

# PENGUNAAN SCA PADA SISTEM PENYIARAN RADIO FM UNTUK PENGIRIMAN DATA TEKS

Makalah Seminar Tugas Akhir

Dalmasius N A P L2F099585

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

## Abstrak

Sistem radio penyiaran FM hampir seluruhnya telah menggunakan sistem stereo. Hal ini tidak lepas dari keunggulan suatu pemancar maupun penerima FM yang dapat memproses sinyal informasi dengan frekuensi lebih dari 75 kHz. Siaran stereo membutuhkan pita sebesar 53 kHz, selebihnya dapat digunakan untuk keperluan lain yaitu dengan menambahkan sistem SCA (Subsidiary Communications Authorization).

Sistem SCA pada tugas akhir ini digunakan untuk mengirimkan maupun menerima data teks. Lebar pita dari sistem SCA perlu dibatasi agar tidak mengganggu program siaran utama. Lebar pita dari sistem SCA yang terbatas tersebut digunakan untuk mengirimkan informasi digital, oleh karenanya perlu suatu modulasi digital untuk menghemat pita. Kecepatan pengiriman data juga perlu diperhatikan mengingat pita yang terbatas. Data yang dikirimkan memiliki kode awal tertentu sehingga hanya penerima tertentu saja yang dapat menerima data tersebut.

Metode pengiriman informasi pada sistem SCA adalah dengan menggunakan modulasi frekuensi dengan frekuensi pembawa sebesar 67 kHz. Untuk membatasi lebar pita maka perlu ditapis sebelum dipancarkan. Informasi digital yang dibawa terlebih dahulu dikonversi ke dalam bentuk analog dengan modulasi digital FSK. Baudrate pengiriman dan penerimaan data adalah sama yaitu sebesar 600 bps. Data yang dikirimkan menggunakan kode awal berupa karakter tertentu yang tidak terdapat pada keyboard komputer. Metode penerimaan data merupakan proses yang berkebalikan dari proses pengiriman.

Sistem telah dapat direalisasikan dengan baik yaitu bahwa data yang dikirim dapat diterima dengan baik dan tidak mengganggu program siaran utama. Dengan menambahkan sistem SCA ini maka akan menurunkan sinyal modulasi dari sinyal stereo sebesar 11,11%.

**Kata kunci** : SCA, FSK, serial asinkron

## I Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Lebar pita yang lebar dari pemancar FM ternyata belum dimanfaatkan secara maksimal. Lebar pita sinyal stereo menempati sampai frekuensi 53 kHz, selebihnya dapat dimanfaatkan untuk pengiriman informasi lain berupa suara ataupun data.

Pemanfaatan pita sisa dari suatu sistem penyiaran radio FM saat ini ada 2 macam cara yang digunakan yaitu sistem RDS dan sistem SCA. Sistem RDS (*radio data system*) berasal dari Inggris (tepatnya dari *European Broadcasting Union*, EBU), dan SCA (*subsidiary communications authorization*) berasal dari Amerika Serikat. RDS menggunakan sub-frekuensi pembawa sejauh 57 kHz dari frekuensi pusat dengan sistem modulasi amplitudo jenis DSBSC (*double sideband suppressed carrier*) dan lebar pita sebesar  $\pm 2$  kHz, sedangkan SCA menggunakan sub-frekuensi pembawa sejauh 67 kHz dari frekuensi pusat dengan sistem modulasi frekuensi (FM). Karena menggunakan modulasi frekuensi, maka jelaslah bahwa sistem SCA lebih kebal terhadap derau dibanding sistem RDS. Keunggulan lainnya adalah laju pengiriman data yang lebih tinggi (lebar pita lebih besar) dan untai penerima yang lebih sederhana. Karena keunggulan-keunggulan itulah maka sistem SCA dipilih sebagai obyek Tugas Akhir.

Di negara-negara maju, fasilitas ini sudah sejak lama dimanfaatkan untuk mengirimkan sinyal audio musik *monoural*. Yang lebih menarik fasilitas ini dapat digunakan untuk pengiriman data-data teks (teleteks). Karena dikirim dengan sistem *broadcast FM stereo* dan diterima dengan penerima FM stereo khusus (yang memiliki *demodulator SCA* dan penampil) maka informasi teleteks ini sangat praktis dan berguna.

### 1.2 Tujuan

- Membuat perangkat keras maupun perangkat lunak modul pengirim dan penerima data teks, yang memanfaatkan sisa pita frekuensi radio FM dengan SCA (*Subsidiary Communications Authorization*).
- Mempelajari pengiriman data yang menggunakan sistem modulasi digital FSK

### 1.3 Pembatasan Masalah

Tugas Akhir ini dititikberatkan pada penggunaan sistem SCA dalam aksi pengiriman data teks melalui gelombang radio, sehingga perlu adanya beberapa pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Peralatan Pemancar FM, Multipleks stereo, dan penerima FM, serta program bantu Realtime Comlite hanya digunakan sebagai pendukung untuk

mengetahui kinerja dari sistem SCA dan Pemancar FM yang digunakan menggunakan daya rendah, sehingga hanya untuk jarak dekat.

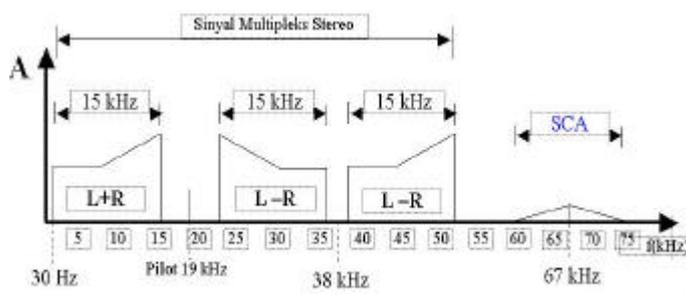
- Hanya menggunakan 1 saluran SCA dengan frekuensi sub-pembawa 67 kHz menggunakan sistem modulasi frekuensi, dan pengiriman data menggunakan modulasi digital FSK.
- Data yang dikirim berupa teks dalam format ASCII yang dikirimkan secara serial asinkron 8 bit 1 *stop bit* tanpa paritas.
- Sistem komunikasi yang digunakan adalah searah (*simplex*), dengan *baudrate* 600 bps dikirimkan dari COM serial PC. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat aplikasi pengiriman data adalah Borland Delphi 7.0.
- Penerima data menggunakan mikrokontroler Atmel AVR AT90S8515 menggunakan bahasa C dengan kompiler yang digunakan oleh penulis pada Tugas Akhir ini, yaitu CodeVisionAVR.
- Data yang diterima disimpan dalam RAM dan ditampilkan pada LCD 2x16 baris dan tidak disimpan pada EEPROM.
- Ada 4 macam data yaitu "Pesan Khusus", "Pesan Cuaca", "Valuta Asing", dan "Hiburan", masing-masing memiliki kapasitas karakter terbatas oleh keterbatasan memori sumirna dari penerima.
- Tidak membahas *handshaking* yang terjadi pada COM serial PC.

## II Dasar Teori

### 2.1 SCA

SCA merupakan salah satu bentuk sistem komunikasi *simplex* (searah) dengan sistem modulasi frekuensi sebagai cara atau alat untuk memanfaatkan pita sisa pada sistem penyiaran radio FM. Informasi yang dibawa pada sistem SCA bisa berupa suara atau data tergantung sistem yang diinginkan oleh pihak perusahaan penyiaran.

