan melemahkan sinyal di bawah titik frekuensi tertentu. Jadi kapasitor *coupling* dapat digunakan untuk mengisolasi jala-jala listrik PLN dari rangkaian modem.

2.4. IC LM1893

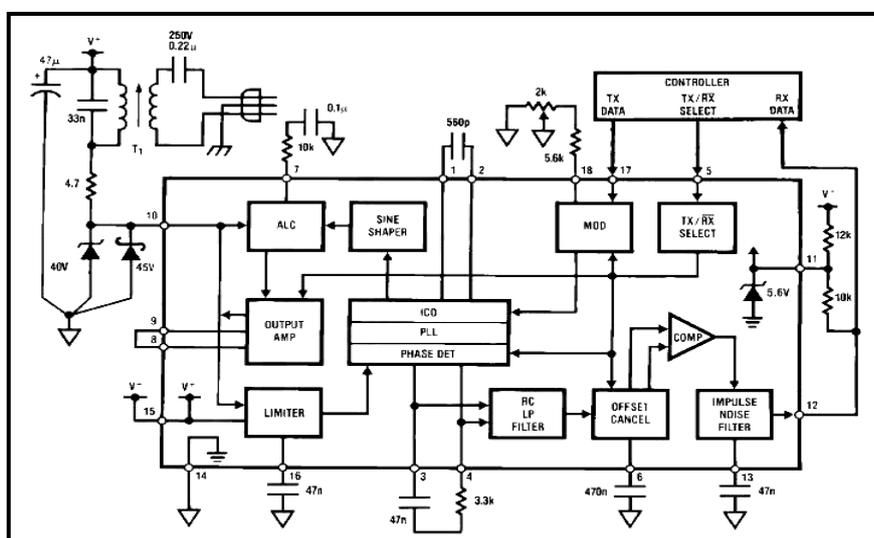
LM1893 adalah IC yang dikembangkan oleh *National Semiconductor* dimana konfigurasi ditunjukkan pada Gambar 1 dan fungsi utamanya sebagai *modulator* atau *demodulator* data digital dan sebagai antarmuka komunikasi melalui jala-jala listrik. Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh IC ini adalah sebagai berikut:

- a. Modulasi atau demodulasi BFSK.
- b. Sinyal pembawa dapat divariasikan antara 50 kHz hingga 300 kHz.
- c. Dapat dikondisikan sebagai pengirim (*tx*) atau penerima (*rx*).
- d. Mendukung komunikasi dua arah (*half duplex*).
- e. Kecepatan pengiriman data hingga 4.800 bps.
- f. Dapat digunakan pada level tegangan TTL maupun MOS.



Gambar 1. Konfigurasi pin IC LM1893 [3]

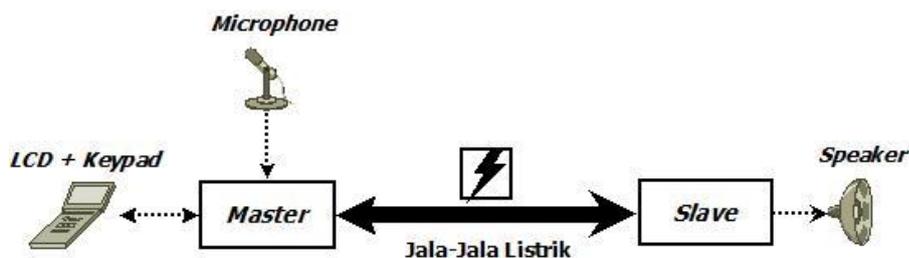
Gambar 2 menunjukkan rangkaian modem PLC yang dibangun dengan komponen utama IC LM1893 dengan beberapa komponen tambahan yang akan menghasilkan sinyal pembawa (*carrier*) sebesar 125 kHz.



Gambar 2. Rangkaian modem PLC [5]

3. Perancangan Sistem

Sistem kendali *speaker* melalui jala-jala listrik PLN ini terdiri dari dua bagian pokok, yaitu *master* dan *slave*. Bagian *master* merupakan bagian *transmitter* di mana informasi dikirimkan dan bagian *slave* (*receiver*) yang akan menerima informasi itu. Kedua bagian itu terhubung melalui jala-jala listrik PLN dengan diagram blok ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram keseluruhan sistem

Modul *master* yang dibuat dapat mengontrol maksimal 16 modul *slave* yang masing-masing diberi alamat 4 bit melalui pengaturan *dip switch*. Komunikasi antara modul *master* dan modul *slave* akan diatur melalui protokol tertentu.

