

# PERANCANGAN PENGUKUR SWR DIGITAL DAN PENGAMAN TRANSMITER FM 88–108 MHz BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51

Sukma Aji, Muchlas, Sunardi

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan  
Kampus III Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan, Yogyakarta 55164, Telp. (0274) 379418 psw 220,  
Fax. (0274) 381523, e-mail: sukma\_aji@yahoo.com, muchlas@ee.uad.ac.id

## Abstrak

Pada sistem saluran transmisi terdapat tegangan gelombang maju dari transmitter ke antena dan tegangan gelombang pantul dari antena ke transmitter. Nilai tegangan gelombang pantul yang tinggi mengakibatkan kerugian dan kerusakan pada transmitter. Perbandingan gelombang maju dan gelombang pantul disebut Standing Wave Ratio (SWR). Semakin kecil nilai tegangan gelombang pantul, nilai SWR semakin kecil dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang pengukur SWR Digital yang berfungsi membaca nilai SWR dan pengaman transmitter FM dari kerusakan akibat tingginya nilai SWR. Penelitian dilaksanakan dengan eksperimen laboratorium yang dibagi dalam empat tahap: merancang pengukur SWR Digital dan pengaman transmitter FM, merancang perangkat keras penampil nilai SWR berupa 2 digit 7-segmen dan pengaman transmitter FM menggunakan mikrokontroler AT89S51 beserta perangkat lunaknya, menggabungkan hasil rancangan kedua tahap sebelumnya untuk membentuk pengukur SWR Digital dan pengaman transmitter FM dari nilai SWR yang tinggi, dan tahap terakhir menguji alat ukur menggunakan dummy load dengan nilai SWR 1,1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SWR Digital dan pengaman transmitter FM 88-108 MHz berbasis mikrokontroler AT89S51 yang dirancang dapat menghitung nilai SWR pada sistem transmitter dan menampilkannya pada 2 digit 7-segmen dan dapat digunakan sebagai pengendali pengaman transmitter FM pada rentang frekuensi 88-108 MHz.

**Kata Kunci:** transmitter FM, SWR digital, mikrokontroler, AT89S51

## 1. PENDAHULUAN

Kejadian yang fatal akibat nilai SWR yang tinggi akan menyebabkan rusaknya transmitter. Suatu sistem transmitter, baik yang menggunakan ataupun yang tidak menggunakan pengukur SWR jika suatu saat yang dikarenakan oleh perubahan suhu ataupun frekuensi yang bergeser sehingga membuat nilai SWR tinggi, kurang efektif karena hanya berfungsi sebagai monitor. Sedangkan untuk memonitor tidak bisa dilakukan setiap saat oleh manusia selama transmitter tersebut dinyalakan pada kurun waktu yang cukup panjang.

Oleh karena itu akan dibuat suatu instrumen yang bekerja secara otomatis dengan dua fungsi, yaitu sebagai pembaca secara terus menerus dan sebagai pengaman. Sistem otomatis akan dijalankan oleh suatu kotak reflectometer, dua buah ADC 0804, sebuah sistem berbasis mikrokontroler AT89S51, dan dua digit tampilan 7 segmen akan diterapkan untuk membaca dan mengawasi setiap waktu nilai SWR yang dihasilkan oleh transmitter, kemudian akan mengaktifkan pengaman transmitter apabila nilai SWR transmitter FM tinggi.

Kategori nilai SWR yang ideal ditentukan ketika membuat perangkat lunak pada mikrokontroler AT89S51. Ketika tampilan 7 segmen menunjukkan nilai SWR yang tidak ideal, maka mikrokontroler memberikan instruksi untuk mematikan transmitter. Berkaitan dengan efisiensi semakin kecil nilai SWR, maka daya yang dipancarkan lebih optimal dan umur transmitter semakin panjang.

**2. METODE PENELITIAN**

Subjek penelitian berupa perancangan instrumen pengukur *SWR* digital dan pengaman *transmitter* FM pada rentang frekuensi 88-108 MHz yang dihitung dan dikendalikan oleh mikrokontroler AT89S51. Spesifikasi dari komponen yang digunakan adalah seperti pada Tabel 1.