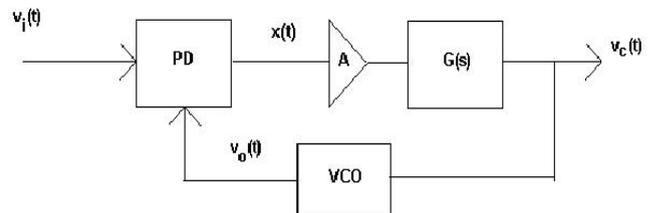
Frekuensi tengah dari sebuah modulator SCA dilihat dari ranah frekuensi terletak di atas spektrum frekuensi sinyal stereo. Untuk frekuensi tengah sebesar 67 kHz dan dengan deviasi maksimal 7,5 kHz maka spektrum frekuensi untuk sistem ini secara teori dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Spektrum frekuensi sistem penyiaran FM disertai dengan SCA

### 2.2 Dasar Kerja PLL

PLL terdiri atas 3 bagian dasar yaitu *voltage controlled oscillator* (VCO), *Phase detector* (PD), serta tapis ikal dengan penguatan. Diagram blok PLL diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Blok diagram PLL

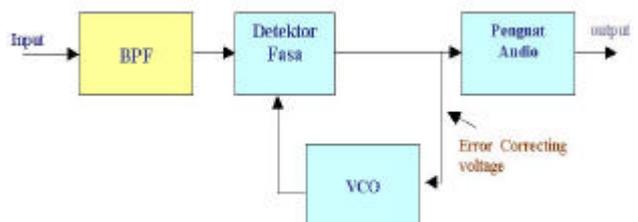
VCO adalah sebuah osilator yang dapat menghasilkan frekuensi spontan yang dapat berubah sesuai dengan tegangan masukan. Keluaran dari VCO dapat berupa gelombang sinus gelombang kotak maupun bentuk gelombang periodik lainnya.

Detektor fasa (PD) memiliki 2 masukan dan satu keluaran. Jika kedua masukan adalah periodik dan memiliki periode yang sama maka komponen dc dari keluaran PD adalah sebanding dengan besarnya perbedaan sudut antara kedua masukan sinyal periodik tersebut

Komponen dasar ketiga dari PLL adalah filter ikal dengan disertai dengan penguatan. Filter yang ada biasanya menggunakan komponen luar yang terpisah, dengan cara ini rangkaian PLL siap untuk ditala. Tujuan dari rangkaian tapis ini adalah untuk memperoleh komponen dc dari keluaran PD ( $x(t)$ ). Keluaran PD terdiri atas frekuensi yang bersesuaian dengan penjumlahan maupun pengurangan frekuensi  $v_i(t)$  dan  $v_o(t)$ .

### 2.3 Penerapan PLL sebagai demodulator SCA

Untuk menerima siaran SCA maka dibutuhkan demodulator SCA yang akan mendemodulasikan sinyal informasi SCA. Sistem SCA adalah dengan menggunakan modulasi frekuensi sehingga salah satu cara untuk mendemodulasikannya adalah dengan menggunakan rangkaian PLL diperlihatkan pada Gambar 3.



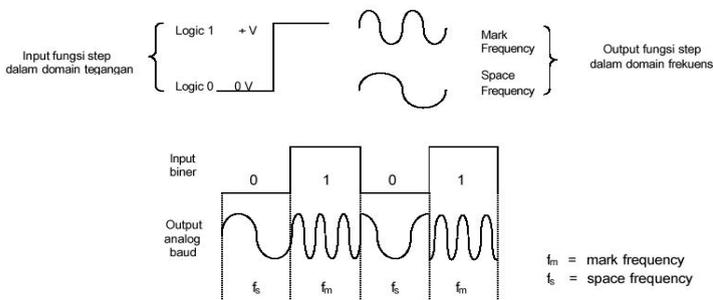
Gambar 3 Blok diagram penerima SCA

Sinyal masukan merupakan sinyal komposit hasil demodulasi pada pesawat penerima FM. *Band Pass Filter* (BPF) digunakan untuk meloloskan sinyal SCA yang berada di atas pita sinyal stereo. Sinyal SCA tersebut dimasukan ke detektor fasa untuk dibandingkan dengan frekuensi keluaran yang dihasilkan oleh VCO. Karena SCA menggunakan sistem modulasi frekuensi sehingga keluaran detektor fasa akan berubah sesuai dengan perubahan frekuensi sinyal SCA. Selisih koreksi tegangan (*error correcting voltage*) yang bersesuaian ini merupakan sinyal informasi dari SCA.

2.4 Frekuensi *Shift Keying*

FSK biner adalah sebuah bentuk modulasi sudut dengan *envelope* konstan yang mirip dengan FM konvensional, kecuali bahwa dalam modulasi FSK, sinyal pemodulasi berupa aliran pulsa biner yang bervariasi diantara dua level tegangan diskrit sehingga berbeda dengan bentuk perubahan yang kontinu pada gelombang analog.

Pada sebuah modulator FSK biner, *center* dari frekuensi *carrier* tergeser (terdeviasi) oleh masukan data biner. Sebagai konsekuensinya, keluaran pada suatu modulator FSK biner adalah suatu fungsi *step* pada domain frekuensi. Sesuai perubahan sinyal masukan biner dari suatu logic 0 ke logic 1, dan sebaliknya, keluaran FSK bergeser diantara dua frekuensi: suatu *mark frekuensi* atau logic 1 dan suatu *space frekuensi* atau logic 0.



Gambar 4 Sistem modulasi FSK biner

2.5 Tapis - tapis Aktif

Tapis adalah sebuah rangkaian yang dirancang agar melewati suatu pita frekuensi tertentu dan memperlemah semua isyarat di luar pita frekuensi ini. Tapis aktif adalah tapis yang dibangun dengan menggunakan komponen aktif, seperti halnya penguat operasional.<sup>[1]</sup>

Tapis Butterworth memiliki tanggapan yang rata pada frekuensi *passband* dari tapis dan memiliki pelemahan yang cukup tajam pada frekuensi *stopband*

Tabel 1 Tabel Koefisien Untuk Perancangan Tapis Butterworth

Orde n	$\alpha$	$\beta$
2	0,7071	0,7071
3	1,0000 0,5000	0,8660
4	0,9239 0,3827	0,3827 0,9239
5	1,0000 0,8090 0,3090	0,5878 0,9511
6	0,9659 0,7071 0,2588	0,2588 0,7071 0,9659
7	1,0000 0,9010 0,6235 0,2225	0,4339 0,7818 0,9749
8	0,9808 0,8315 0,5556 0,1951	0,1951 0,5556 0,8315 0,9808

Tapis lolos rendah aktif dapat secara langsung dirancang dari koefisien-koefisien tapis ( $\alpha$  dan  $\beta$ ). Fungsi alih konfigurasi tapis lolos rendah satu kutub diperlihatkan pada Persamaan 1.

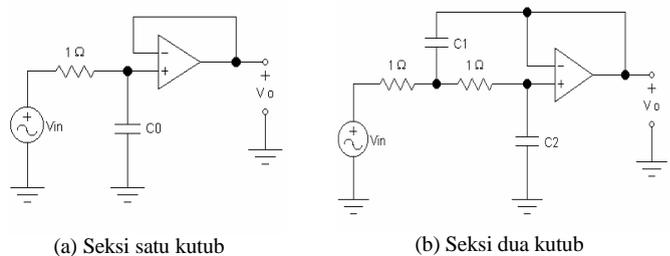
$$\frac{V_o}{V_i} = T(s) = \frac{1}{C_0 s + 1} \quad \dots (1)$$

Fungsi alih konfigurasi tapis lolos rendah satu kutub dinyatakan dalam koefisien tapis diperlihatkan pada Persamaan 2.

$$T(s) = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_o} s + 1} \quad \dots (2)$$

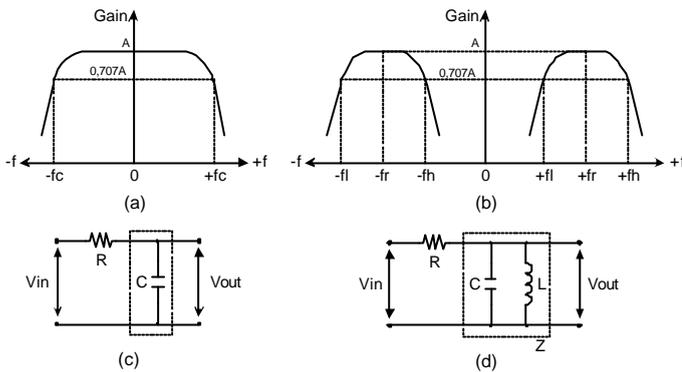
Fungsi alih konfigurasi tapis lolos rendah dua kutub dinyatakan dalam koefisien tapis diperlihatkan pada Persamaan 3.

$$T(s) = \frac{1}{\frac{1}{\alpha^2 + \beta^2} s^2 + \frac{2\alpha}{\alpha^2 + \beta^2} s + 1} \quad \dots (3)$$



Gambar 4 Rangkaian konfigurasi tapis lolos rendah aktif penguatan satu

Perancangan rangkaian tapis pelewat jalur dapat diperoleh dari hasil transformasi rangkaian tapis pelewat rendah.