3.1. Modul Master



Gambar 4. Blok diagram modul *master*

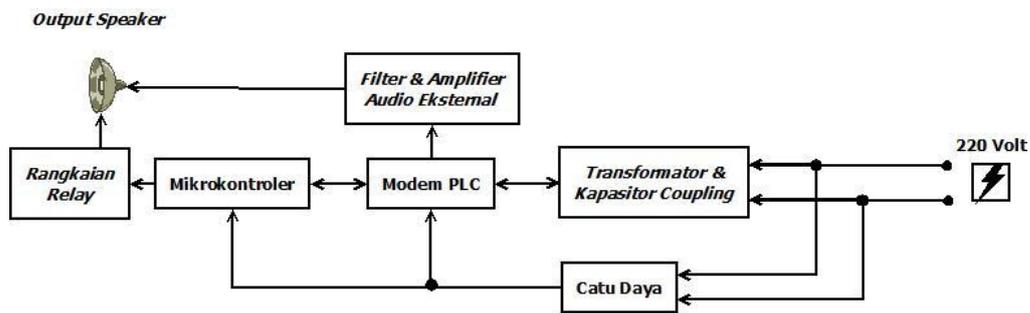
Gambar 4 menunjukkan blok diagram modul *master*. Mikrokontroler berfungsi sebagai penerima masukan dari pengguna melalui *keypad* dan menampilkannya pada LCD, mengatur mode kerja modem PLC, serta menyediakan komunikasi serial USART sebagai metode komunikasi antara *master* dan *slave*. Mikrokontroler yang dipakai adalah ATmega8535 dengan catu 5 V.

Tabel 1. Konfigurasi pin ATmega8535 pada *master*

PORT	Koneksi/Fungsi
PORTA	Scanning Keypad
PORTB.5	MOSI (<i>downloader</i>)
PORTB.6	MISO (<i>downloader</i>)
PORTB.7	SCK (<i>downloader</i>)
PORTC	LCD
PORTD.0	to RX Modem
PORTD.1	to TX Modem
PORTD.2	to Selector TX/RX Modem

Modem PLC yang merupakan komponen utama dalam blok diagram tersebut dapat berkomunikasi dua arah (*half-duplex*). Modem PLC ini menggunakan IC LM1893 yang perancangannya menggunakan rangkaian yang ada di *datasheet* IC tersebut.[3]

Dalam perancangan ini rangkaian modem PLC memiliki tiga *pin* antarmuka dengan mikrokontroler yaitu TX (*pin* 17), RX (*pin* 12), dan *selector* (*pin* 5). TX modem dihubungkan dengan PD.1 (TXD) pada mikrokontroler, RX modem dihubungkan dengan PD.0 (RXD) pada mikrokontroler dan *selector* dihubungkan ke PD.2 pada mikrokontroler. Fungsi *selector* pada modem PLC adalah sebagai pemilih mode modem, kerja modem sebagai pengirim atau sebagai penerima. Ketika *selector* pada modem bernilai *high* maka modem dikondisikan sebagai pengirim, pada saat modem bekerja sebagai pengirim maka *input* data serial yang terhubung pada *pin* TX akan dimodulasi secara BFSK. Hasil modulasi yang dilakukan oleh modem berupa gelombang sinus dengan frekuensi $\pm 127,75$ kHz untuk merepresentasikan data '0' dan $\pm 122,25$ kHz untuk merepresentasikan data '1' dengan amplitudo sebesar ± 4 VPP. Data hasil modulasi kemudian ditumpangkan ke jala-jala listrik oleh modem melalui trafo T_1 , trafo T_1 ini berfungsi sebagai trafo *coupling*. Sebaliknya ketika *selector* pada modem bernilai *low* maka modem dikondisikan sebagai penerima. Kerja modem saat sebagai penerima adalah kebalikan ketika modem sebagai pengirim. Jika ada data yang masuk maka data akan



Gambar 6. Blok diagram modul *slave*

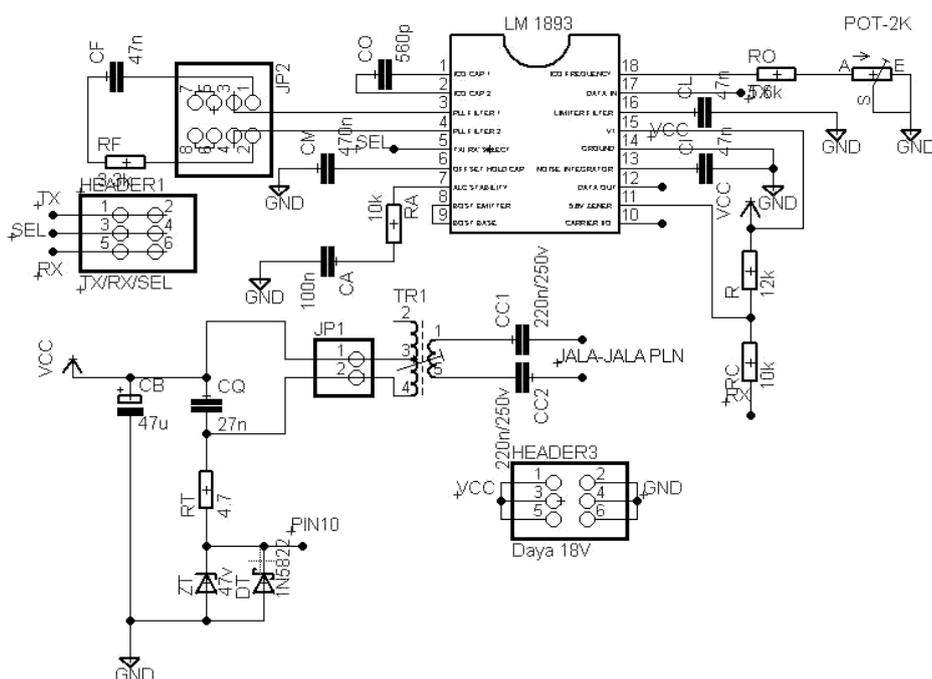
Mikrokontroler pada bagian *slave* berfungsi sebagai pengatur jalannya komunikasi antara *master* dan *slave* melalui USART dan sebagai pengatur mode kerja dari modem PLC. Mikrokontroler juga akan mengendalikan aktif atau tidaknya penyuar (speaker). Setiap *Slave* juga memiliki alamat yang dapat diatur melalui *dip-switch* 4 pin. Konfigurasi pin mikrokontroler *slave* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Konfigurasi pin ATmega8535 pada *slave*