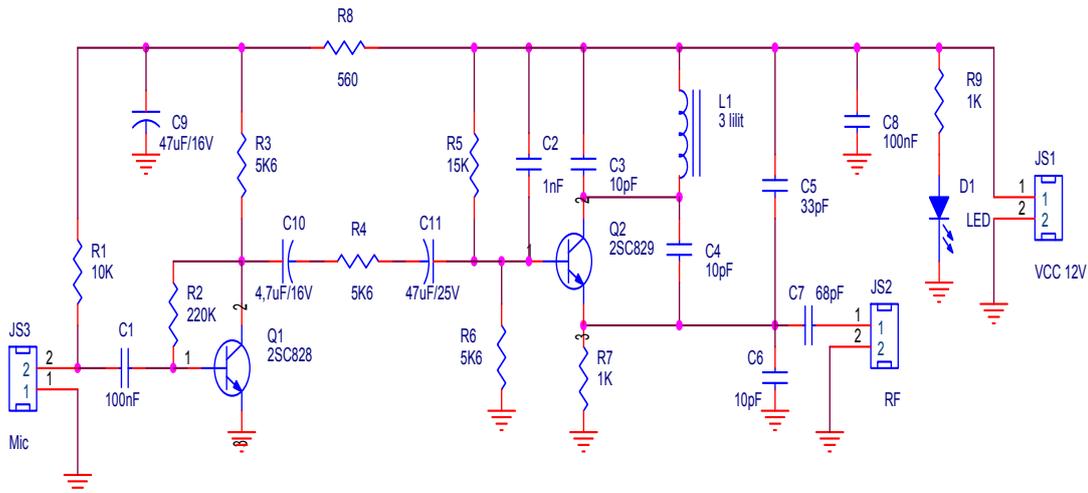
Tabel 1. Spesifikasi komponen

No	Komponen	Spesifikasi
1	Reflectometer	88 – 108 MHz
2	Konverter	ADC 0804
3	Mikrokontroler	AT89S51
4	Relay	5 pin / 12 V
5	7 segmen	Common Anode
6	<i>Transmitter</i> FM	88 – 108 MHz
7	Antena	dipole
8	Catu Daya	12V / 3A dan 12V / 500mA

Perancangan dilakukan dengan mengacu pada teori yang ada dan *datasheet* dari komponen yang dipakai. Penelitian ini dilakukan dengan merancang:

1. *Transmitter* FM

Pembuatan *transmitter* FM dirancang untuk menghasilkan frekuensi radio yang bekerja pada frekuensi 88 sampai dengan 108 MHz dengan daya 200 mWatt dan input dari mic kondensator. Skema rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema rangkaian *Transmitter* FM

2. Antena *Dipole*

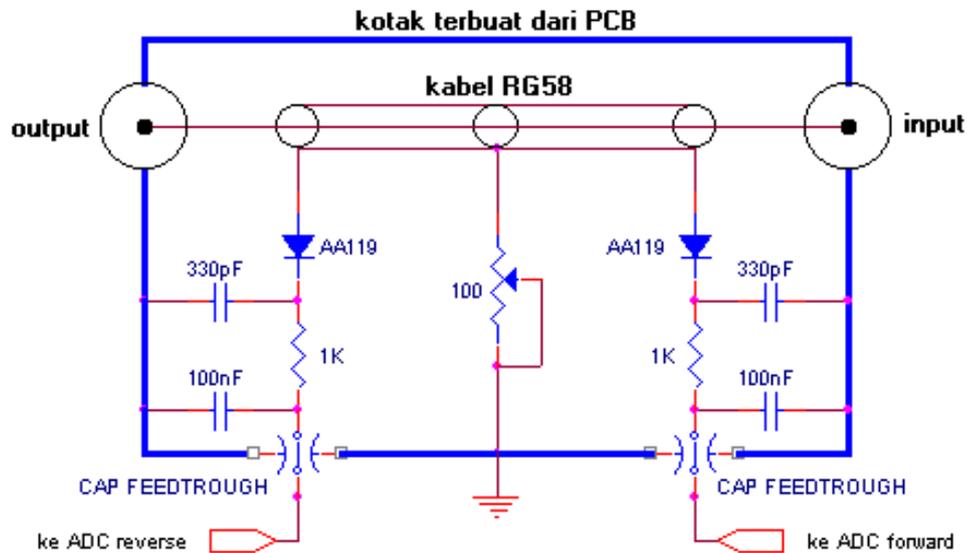
Untuk menyalurkan frekuensi radio yang dihasilkan oleh *transmitter* FM digunakan antena. Antena *Dipole* merupakan antena yang mudah untuk digunakan. Gambar Antena *Dipole* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Antena dipole yang bisa diatur panjang dan pendek