Gambar 5 (a) Respon frekuensi tapis pelewat rendah (b) Respon frekuensi tapis pelewat pita (c) Rangkaian tapis pelewat rendah sederhana (d) Tapis pelewat pita hasil transformasi

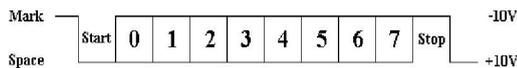
Secara umum fungsi alih untuk rangkaian tapis pelewat pita orde ke-2 diberikan dengan Persamaan 4.

$$T(s) = \frac{Hs}{s^2 + \frac{w_0}{Q}s + w_0^2} \dots\dots\dots (4)$$

H adalah suatu konstanta penguatan.<sup>[1]</sup>

2.6 Komunikasi serial asinkron

Dalam sistem komunikasi serial asinkron sinyal detak dari pengirim dan penerima masing-masing bertanggung jawab membagi arus data ke dalam bit-bit dan kedua detak tersebut tidak serempak/sinkron.



Gambar 6 Transmisi serial asinkron

Ketika pengirim akan mengirimkan sebaris data maka akan ditandai dengan mengirimkan '0' (space) untuk satu periode bit. Penerima melihatnya sebagai logika 0 maka ini disebut sebagai start bit dan pembacaan data selanjutnya dimulai. Aliran data yang masuk dapat dibagi dalam 8 periode bit dan cuplikan data pada tengah bit. Detak pada penerima tidak sinkron dengan detak pengirim dan bit-bit data tidak disampel tepat di tengah persis. Satu atau dua stop bits berlogika '1' mengikuti setelah 8 bit terkirim. Setelah stop bits dikirimkan karakter selanjutnya dapat dikirimkan kapan saja.<sup>[11]</sup>

2.7 Mikrokontroler AT90S8515

Mikrokontroler Atmel AT90S8515 ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Arsitektur RISC,
2. 118 instruksi sebagian besar satu siklus instruksi,
3. 32x8 register kerja serbaguna,

4. 8 MIPS (Mega Instructions per Second) pada 8 MHZ
5. Dapat digunakannya bahasa C sebagai bahasa pemrogramannya,
6. Programmable Flash Memory sebesar 8 K Byte (1000 kali siklus hapus/tulis),
7. 512 bytes SRAM,
8. 512 Bytes Programable EEPROM (100.000 siklus hapus/tulis),
9. Pemrograman terkunci untuk program Flash dan keamanan data pada EEPROM,
10. Jangkauan operasi : 2,7 – 6 Volt,
11. Fully Static Operation : 0 Hz – 8 MHz untuk AT90S8515-8,
12. Dua level Program Memory Lock yaitu flash program dan EEPROM data security,
13. 32 jalur I/O yang dapat diprogram,
14. Satu Timer/Counter 8 bit dengan separate prescaler,
15. Satu Timer/Counter 16 bit dengan separate prescaler,
16. Sumber interupsi (interrupt source) external dan internal,
17. Analog komparator dalam chip,
18. Pewaktu Watchdog terprogram dengan Osilator dalam chip,
19. Antarmuka serial SPI master/slave,
20. Mode power down dan catu rendah senggang,
21. Kanal pengirim-penerima tak serempak universal (UART-Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) yang dapat diprogram.<sup>[12]</sup>

❖ Baud Rate

Untuk mengatur besarnya laju data pengiriman maupun penerimaan data maka perlu untuk menentukan baudratanya. Pembangkit baud rate adalah pembagi frekuensi yang membangkitkan baud rate berdasarkan rumus berikut:

$$BAUD = \frac{f_{CK}}{16(UBRR + 1)} \dots\dots\dots(5)$$

Baud = Baud rate

f<sub>CK</sub> = Frekuensi detak kristal

UBRR = Isi dari UBRR (UART Baud Rate Register)(0-255)

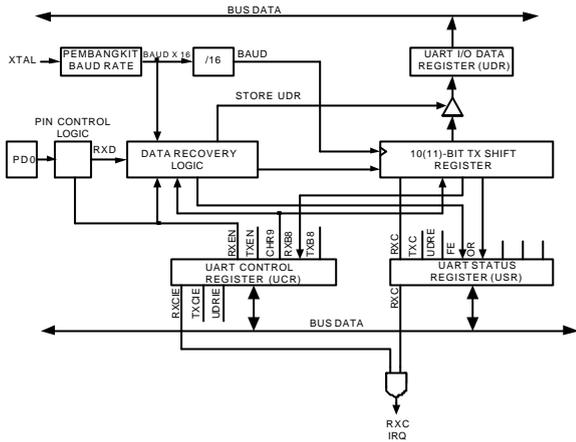
Register UBRR diperlihatkan pada Gambar 2.20

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$09(\$29)	MSB							LSB	UBRR
Read/Write	R/W								
Nilai inisial	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 7 Register UBRR

Register ini dapat dibaca dan dapat ditulis, yang menentukan baud rate sesuai dengan Persamaan 5.

Gambar 8 menunjukkan perangkat keras dari UART Receiver



Gambar 8 UART Receiver

2.8 Penampil Kristal Cair (LCD)

LCD ini apabila dilihat dari atas seperti Gambar 9. LCD ini mempunyai 16 pena masukan, yang dihubungkan dengan mikrokontroller.



Gambar 9 LCD tampak dari depan

Pada Tabel 2 adalah penjelasan pena-pena pada LCD

Tabel 2 Penjelasan pena-pena pada LCD

No. Pena	Nama Pena	Penjelasan
1	V <sub>SS</sub>	Catu daya Gnd 0 V
2	V <sub>DD</sub>	Catu daya + 5V
3	V <sub>O</sub>	Untuk mengatur kekontrasan LCD
4	RS	Sinyal pemilih register, bila 0 sebagai data masukan, 1 sebagai instruksi masukan
5	R/W	Sinyal pemilih baca (R) atau tulis (W), 0 = tulis, 1 = baca
6	E	Untuk mengaktifkan sinyal instruksi
7 – 14	DB <sub>0</sub> – DB <sub>7</sub>	Sebagai masukan atau keluaran data
15	A	Catu daya positif lampu belakang ( <i>back light</i> )
16	K	Catu daya negatif (GND) lampu belakang ( <i>back light</i> )

III Perancangan Sistem SCA

3.1 Perangkat Pengirim SCA

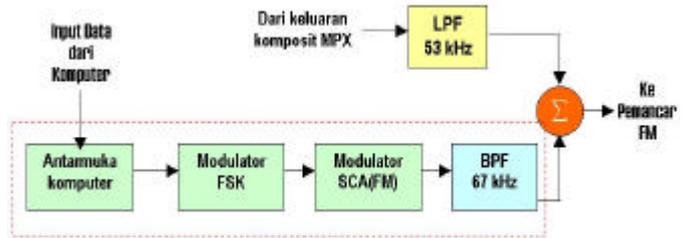
3.1.1 Perangkat Keras Pengirim SCA

Perancangan perangkat keras untuk pengirim SCA perlu ditetapkan hal-hal yang akan dijadikan patokan. Hal-hal yang dimaksud adalah :

1. frekuensi pembawa SCA adalah sebesar 67 kHz ± 0,2 %.
2. deviasi frekuensi maksimal adalah 7,5 kHz.

3. Baudrate sebesar 600 bps.

Susunan blok-blok yang membentuk pengirim SCA dapat dilihat pada Gambar 10.