PORT	Kegunaan
PORTB.5	MOSI (<i>downloader</i>)
PORTB.6	MISO (<i>downloader</i>)
PORTB.7	SCK (<i>downloader</i>)
PORTC.0	Kontrol speaker
PORTC.1	Kontrol jalur audio filter PLL
PORTC.2	<i>Input carrier detector</i>
PORTD.0	to RX Modem
PORTD.1	to TX Modem
PORTD.2	to Selector TX/RX Modem
PORTD.3-6	<i>dip-switch</i> 4 pin (<i>addressing</i>)

Perancangan modem PLC pada modul *slave* sama dengan perancangan modem PLC pada modul *master*. Namun karena modul *slave* juga akan menerima data suara selain data digital untuk mengontrol penyuar yang terhubung dengannya, maka pada LM1893 modem *slave*, pin 3 dan 4 dihubungkan ke sebuah *relay* yang mengatur mode penerimaan modem *slave* sebagai penerima data digital atau data analog (suara). Jika mode yang dipilih adalah mode penerima data digital maka rangkaian modem *slave* pada pin 3 dan 4 akan terhubung ke C_F dan R_F seperti pada rangkaian modem *master*.

Sedangkan bila yang dipilih adalah mode penerima data analog, dengan memberi *relay* logika "1" dari mikrokontroler maka *relay* akan menghubungkan pin 3 dan 4 ke filter dan audio *amplifier* eksternal yang dibuat berdasarkan [3]. Gambar 7 menunjukkan skema rangkaian modem PLC *slave* yang direalisasikan.



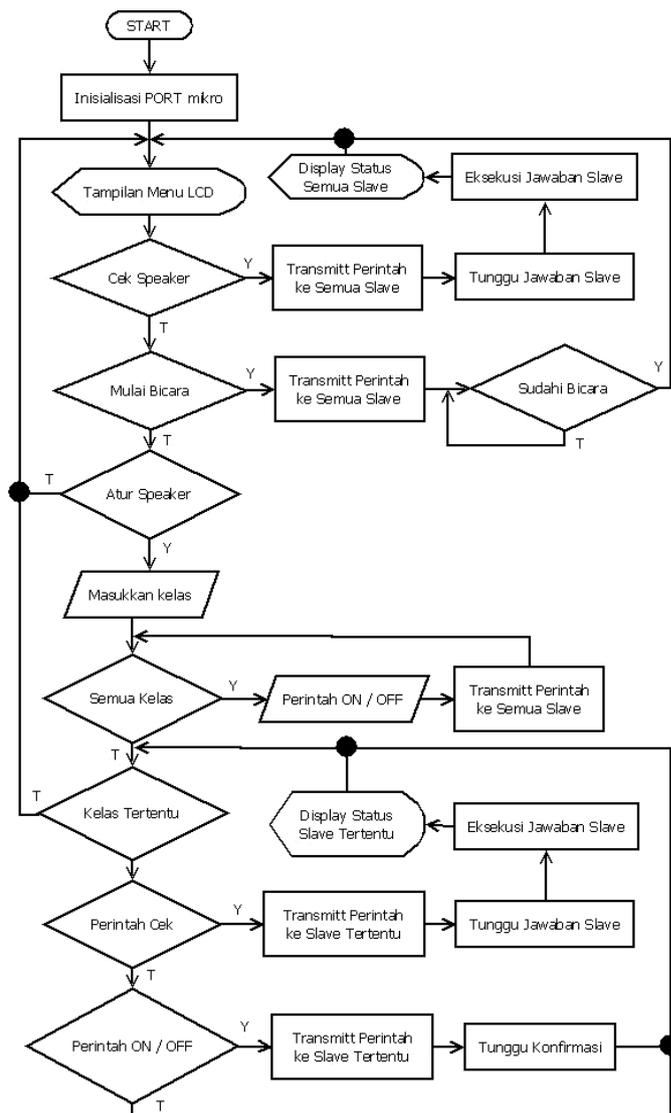
Gambar 7. Skematik modul modem PLC slave

3.3. Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem

Gambar 8 menunjukkan diagram alir *software* utama *master* yang memiliki *user interface* berupa LCD dan *scanning keypad*. Berikut penjelasan ringkas tentang diagram alir program utama *master*: Pada menu utama pada LCD, ada tiga pilihan menu: cek *speaker*, atur *speaker*, dan mulai bicara.