### 3. Kotak *Reflectometer*

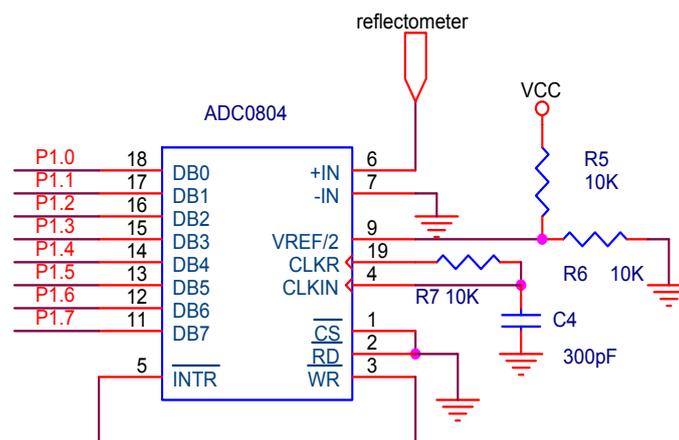
Untuk memudahkan pemakaian kotak *reflectometer* dirancang *built-in* dengan ADC 0804, AT89S51, serta penampil 7 segmen. Tegangan yang dihasilkan oleh *reflectometer* kemudian dihubungkan ke ADC 0804. Skema rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian *Reflectometer*

### 4. ADC 0804

Probe tegangan *forward* dan *reverse* dari *reflectometer* masing-masing dihubungkan dengan input ADC 0804. ADC 0804 mengubah tegangan analog yang dihasilkan probe *forward* dan *reverse* menjadi data digital. Skema rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