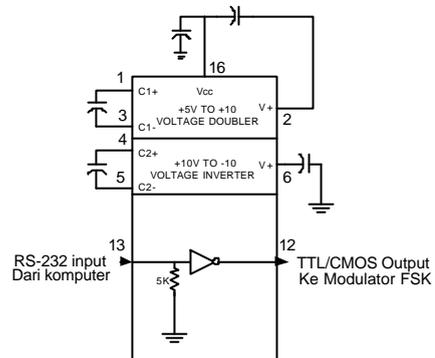


Gambar 10 Blok diagram pengirim SCA

Untuk penyederhanaan rancangan maka tiap-tiap blok digunakanlah rangkaian terintegrasi (IC). Rangkaian terintegrasi MAX232 digunakan sebagai Antarmuka komputer. Penulis menggunakan IC dengan seri TCM3105 sebagai Modulator FSK. IC LM565 digunakan sebagai Modulator SCA. IC TL082 yang didalamnya merupakan penguat operasi digunakan sebagai blok LPF 53 kHz, BPF 67 kHz, dan Penggabung. Masing-masing blok ada komponen eksternal yang menyertai tiap-tiap ICnya.

❖ Antarmuka Serial RS232

Untuk menjembatani jalur komunikasi serial (RS232) komputer dengan sistem SCA maka dibutuhkan Antarmuka Serial RS232.



Gambar 11 Antarmuka serial RS232 dengan IC MAX232

❖ Modulator FSK

TCM3105 merupakan modem FSK dengan spesifikasi menurut standar CCITT V.23 dan BELL 202. Mode operasi modulator yang dipilih dalam perancangan tugas akhir ini adalah menurut standar CCITT. Untuk mengaturnya maka perlu untuk melihat Tabel 3

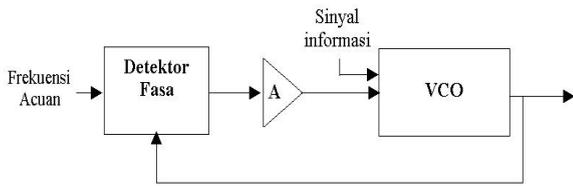
Tabel 3 Mode operasi modulator FSK pada TCM3105

TRS	TXR1	TXR2	Baudrate	Frekuensi	
				mark	space
L	L	L	1200	1300	2100
H	L	L	1200	1300	2100
L	H	H	600	1300	1700
H	L	H	600	1300	1700
L	H	L	75	390	450
H	H	L	75	390	450
L	H	H	75	390	450

Mode operasi tersebut digunakan untuk mengatur *baudrate* pada modulatnya. Dalam pengiriman data menggunakan *baudrate* sebesar 600 bps sehingga TXR1 diberi masukan logika rendah (L) dan TXR2 diberi masukan logika tinggi (H).

❖ Modulator SCA

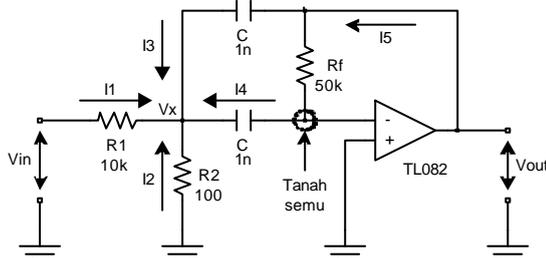
Untuk membawa sinyal informasi di atas sinyal multipleks stereo maka diperlukan modulator SCA. Modulator SCA pada prinsipnya menggunakan modulasi frekuensi dengan pembawa sebesar 67 kHz. Sinyal pembawa tersebut frekuensinya akan berubah-ubah sesuai dengan sinyal masukannya. Sinyal masukan modulator SCA adalah dari keluaran analog modulator FSK.



Gambar 12 Diagram blok modulator SCA

❖ Rangkaian Tapis Pelewat Jalur (*Bandpass Filter*) 67 kHz

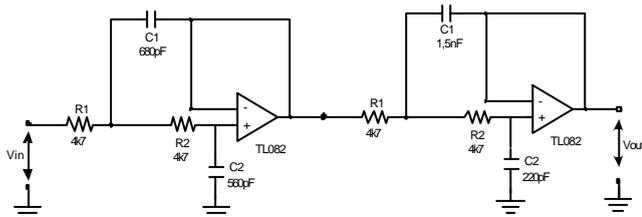
Pada tugas akhir ini, digunakan rangkaian tapis pelewat pita aktif *butterworth* orde 2, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 13



Gambar 13 Rangkaian tapis pelewat pita *butterworth* orde 2

❖ Tapis Lolos Rendah 53 kHz

Tapis lolos rendah 53 kHz penulis memilih menggunakan kategori Butterworth dengan frekuensi pancung (*cut-off*) 53 KHz. Orde (n) tapis adalah 4. Penguatan tapis dirancang sama dengan satu. Realisasi rangkaian tapis lolos rendah 53 kHz ditunjukkan oleh Gambar 14.



Gambar 14 Rangkaian tapis lolos rendah 53 kHz

3.1.2 Perangkat Lunak Pengirim SCA

Data dikirimkan secara khusus sehingga hanya penerima tertentu saja yang dapat menerimanya. Untuk

itu pada awal pengiriman data dikirimkan terlebih dahulu kode awal. Prefiks yang dipakai sebagai kode awal tersebut menggunakan karakter khusus di luar yang ada di *keyboard* ataupun karakter yang sering digunakan.

Tabel 4 Daftar prefiks untuk masing-masing tujuan

Prefiks	Tujuan
Ç	Creative Department
î	DJ
A	Marketing
þ	Music Director
Æ	Special Person
æ	Listener
i	Company
α	All

Data yang dikirimkan mengandung beberapa jenis informasi. Ada 4 jenis informasi yang berbeda yaitu Pesan Khusus, Informasi Cuaca, Valuta Asing dan Hiburan. Masing-masing informasi tersebut diberi kode awal dan akhiran untuk memisahkan satu dengan lainnya.

Tabel 5 Kode awal untuk jenis informasi

Kode Awal	Jenis Informasi
β	Pesan Khusus
È	Informasi Cuaca
ñ	Valuta Asing
ø	Hiburan

Masing-masing dari informasi tersebut memiliki jumlah karakter maksimal yang dikirimkan. Sehingga perlu adanya pembatasan jumlah karakter yang dikirim pada masing-masing jenis informasi.

Tabel 6 Jumlah karakter maksimal masing-masing informasi

Jenis Informasi	Jumlah karakter Maksimal
Pesan Khusus	139 karakter
Informasi Cuaca	69 karakter
Valuta Asing	59 karakter
Hiburan	79 karakter

Pada akhir tiap-tiap informasi diberikan suatu akhiran (*sufiks*) sebagai penanda selesainya sebuah informasi. Sebagai *sufiks* adalah karakter "Å".

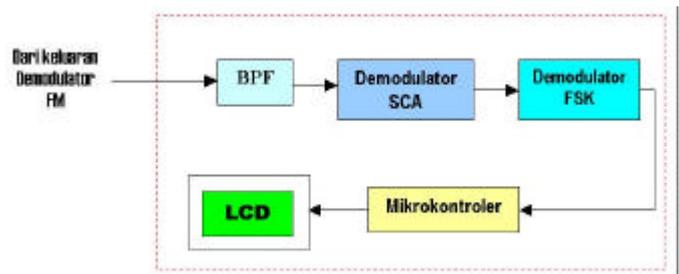
3.2 Perangkat Penerima SCA

3.2.1 Perangkat Keras Penerima SCA

Spesifikasi perangkat penerima harus disesuaikan dengan pengirimnya. Spesifikasi untuk penerima SCA adalah sebagai berikut :

1. frekuensi penerimaan sebesar 67 kHz.
2. *Baudrate* penerimaan data sebesar 600 bps
3. Sebagai penampil digunakan LCD 2 x 16 baris.

Susunan blok-blok yang membentuk sebuah penerima SCA dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Blok diagram penerima SCA.

Untuk penyederhanaan rancangan maka rangkaian terintegrasi (IC) digunakan pada tiap-tiap bloknnya. IC TL082 yang di dalamnya merupakan penguat operasi digunakan untuk membangun BPF 67 kHz. IC LM565 digunakan untuk Demodulator SCA. IC dengan seri TCM3105 digunakan sebagai Demodulator FSK. Penulis menggunakan Mikrokontroler ATMEL AVR 90S8515 untuk memproses data. Pemasang yang digunakan oleh penulis yaitu LCD M1632. Masing-masing blok tersebut ada komponen eksternal yang menyertai tiap-tiap ICnya.