Menu cek *speaker* adalah untuk mengecek kondisi semua *speaker* pada *slave*, apakah *on/off*. Saat *master* selesai mengecek semua *speaker*, hasilnya akan ditampilkan pada layar LCD. Menu atur *speaker* akan mengganti layar LCD ke pilihan berikutnya yang harus diinput *user* menggunakan *scanning keypad*. Inputan yang harus dimasukkan *user* berupa nama kelas yang akan diatur *speakers*, atau dapat juga memasukkan karakter “#A” yang merupakan pilihan untuk mengatur semua kelas.

Bila yang dipilih *user* adalah mengatur *speaker* di *slave* tertentu, akan ada pilihan untuk mengecek *speaker* dan meng-*on/off*-kan *speaker* pada sebuah *slave* tertentu saja. Perintah *on/off speaker* ke sebuah *slave* tertentu akan dikirimkan ke *slave* dengan alamat tertentu. Perintah ini membutuhkan konfirmasi balik untuk mengetahui apakah perintah sampai dan dilaksanakan oleh *slave*.



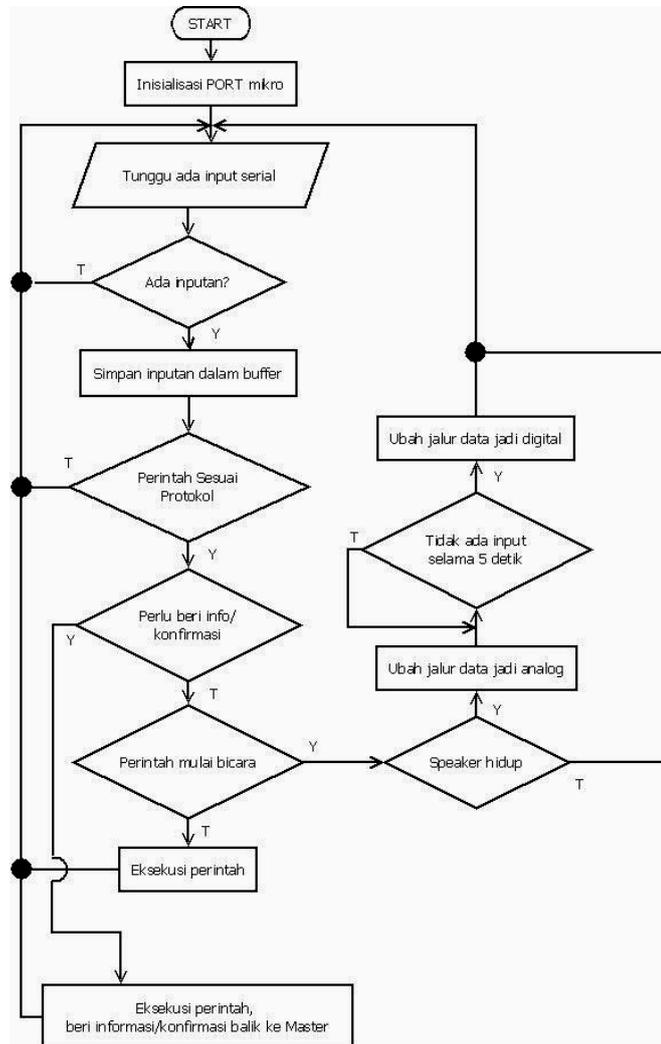
Gambar 8. Diagram Alir Program Utama Master

Menu terakhir dari *software master* adalah menu untuk memulai bicara ke *speaker* pada tiap *slave* yang aktif dan *speaker*-nya dalam kondisi *on*. *Master* akan mengirimkan perintah untuk memindah jalur informasi *slave* menjadi analog sebanyak tiga kali, lalu *user* dapat memulai bicara pada *mic*. Kondisi jalur penerima *slave* akan menjadi digital kembali 5 detik setelah *user* keluar dari menu mulai bicara.

Gambar 9 menunjukkan diagram alir *software* utama *slave* yang memiliki output berupa kontrol *speaker*, kontrol jalur data, dan *speaker*. Berikut adalah penjelasan dari diagram alir program utama *slave*:

Softwareslave ini akan menunggu sampai ada masukan data serial dari *master*. Jika ada masukan data serial dari *master*, *software* akan menyimpan data-data yang masuk ke sebuah variabel sebagai penyimpanan sementara. Data-data yang masuk kemudian dicek apakah data yang masuk merupakan perintah dari *master* ke *slave*. Perintah dibagi dua, yaitu yang memerlukan timbal balik dan tanpa timbal balik ke *master*. Perintah tanpa timbal balik misalnya adalah mulai bicara. Jika perintah mulai bicara yang terdeteksi,

maka dilihat apakah kondisi speaker *slave* aktif. Bila aktif maka *slave* mengubah jalur data digital menjadi analog agar penyuar bisa menyuarakan suara dari *master*.