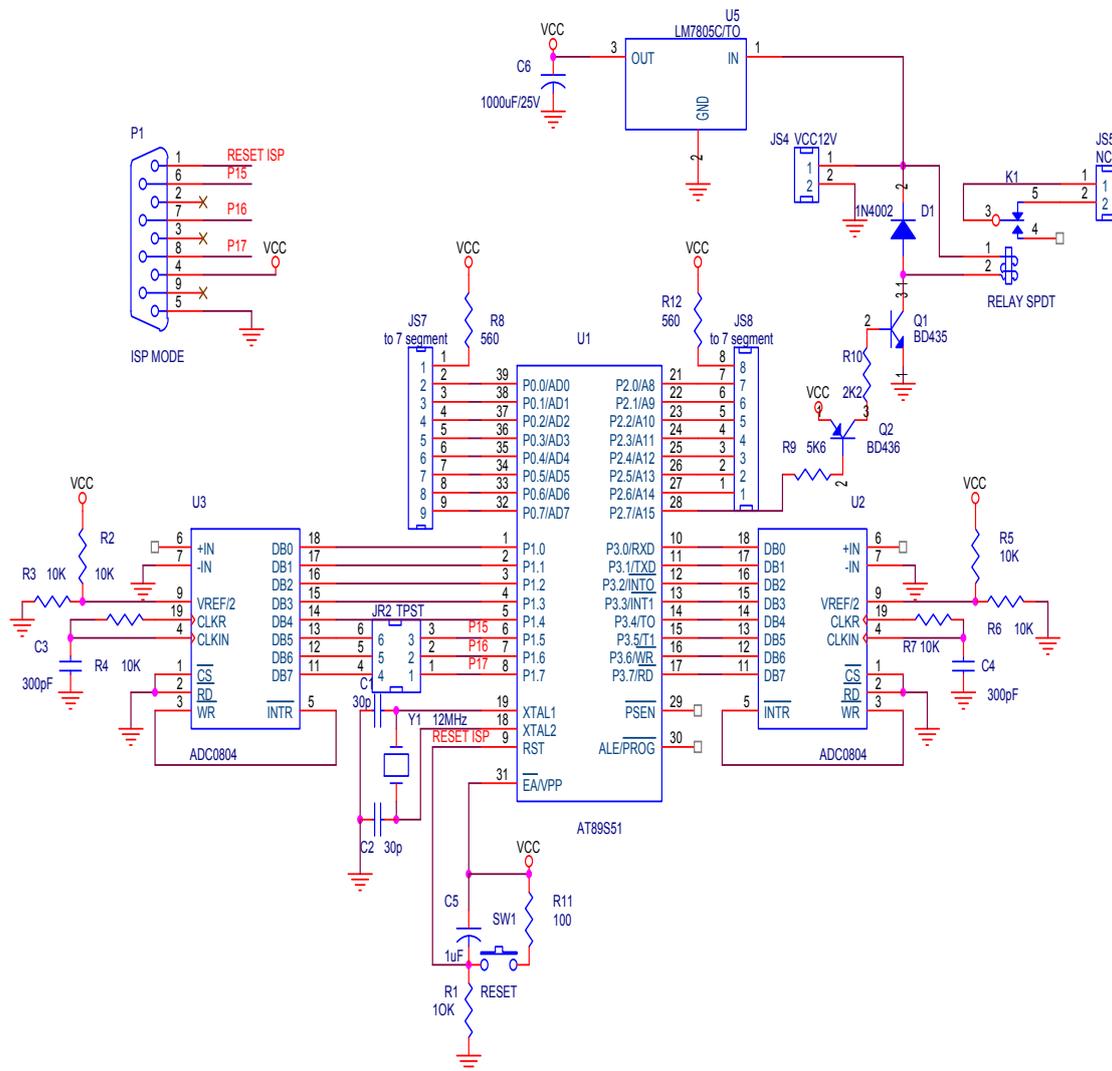
Gambar 4. Skema rangkaian ADC 0804

### 5. Mikrokontroler AT89S51

#### a. Perangkat keras

AT89S51 dirancang dengan X-tal 12 MHz. Data digital 8 bit dari ADC0804 kemudian dihubungkan dengan AT89S51 port 1 untuk menunjukkan nilai tegangan maju, dan port 3 untuk menunjukkan tegangan pantul. Untuk menampilkan nilai *SWR* port 0 dan port 2

dihubungkan dengan 7 segmen. Skema rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



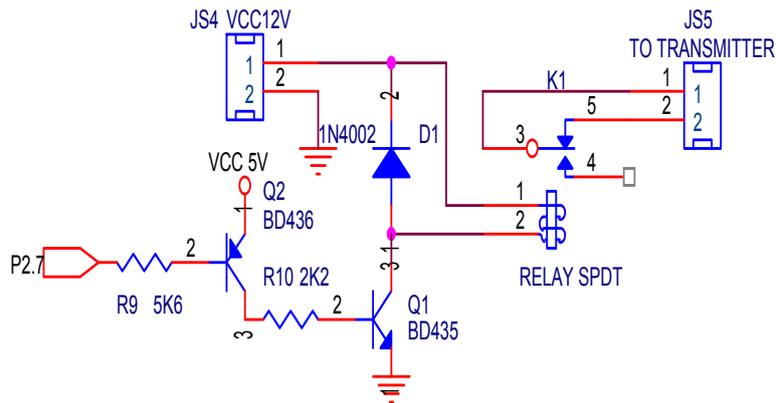
Gambar 5. Skema rangkaian AT89S51

- b. Perangkat Lunak
 

Rancangan AT89S51 berfungsi untuk mendeteksi data tegangan maju dan tegangan pantul dari ADC 0804. Kemudian menghitung perbandingan data tersebut sesuai dengan rumus dan hasil penghitungan ditampilkan oleh 7 segmen. AT89S51 juga berfungsi sebagai pengaman apabila nilai SWR tinggi. Apabila nilai SWR tinggi maka AT89S51 akan mengaktifkan pengaman.
- 6. Penampil 2 digit 7 segmen
 