❖ Rangkaian Tapis Pelewat Jalur (*Band-pass Filter*) 67 kHz

Perancangan BPF untuk tapis pelewat jalur (BPF) 67 kHz untuk penerima SCA adalah sama seperti pada pengirim.

❖ Demodulator SCA

Blok PLL digunakan untuk membangun sebuah demodulator SCA. Blok PLL terdapat pada IC LM565. Hal – hal yang penting untuk merancang sebuah demodulator SCA dengan IC LM565 adalah parameter-parameter yang terdapat pada IC tersebut antara lain :

1. Frekuensi *free running*
2. *Loop gain*
3. *Hold in range*
4. *Loop Filter*

*Loop Gain* berfungsi untuk menghubungkan jumlah perubahan fasa antara isyarat masukan dengan sinyal VCO untuk suatu pergeseran pada frekuensi sinyal masukan. *Hold in range* adalah kisaran frekuensi dimana *loop* masih dapat tetap terkunci setelah sebelumnya terkunci. *Loop filter* adalah untuk memperoleh komponen dc dari keluaran detektor fasa.

Sinyal informasi diperoleh dari *error corecting voltage* pada keluaran detektor fasa. Keluaran dari detektor fasa masih mengandung frekuensi tinggi. Oleh karenanya perlu difilter untuk mendapatkan hasil demodulasi yang baik. Sinyal informasi memiliki frekuensi 1300 Hz dan 1700 Hz sehingga penulis memutuskan untuk menggunakan tapis lolos rendah sebesar 2 kHz.

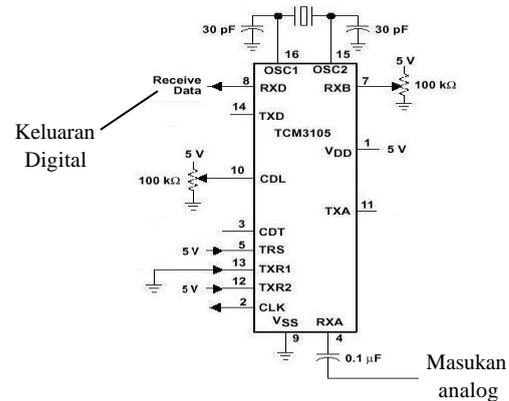
❖ Demodulator FSK

Menurut standar CCITT untuk mengatur mode operasi penerimaan pada demodulator SCA yang menggunakan IC TCM3105 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Mode operasi demodulator FSK pada TCM3105

TRS	TXR1	TXR2	Baudrate	Frekuensi	
				mark	space
L	L	L	1200	1300	2100
H	L	L	75	390	450
L	L	H	75	390	450
H	L	H	600	1300	1700
L	H	L	1200	1300	2100
H	H	L	600	1300	1700
L	H	H	75	390	450

Mode operasi tersebut digunakan untuk mengatur *baudrate* pada demodulatornya. Dalam penerimaan data dipilih *baudrate* sebesar 600 bps.



Gambar 16 Rangkaian lengkap Demodulator FSK dengan IC TCM3105

❖ Pengkondisi Penerimaan

Pengkondisi penerimaan berfungsi untuk menonaktifkan data masukan saat tidak ada sinyal masukan SCA. Keluaran dari demodulator FSK adalah data acak bila masukannya adalah sinyal acak. Hal ini tentunya akan mengganggu pada sistem penerima jika data acak tersebut dikenali sebagai prefiks.

❖ Mikrokontroler AT90S8515

Mikrokontroler AT90S8515 digunakan untuk mengolah data dari keluaran demodulator FSK. Untuk menghindari kesalahan pencuplikan data maka nilai frekuensi kristal harus dapat tepat terbagi dengan 16(UBRR +1) dan hasil bagi merupakan bilangan asli (tanpa ada koma). Kristal yang digunakan adalah 1,8432 MHz yang memenuhi semua kriteria di atas dan juga tersedia di pasaran.

Mikrokontroler AT90S8515 terdiri atas 4 port; A,B,C,D. Masing-masing dapat berfungsi sebagai masukan maupun sebagai keluaran. Penggunaan port-port AT90S8515 dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 8

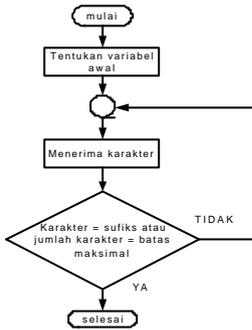
Tabel 8 Penggunaan port-port pada AT90S8515.

Port AT90S8515	Fungsi
Port A	PA0-PA2, PA4 –PA7
Port B	PB0 -PB7
Port C	PC4
	PC0, PC1, PC5, PC6, PC7
Port D	PD0
	PD2

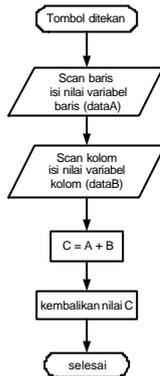
3.2.2 Perangkat Lunak Penerima SCA

❖ Fungsi Penerimaan Data

Dalam penerimaan data harus disesuaikan dengan data yang akan diterima (data yang telah dikirimkan). Kedua sistem harus memiliki kesepakatan yang ditaati oleh keduanya.



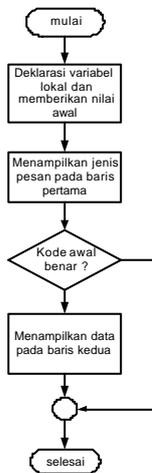
Gambar 17 Diagram alir penerimaan data Fungsi *Scanning Keypad*



Gambar 18 Diagram alir *scanning keypad*



Fungsi Penampilan Data



Gambar 19 Diagram alir fungsi penampilan data pada LCD



Fungsi Bunyi

Fungsi bunyi adalah fungsi yang berguna untuk menghasilkan bunyi tertentu. Fungsi ini akan dipanggil setelah ada pesan baru yang diterima. Kaki mikrokontroler yang digunakan sebagai keluaran pada perancangan fungsi ini menggunakan pin ke-2 pada port D. Prinsipnya adalah dengan mengatur keluaran menjadi tinggi dan sesaat kemudian rendah secara berulang-ulang tergantung tempo bunyi yang dikehendaki.

```

void ringtone (void)
{

```

```

int i=0;
DDRD=0x04;
do{
  PORTD.2=0;
  delay_us(250);
  PORTD.2=1;
  delay_us(250);
  i++;
}
while (i<1000);
}

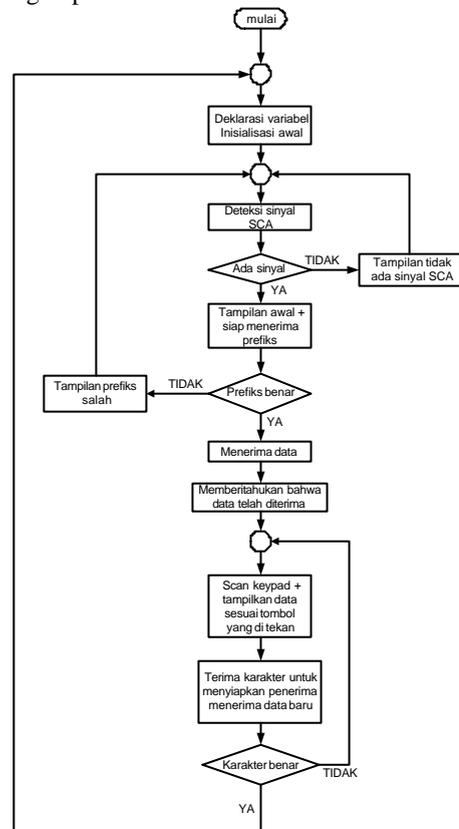
```

Besarnya tundaan akan mempengaruhi besarnya frekuensi keluaran.



Program Utama Penerimaan Data Teks SCA

Untuk merancang program utama penerimaan data perlu memperhatikan kode awal untuk masing-masing penerima. Hal ini dimaksudkan agar hanya pengiriman data yang mengirimkan prefiks yang benar saja yang dapat diterima.



Gambar 20 Diagram alir program utama penerima data teks SCA.