Gambar 9. Diagram Alir Program Utama *Slave*

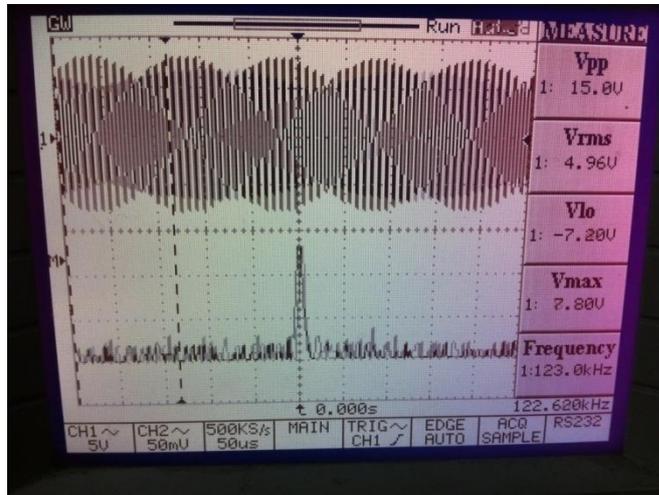
Jika masukannya membutuhkan timbal balik berupa informasi kondisi *speaker* maupun hanya konfirmasi, perintah akan langsung dieksekusi kemudian *slave* mengirimkan informasi/konfirmasi sesuai permintaan *master*.

4. Pengujian Sistem

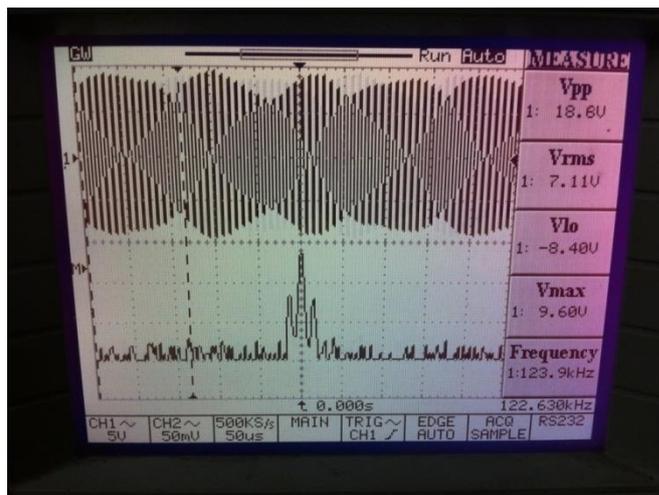
4.1. Pengujian Modem PLC Untuk Transmisi Data Analog

Untuk pengujian modem sebagai transmisi data analog (suara) akan melibatkan modem *transmitter* dan *receiver*. Modem *transmitter* dikondisikan sebagai berikut ini: mode *transmit* (pin 5 *high*), sinyal *carrier* berada pada $\pm 122,25$ kHz (pin 17 *high*), dan sinyal *input* analog pada pin 18 sekitar 1 Vpp. Modem *receiver* dikondisikan mode *receiver* (pin 5 *low*) dan jalur data dialihkan ke jalur data analog (*relay* pada *normally closed*). Dalam pengujian akan dilakukan dengan *input* sinyal dari *function generator* (FG) dengan

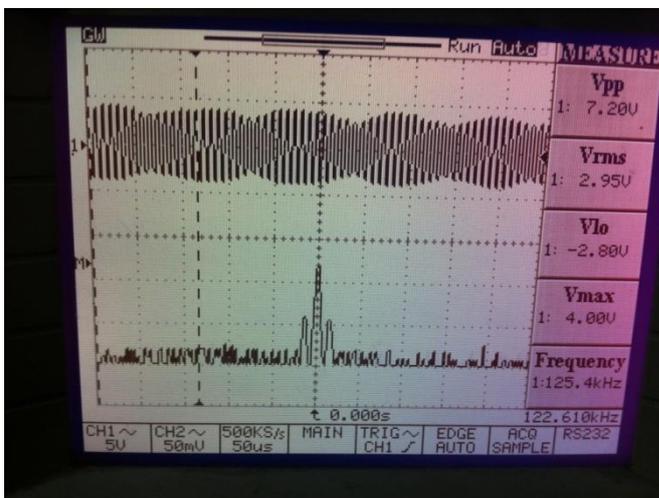
frekuensi 300 Hz – 10 kHz dengan amplitude 1 Vpp. Salah satu pengukuran yang dilakukan adalah pada pin 10 modem *master*.