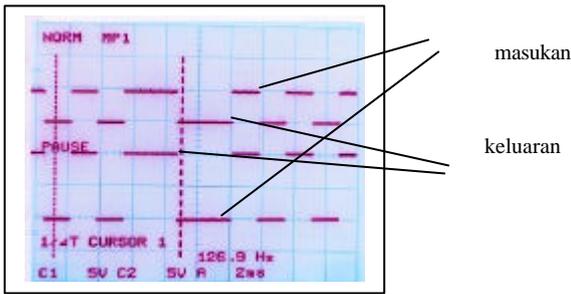
IV Pengujian dan Analisis Sistem

4.1 Pengujian dan Analisis Pengirim SCA



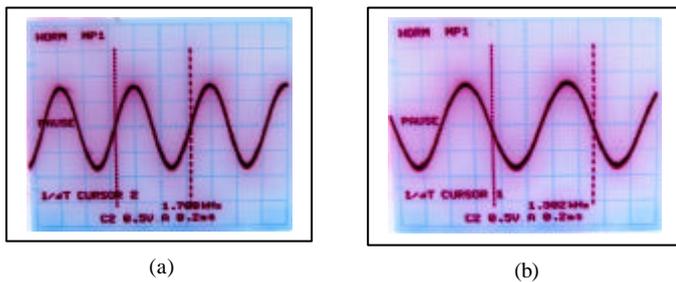
Pengujian dan Analisis Blok Antarmuka Serial RS232

Rangkaian terintegrasi (IC) jenis MAX232 digunakan sebagai antarmuka serial, yang berfungsi untuk mengubah aras tegangan RS232 menjadi aras tegangan TTL.



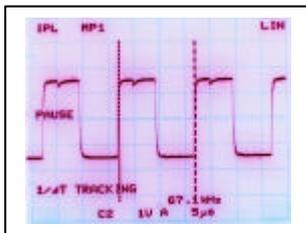
Gambar 21 Foto hasil pengujian rangkaian Antarmuka RS232

- ❖ Pengujian Blok Modulator FSK  
Foto bentuk sinyal keluaran dari blok modulator FSK pada osiloskop ditunjukkan oleh Gambar 22

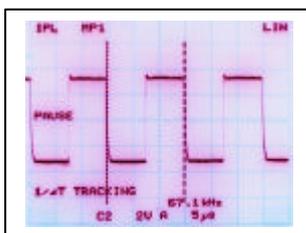


Gambar 22 Foto hasil pengujian rangkaian modulator FSK  
(a) Keluaran saat masukan 0 (b) Keluaran saat masukan 1.

- ❖ Pengujian dan Analisis Blok Modulator SCA  
Modulator SCA tersusun dari blok PLL serta blok pembangkit frekuensi acuan. Untuk mengetahui unjuk kerjanya maka perlu untuk melihat keluarannya  
Pembangkit frekuensi acuan merupakan osilator kristal yang kemudian dibagi agar menjadi 67 kHz.



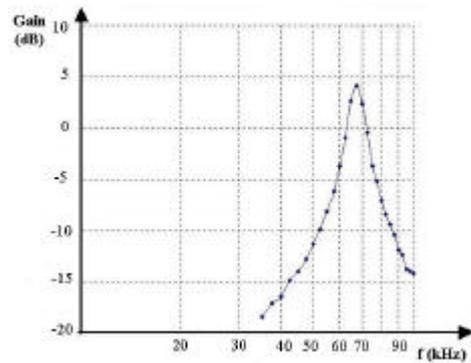
Gambar 23 Foto keluaran blok pembangkit frekuensi acuan 67 kHz  
Foto bentuk sinyal masukan dan sinyal keluaran dari blok modulator SCA tanpa masukan sinyal pemodulasi pada osiloskop ditunjukkan oleh Gambar 24.



Gambar 24 Sinyal keluaran rangkaian modulator SCA

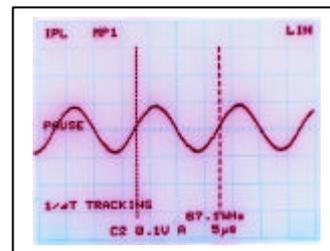
- ❖ Pengujian Blok BPF 67 kHz  
Pengujian rangkaian tapis lolos pita ini dilakukan dengan jalan memberikan masukan

gelombang sinus dengan frekuensi tertentu (dalam pengujian yang penulis lakukan frekuensi masukannya adalah 35 KHz sampai 100 KHz)



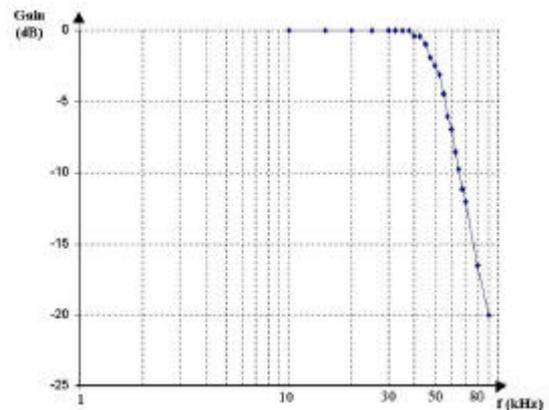
Gambar 25 Tanggapan tapis lolos pita 67 kHz

Hasil foto osiloskop keluaran dari BPF 67 kHz dengan masukan dari keluaran modulator SCA yang belum termodulasi.



Gambar 26 Sinyal keluaran BPF 67 kHz dengan masukan keluaran dari modulator SCA

- ❖ Pengujian dan Analisis Blok LPF 53 kHz  
Grafik tanggapan tapis lolos rendah 53 kHz ditunjukkan oleh Gambar 27. Grafik ini adalah merupakan grafik frekuensi terhadap penguatannya.



Gambar 27 Grafik tanggapan tapis lolos rendah 53 kHz

- ❖ Pengujian dan Analisis Perangkat Lunak Pengirim SCA  
Fungsi dari perangkat lunak pengirim SCA adalah untuk mengirimkan deretan karakter secara serial melalui COM serial komputer. Untuk menguji bahwa program dapat berfungsi dengan baik penulis menggunakan program aplikasi Realtime ComLite 32

Tabel 9 Data teks untuk pengujian perangkat lunak pengirim

Jenis Pesan	Isi Pesan
Pesan Khusus	Tolong segera buat spot acara musik akustik!!
Informasi Cuaca	Semarang cerah
Valuta Asing	US Dollar = Rp 8000
Informasi Hiburan	"Bulan Tertusuk Ilalang" hari ini jam 19.00 di Citra

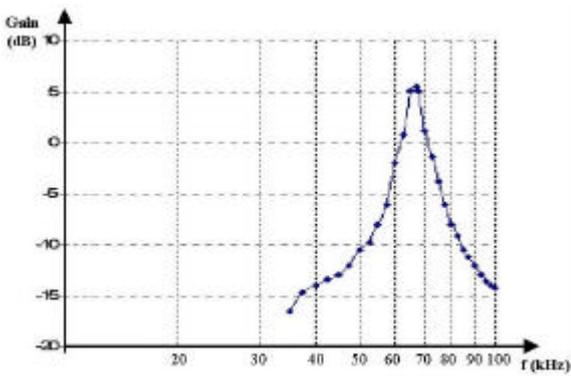


Gambar 28 Hasil pengujian perangkat lunak pengirim SCA

4.1 Pengujian dan Analisis Penerima SCA

- ❖ Pengujian dan Analisis BPF 67 kHz pada penerima

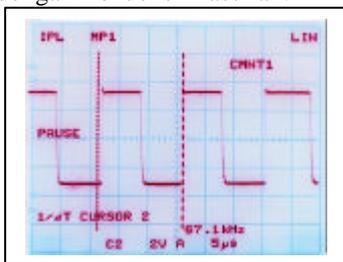
Grafik tanggapan tapis lolos pita 67 kHz ditunjukkan oleh Gambar 29.