Gambar 10. Hasil pengukuran pada *transmitter* tanpa *input* data analog



Gambar 11. Hasil pengukuran pada *transmitter* dengan *input* data analog 7 kHz



Gambar 12. Hasil pengukuran pada *receiver* dengan *input* data analog 7 kHz

Gambar 10, 11, dan 12 menunjukkan hasil pengukuran pada modem *transmitter* dan *receiver* pada pengujian transmisi data analog dengan jala-jala. Dari hasil pengujian tampak bahwa adanya derau yang mempengaruhi sinyal yang dikirimkan oleh *transmitter* ke *receiver*. Namun sinyal yang dikirim dari *transmitter* dapat sampai dengan cukup baik di *receiver*, terlihat dari hasil pengukuran di pin 10 *receiver* yang relatif sama dengan hasil pengukuran di pin 10 *transmitter*.

Untuk mengetahui apakah sinyal termodulasi pada pin 10 modem dapat didemodulasi dengan baik, dilakukan pengujian dengan menggunakan osiloskop pada filter dan audio *amplifier* eksternal. Modem *transmitter* akan mengirimkan sinyal dari *function generator* dari rentang 300 – 13 kHz, kemudian akan dilihat apakah keluaran dari filter dan audio *amplifier* eksternal pada *receiver* memperlihatkan sinyal keluaran yang sama dengan *input* pada *transmitter*, seperti disimpulkan pada Tabel 4.3.

Tabel 3. Hasil pengujian *output* jalur data analog pada *receiver* pada jala-jala

Frekuensi <i>input</i> pada <i>transmitter</i> (kHz)	Amplitude <i>input</i> (Vpp)	Frekuensi <i>output</i> pada <i>receiver</i> (kHz)	Amplitude <i>output</i> (mVpp)
± 0,3	1	± 0,3	± 920
± 1	1	± 1	± 904
± 2	1	± 2	± 808
± 3	1	± 3	± 704
± 4	1	± 4	± 600
± 5	1	± 5	± 500
± 6	1	± 6	± 420
± 7	1	± 7	± 380
± 8	1	± 8	± 340
± 9	1	± 9	± 320
± 10	1	± 10	± 288
± 11	1	-	± 200
± 12	1	-	± 136
± 13	1	-	± 92

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian pengukuran *output* modul *receiver* pada jalur data analog melalui jala-jala listrik. Terlihat bahwa sinyal analog dapat diterima dengan baik, hal itu terbukti dari hasil demodulasi yang menunjukkan frekuensi *input* pada *transmitter* sama dengan frekuensi *output* pada *receiver*.

Setelah frekuensi lebih besar dari 4 kHz tegangan keluaran terus menurun, karena adanya LPF yang digunakan dengan frekuensi penggal sekitar 4kHz (sudah cukup untuk melewatkan frekuensi wicara (*voice*) yang rentangnya sekitar 3kHz).

4.2. Pengujian Modem PLC Untuk Komunikasi Data Digital

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja komunikasi data digital yang akan dikirimkan dari *master* ke *slave* melalui jala-jala listrik PLN. Pengujian ini dilakukan dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Komunikasi antara modul *master* dan *slave* melalui jala-jala listrik.

- b. Jaringan listrik yang digunakan adalah laboratorium skripsi FTEK UKSW.
- c. Jalur komunikasi jala-jala listrik PLN menggunakan kabel sepanjang ±30 meter.
- d. Komunikasi modul *master* dan *slave* menggunakan protokol USART yang sudah tersedia pada mikrokontroler dengan kecepatan 600 bps.
- e. Modul *master* dikondisikan sebagai *transmitter* dan modul *slave* dikondisikan sebagai *receiver*.



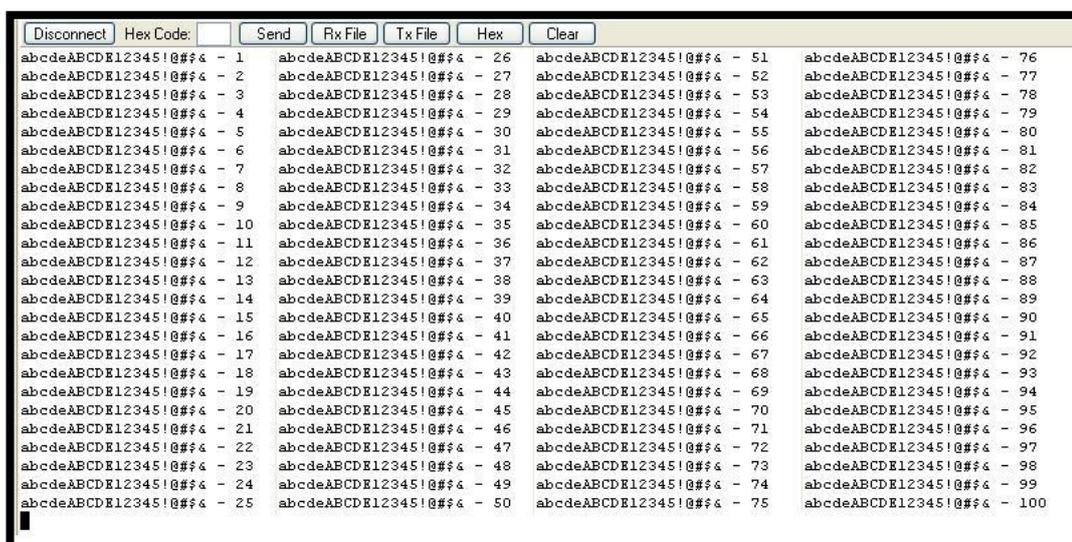
Gambar 13. Skema pengujian komunikasi data digital lewat jala-jala PLN