Gambar 29 Tanggapan tapis lolos pita 67 kHz

- ❖ Pengujian dan Analisis Blok Demodulator SCA

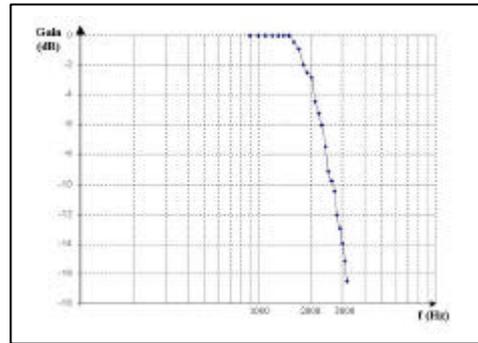
Blok demodulator SCA menggunakan rangkaian PLL terintegrasi LM565. Pengujian dilakukan dengan jalan memberikan sinyal dengan frekuensi sekitar frekuensi tengah VCOnya (67 KHz ± 10%). Keluaran VCO harus memiliki frekuensi dan fasa yang sama dengan frekuensi masukan.



Gambar 30 Sinyal keluaran VCO dari blok PLL demodulator SCA

Tegangan kendali VCO akan terkoreksi jika terjadi perbedaan fasa antara keluaran VCO dengan masukan blok PLL (pada detektor fasa). Tegangan koreksi ini merupakan sinyal informasi dari blok demodulator SCA. Sinyal informasi ini masih tercampur dengan frekuensi tinggi sehingga masih dibutuhkan tapis lolos rendah.

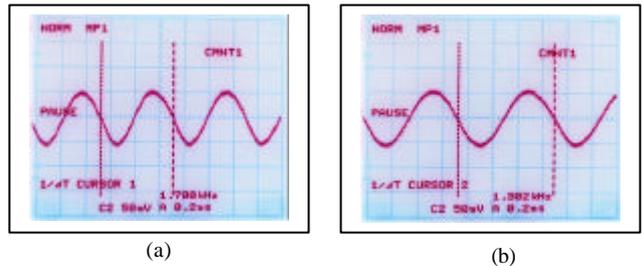
- ❖ Pengujian tapis lolos rendah 2 kHz  
Tapis lolos rendah 2 kHz ini berfungsi untuk memperoleh sinyal hasil demodulasi demodulator SCA. Grafik tanggapan tapis lolos rendah audio ditunjukkan oleh Gambar 31.



Gambar 31 Grafik tanggapan tapis lolos rendah 2 kHz

- ❖ Pengujian Demodulator SCA dengan sinyal FM

Modulator SCA yang digunakan sebagai masukan dimodulasi dengan sinyal keluaran dari modulator FSK dengan frekuensi 1300 Hz atau 1700. Hasil yang diperoleh dari keluaran demodulator SCA dapat dilihat pada Gambar 32.



Gambar 32 Sinyal hasil keluaran demodulator SCA dengan masukan (a) modulator SCA yang termodulasi sinyal 1700 Hz (b) modulator SCA yang termodulasi sinyal 1300 Hz

- ❖ Pengujian dan Analisis Blok Demodulator FSK  
Blok demodulator FSK menggunakan rangkaian terintegrasi TCM3105. Baud rate pengiriman data adalah sebesar 600 bps. Tabel 10 merupakan hasil pengujian demodulator FSK

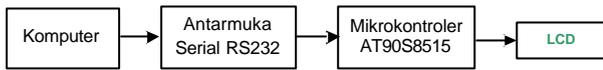
Tabel 10 Hasil pengujian demodulator FSK.

f (Hz)	Keluaran	f (Hz)	Keluaran
900	H	2100	L
1000	H	2200	L
1100	H	2300	L
1200	H	2400	L
1300	H	2500	L
1400	H	2600	L
1500	H/L	2700	L
1600	L	2800	H
1700	L	2900	H
1800	L	3000	H
1900	L	3100<<	H
2000	L	<<900	H

- ❖ Pengujian dan Analisis Perangkat Lunak Penerima SCA

Pengujian dilakukan dengan data masukan dari komputer dengan disertai antarmuka serial untuk

menjembatani komunikasi antara COM serial komputer dengan pena RX pada mikrokontroler. Pengujian untuk perangkat lunak penerima SCA ini dapat dilihat seperti pada Gambar 33.



Gambar 33 Pengujian perangkat lunak penerima

Pengujian dilakukan dengan menggunakan program berikut ini :

```

#include <90s8515.h>
#include <asm>
.equ __lcd_port=0x1B
#include <lcd.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
void main(void)
{
int x;
char n;
// Inisialisasi UART
// Parameter komunikasi: 8 Data, 1 Stop,
tanpa paritas
// UART Receiver: On
// UART Transmitter: Off
// UART Baud rate: 600
UCR=0x10;
UBRR=0xBF;
lcd_init(16);

while (1)
{
lcd_gotoxy(0,0);
x=31;
while(x>=0)
{
x=x-1;
n=getchar();
lcd_putchar(n);
delay_ms(1000);
lcd_clear();
}
};
}
  
```

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan karakter ASCII secara serial dari komputer ke mikrokontroler dan melihat hasilnya pada layar LCD. Karakter yang diterima akan langsung ditampilkan pada LCD. Ketika mencapai karakter yang ke-32 diberi tundaan 1 detik kemudian LCD di *clear* dan hal ini diulangi terus-menerus.

#### ❖ Pengaruh Sistem SCA terhadap komposisi sistem modulasi

Sistem SCA membutuhkan 10 % dari modulasi total sehingga untuk sinyal audio stereo total yang dibutuhkan adalah sebesar 80 % sebab 10 % digunakan sebagai sinyal pilot 19 kHz. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Komposisi sistem modulasi pada pemancar FM

Sistem Modulasi	Sinyal L+R	Sinyal SCA	Sinyal Pilot
Mono tanpa SCA	100 %	0 %	0 %
Mono dengan SCA	90 %	10 %	0 %
Stereo tanpa SCA	90 %	0 %	10 %
Stereo dengan SCA	80 %	10 %	10 %

Sebagian besar stasiun radio penyiaran yang ada sekarang menggunakan sistem stereo tanpa SCA. Jika ingin ditambah dengan sistem SCA maka harus menurunkan amplitudo sinyal masukan audio sebesar 10 % sehingga pengurangan kualitas audio adalah sebesar :

$$\frac{10\%}{90\%} \times 100\% = 11,11\%$$

#### 4.3 Pengujian Distorsi dan BER

##### ❖ Pengujian Distorsi *Audio*

Dalam pengiriman informasi pasti ada distorsi. Distorsi dapat ditimbulkan dari adanya derau maupun adanya sinyal lain yang ikut dikirimkan.

Tabel 12 Distorsi yang terjadi pada keluaran Tuner FM dengan masukan pemancar berupa sinus tanpa ditambah SCA

$f$ (KHz)	% Distorsi ( $V_{in} = 1,5$ Vpp)	% Distorsi ( $V_{in} = 2$ Vpp)	% Distorsi ( $V_{in} = 2,5$ Vpp)
0,05	2,4	2,7	4
0,1	2,2	2,7	4
0,5	2,3	2,8	4
1	2,4	2,9	4
2	2,6	2,9	4
3	2,6	2,9	4
4	2,6	2,9	4
5	2,6	2,9	4
6	2,5	3,0	4
7	2,5	3,0	4,2
8	2,5	3,0	4,2
9	2,5	3,0	4,2
10	2,6	3,1	4,2
15	3,0	3,4	5
20	3,6	3,8	5,2

Tabel 13 Distorsi yang terjadi pada keluaran Tuner FM dengan masukan pemancar berupa sinus dengan ditambah SCA

$f$ (KHz)	% Distorsi ( $V_{in} = 1,5$ Vpp)	% Distorsi ( $V_{in} = 2$ Vpp)	% Distorsi ( $V_{in} = 2,5$ Vpp)
0,05	20	15	11
0,1	20	15	11
0,5	20	15	11
1	20	15	11
2	20,5	15	11
3	21	15	11
4	21	16	12
5	21	16	12
6	21,5	16	12
7	22	16	12
8	22	16	12
9	22,5	16,5	12
10	22,5	16,5	12,5
15	23	17	13
20	23	17	13

Penambahan distorsi saat diberikan tambahan sinyal SCA pada saat modulasi sinus 1,5 Vpp rata-rata adalah 18,73 %. Saat modulasi sinus 2 Vpp penambahannya rata-rata adalah 12,8 %. Sedangkan saat diberikan modulasi sinus sebesar 2,5 Vpp maka akan menambah distorsi rata-rata sebesar 7,56 %. Modulasi optimal masukan antara 2 Vpp sampai dengan 2,5 Vpp sehingga SCA akan memberikan distorsi rata-rata yaitu sebesar 10,18 % pada saat sistem diberikan masukan modulasi optimal.