Langkah pengujiannya adalah dengan mengirimkan beberapa data serial dari *master* ke *slave* dengan panjang data yang berbeda-beda. Data serial yang dikirim berupa karakter. Tiap pengiriman data akan dilakukan sebanyak 100 kali dan mode modem selalu berada pada mode *transmitter*. Dilakukan juga pengujian dengan jeda, artinya ketika mengirimkan mode modem adalah *transmitter* kemudian setelah selesai mengirim mode diubah kembali menjadi *receiver* selama 500 ms, kemudian saat hendak mengirim diubah lagi menjadi mode *transmitter*.

Tabel 4. Hasil Pengujian pengiriman data digital lewat jala-jala listrik PLN

Data Serial	Keberhasilan (%)
abcde	100/100= 100
abcdABCDE	100/100= 100
abcdABCDE12345	100/100= 100
abcdABCDE12345!@#\$\$%	100/100= 100

Dapat dilihat dari Tabel 4 dan Gambar 14 bahwa pengiriman data digital melalui jala-jala listrik dapat berjalan dengan sangat baik. Panjang data yang dikirim dalam pengujian ini sampai 25 karakter dalam sekali pengiriman secara kontinyu. Nantinya pada protokol yang digunakan pada sistem data paling panjang hanya 9 byte, setara dengan 9 karakter per pengiriman. Jadi diharapkan data akan sampai dengan baik dari *master* ke *slave*.

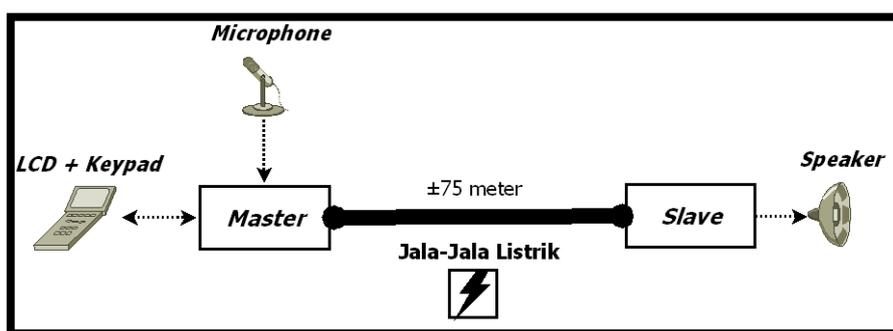


Gambar 14. Hasil pembacaan data serial di pin 18 modem PLC *slave*

4.3. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem kendali *speaker* yang dirancang ketika dijalankan pada sebuah jaringan listrik AC 220V. Pengujian yang dilakukan adalah pengiriman tiga macam perintah oleh modul *master* ke *slave*, yaitu perintah yang membutuhkan informasi balik dari *slave*, perintah yang membutuhkan konfirmasi *slave* ketika sudah melakukan tugasnya, dan perintah yang tidak memerlukan informasi/konfirmasi balik dari *slave*. Pengujian selanjutnya adalah pengiriman data analog berupa suara dari modul *master* ke modul *slave*. Semua pengujian dilakukan dengan kriteria pengujian sebagai berikut:

- Seluruh modul dirangkai pada jaringan listrik satu fasa AC 220V.
- Jarak antara modul *master* dan *slave* adalah ± 75 meter.
- Jaringan listrik yang digunakan pada pengujian adalah lab skripsi FTEK UKSW.