#### ❖ Pengujian Distorsi Demodulator SCA

Sinyal masukan yang terlalu besar akan mempengaruhi keluaran dari demodulator SCA. Masukan yang terlalu besar akan mendistorsi hasil demodulasi SCA. Distorsi ini dapat menyebabkan kesalahan konversi demodulator FSK sehingga data yang dikirimkan dapat terganggu.

Tabel 14 Pengujian demodulator SCA dengan sinyal masukan maksimal sebelum terjadi kesalahan konversi data saat masukan modulator SCA 1300 Hz.

$f$ (KHz)	Vinmax (Vpp)	% Distorsi	$f$ (KHz)	Vinmax (Vpp)	% Distorsi
0,05	3	40	7	3,5	45
0,1	3	40	8	3,5	45
0,5	2,6	40	9	3,5	45
1	3	40	10	3,8	50
2	3	45	15	3,5	50
3	3	42	20	3,6	45
4	3,2	45	30	3,5	45
5	3,4	50	40	3,4	45
6	3,5	45	50	3	40

Tabel 15 Pengujian demodulator SCA dengan sinyal masukan maksimal sebelum terjadi kesalahan konversi data saat masukan modulator SCA 1700 Hz.

$f$ (KHz)	Vinmax (Vpp)	% Distorsi	$f$ (KHz)	Vinmax (Vpp)	% Distorsi
0,05	3	20	7	3,2	20
0,1	3	30	8	3,5	40
0,5	3	40	9	3,5	30
1	3,1	32	10	3,5	40
2	3	30	15	3,3	25
3	3	33	20	3,4	15
4	3,1	30	30	3,5	10
5	3	40	40	3,6	13
6	3,2	30	50	3	15

Semua pengujian di atas dilakukan dengan pemancar dan penerima berjarak berdekatan jika dilakukan dengan jarak yang semakin jauh maka distorsi yang terjadi akan semakin besar dan akan menyebabkan kesalahan demodulasi pada demodulator FSK.

#### ❖ Pengujian Bit Error Rate

*Bit Error Rate* adalah perbandingan bit diterima yang salah dengan seluruh bit yang dikirim. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan deretan bit-bit berupa karakter dengan jumlah tertentu.

Hasil pengujian tidak didapatkan kesalahan bit yang diterima dengan syarat bahwa distorsi yang terjadi masih dalam taraf yang relatif kecil ( Tabel 14 dan 15) dan deviasi frekuensi pemancar tidak jauh melebihi 75 kHz.

## V Penutup

### 5.1 Kesimpulan

1. Pita sisa pada suatu sistem penyiaran radio FM dapat dimanfaatkan untuk mengirimkan data secara *broadcast* melalui sistem SCA.
2. Sinyal Informasi mengalami distorsi sebesar 10,18 % akibat pemanfaatan pita sisa melalui SCA.

3. Sistem modulasi digital jenis FSK pada tugas akhir ini dapat digunakan untuk mengirimkan maupun menerima data dengan *baudrate* 600 bps, BER sebesar 0 %. *Baudrate* rendah tidak masalah mengingat sistem *broadcast* sehingga data tidak memerlukan kecepatan tinggi.
4. Untuk membatasi pita sinyal stereo agar tidak mengganggu sinyal SCA digunakan tapis lolos rendah 53 kHz.
5. Untuk membatasi lebar pita sinyal SCA pada pengirim dan menyaring sinyal SCA pada penerima maka digunakan tapis lolos pita 67 kHz..
6. Sistem PLL dipergunakan untuk modulator dan demodulator SCA.
7. Tapis lolos rendah 2 kHz telah dapat memberikan penapisan terhadap sinyal frekuensi tinggi yang menyertai sinyal informasi SCA sehingga didapatkan sinyal yang bersih dari derau.
8. Untuk membuat tapis dengan tanggapan pelemahan yang tajam pada frekuensi *stop band* dipakai jenis Butterworth.
9. Mikrokontroler AVR AT90S8515 yang digunakan untuk menerima dan mengolah data serta menampilkannya pada LCD dapat berjalan sesuai rancangan.
10. Sistem SCA membutuhkan ruang modulasi sebesar 10 %, penambahan sistem SCA pada suatu sistem penyiaran radio FM stereo akan menurunkan sinyal modulasi stereo sebesar 11,11 %.
11. Distorsi yang terlampau besar (lebih dari 50 %) pada demodulator SCA akan mengakibatkan kesalahan demodulasi oleh demodulator FSK.

### 5.2 Saran

Untuk pemanfaatan dan pengembangan sistem ini lebih lanjut sehingga menghasilkan sistem yang lebih baik, maka penulis menyampaikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perancangan dan realisasi sistem ini masih dalam taraf model yang hanya menunjukkan konsep proses sistem SCA. Untuk mendapatkan piranti yang dapat diterapkan pada sistem penyiaran komersial, sistem ini masih memerlukan beberapa penyesuaian seperti penggunaan komponen-komponen bertoleransi rendah yang akan memudahkan dalam perancangan serta komponen-komponen berderau rendah yang dapat digunakan dengan lebih baik pada frekuensi tinggi.
2. Sistem yang telah dibuat pada proyek tugas akhir ini dapat memiliki unjuk kerja yang lebih baik jika sinyal modulasi stereo sebelumnya telah melewati perangkat yang dapat mengoptimalkan modulasi.
3. Sistem penerimaan data dapat dikembangkan dengan memakai memori sumirna dengan kapasitas yang lebih besar, dan bila digunakan untuk kepentingan menyimpan data semi permanen dapat ditambah dengan perangkat EEPROM sehingga tidak akan hilang saat catu daya dimatikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arthur B. William, "Electronic Filter Design Handbook", McGraw-Hill Book Company, 1981.
- [2] Dennis Roody, J. Coolen, "Komunikasi Elektronika", J.1., Erlangga, Jakarta 1986.
- [3] Leon W/CouchII, "Digital and Analog Communication System", Prentice Hall, 1997.
- [4] P. H Simale, "Sistem Telekomunikasi I", Edisi kedua, Erlangga, Jakarta, 1995.
- [5] Roger L.Freeman, "Telecommunication Transmission Handbook", Wiley Series,1998.
- [6] Robert M., "Pengantar Telekomunikasi", Elex media Komputindo, Jakarta 1986.
- [7] Wasito S., "Data Sheet Book 1, Data IC Linier, TTL & CMOS ", Elex Media Komputindo, Jakarta, 1985.
- [8] Openheim,Alan V & Willsky,Alan, "Sinyal & System ". Jilid 2, Erlangga, Jakarta, 2001.
- [9] Theodore S Rappaport, "Wireless Communication. Princip & Practice", Prentice Hall. 1996.
- [10] Wayne Tomasi, "Advanced Electronic Communication System". 3th Edition, Prentice Hall. 1994.
- [11] \_\_\_\_\_, <http://www.compolinc.com/>.
- [12] \_\_\_\_\_, ATMELE AVR (Data Sheet), [www.atmel.com](http://www.atmel.com).
- [13] \_\_\_\_\_, <http://www.adontec.com/>.
- [14] \_\_\_\_\_, <http://www.integrateddatacorp.com/>.
- [15] \_\_\_\_\_, [www.rtcomm.com](http://www.rtcomm.com)
- [16] \_\_\_\_\_, <http://www.domis.de>



### **Dalmasius N A P.**

Menyelesaikan pendidikan di SMUN 1 Sragen pada tahun 1999. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang.

Menyetujui :  
Pembimbing I

Ir. Sudjadi. MT  
NIP. 131 558 567

Pembimbing II

Adian Fathur Rochim. ST. MT  
NIP. 132 205 680