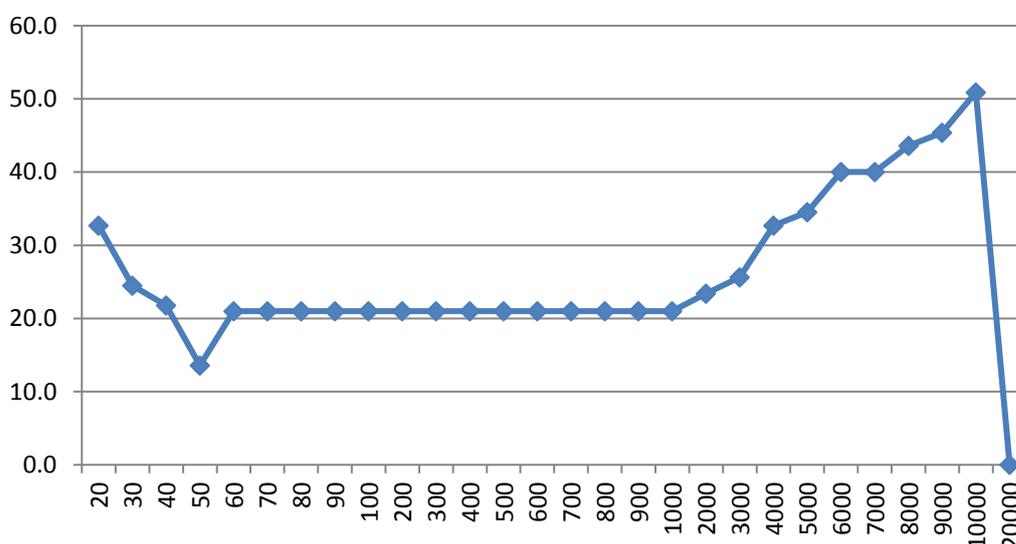
Gambar 15. Blok diagram pengujian keseluruhan sistem

Pada perancangan ini sebuah *master* dapat mengendalikan sampai 16 *slave*. Tetapi pada makalah ini hanya dicoba untuk enam buah penyuar (1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3C) saja. Proses pengiriman datamenjamin tidak akan terjadi tumbukan karena pengiriman data yang memerlukan jawaban balik dari *slave* selalu dilakukan secara bergantian antara sebuah modul *master* dan sebuah modul *slave*. Pada perancangan *software* juga terdapat mekanisme pengulangan perintah sebanyak dua kali bila dalam selang beberapa waktu

slave tidak memberikan jawaban balik untuk sebuah perintah yang memerlukan jawaban. Jika memang tidak ada jawaban setelah pengiriman perintah, maka diasumsikan bahwa *slave* yang dituju mengalami *error*.

Dari hasil pengujian dengan 20 kali percobaan, didapatkan perintah yang diberikan *master* dapat diterima dengan baik oleh *slave*. *Slave* dapat melakukan perintah *setting* dengan baik dan memberikan informasi/konfirmasi balik yang juga diterima *master* dengan baik.

Pengujian pengiriman data analog berupa suara juga dilakukan dengan kriteria yang sama. Hasilnya data analog yang dikirimkan dari *master* dapat diterima dengan cukup baik oleh *slave* tertentu yang dipilih dandisuarkan oleh penyuaranya. Suara dapat terdengar cukup jelas. Namun demikian nilai THD (*Total Harmonic Distortion*) dari keluaran amplifier masih cukup besar, yaitu sekitar 20% sampai frekuensi 1 kHz dan meningkat menjadi 25% dalam rentang frekuensi wicara (*voice*), sekitar 3 kHz. Setelah itu nilai THD makin besar seperti ditunjukkan Gambar 15.



Gambar 16. Grafik THD *output* amplifier (%) terhadap frekuensi (Hz)

5. Kesimpulan

1. Sistem kendali *speaker* dengan metode komunikasi PLC berhasil diaplikasikan pada jala-jala listrik PLN 220 VAC satu fasa dengan jarak 75m.
2. Terdapat sebuah modul *master* yang dapat mengontrol enam modul *slave* (enam penyuar) dan menentukan penyuar pada *slave* mana yang akan aktif menyuarakan wicara yang dikirim dari modul master.
3. Data analog (wicara) yang sampai ke *slave* dapat terdengar jelas namun masih memiliki THD yang cukup besar, salah satu penyebabnya adalah adanya derau pada jala-jala.

Daftar Pustaka

- [1] Marzuki, Fahrul, *Aplikasi Power Line Carrier (PLC) untuk Komunikasi pada Daerah Pedalaman*, Konferensi dan Temu Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Indonesia, Jakarta, 21-23 Mei 2008.
- [2] Kuntarto, GP, *Teknologi Power Line Communications (PLC) Berkaitan dengan Aspek Teknik dan Ekonomi*, Jurnal ULTIMATICS, Vol. 1 No. 1, Desember 2009.
- [3] *LM1893 LM2893 Carrier-Current Transceiver*, Texas Instruments. [Online]
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1893.pdf> (diakses 1 April 2017)
- [4] Sudaryanto, R, *Pengiriman Data Pengendali Beban Listrik Jinjangan Memakai PLC (Power Line Carrier) Berbasis Mikrokontroler AT89C51*, Jurnal INKOM, Vol. 1, No. 2, 2007.
- [5] Arihutomo M, dkk, *Sistem Monitoring Arus Listrik JalaJalaMenggunakan Power Line Carrier*, Jurnal Teknik POMITS, Vol. 1, No. 1, 2012.
- [6] Vinsensius Rahmat SP, dkk, *Sistem Pengendali Peralatan Elektronik Serta Pemantauan Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroler dengan Media Komunikasi Jala-Jala*, Jurnal Techne, Vol. 13, No. 1, April 2014.