Penampil 2 digit 7 segmen dirancang untuk menampilkan nilai SWR yang dihitung oleh AT89S51 dalam bentuk angka.
- 7. Pengaman Transmitter FM
 

Pengaman transmitter FM dirancang dengan menggunakan metode transistor sebagai saklar. Transistor tersebut berfungsi untuk menyalakan relay apabila nilai SWR tinggi. Kemudian relay normal close (NC) dihubungkan seri dengan transmitter FM. Skema rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema rangkaian pengamanan transmitter FM

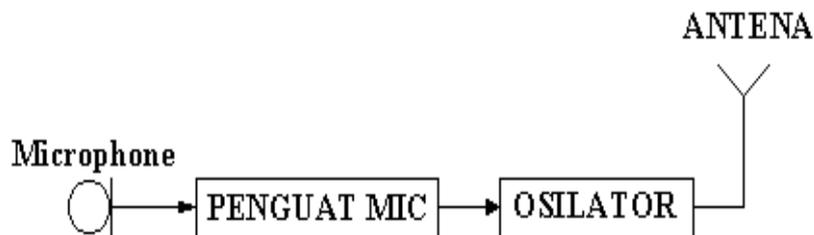
#### 8. Catu Daya

Catu daya dirancang untuk menyediakan daya yang digunakan oleh ADC 0804, AT89S51, 2 digit 7 segmen, dan pengamanan *transmitter* FM sebesar 12 V DC / 3 A.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. *Transmitter* FM 88-108 MHz

*Transmitter* FM yang pernah dirancang bekerja pada frekuensi 88 sampai dengan 108 MHz dengan diagram blok seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram blok rancangan *transmitter* FM

#### 3.2. Antena *Dipole*

Antena yang akan dipakai adalah antena *dipole*. Antena jenis ini lebih mudah diatur panjang pendeknya sehingga bisa menghasilkan nilai *SWR* yang berbeda-beda. Antena *dipole* telah ditunjukkan pada Gambar 2.

Setelah *transmitter* FM dan antena *dipole* selesai dibuat, kemudian dilakukan pengujian frekuensi *transmitter* pada rentang frekuensi 88-108MHz dengan cara mengubah koker pada *transmitter*, kemudian dibandingkan dengan *FM receiver* yang dilengkapi dengan frekuensi *counter*. Data pengujian untuk tahap ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Dari data tersebut maka *transmitter* FM dan antena *dipole* dapat bekerja pada frekuensi 88 sampai dengan 108 MHz.

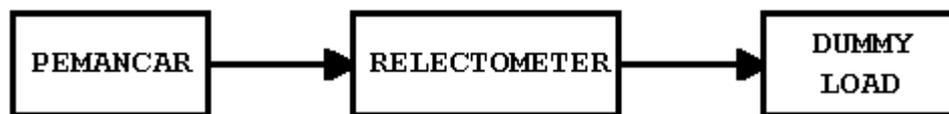
Tabel 2. Data Pengujian *Transmitter* FM

Bagian 1		Bagian 2		Bagian 3		Bagian 4	
<i>Transmitter</i> (MHz)	<i>Receiver</i> (MHz)						
88,0	88,0	93,5	93,5	98,5	98,5	104,0	104,0
88,5	88,5	94,0	94,0	99,5	99,5	104,5	104,5
89,0	89,0	94,5	94,5	100,0	100,0	105,0	105,0
89,5	89,5	95,0	95,0	100,5	100,5	105,5	105,5
90,0	90,0	95,5	95,5	101,0	101,0	106,0	106,0
91,0	91,0	96,0	96,0	101,5	101,5	106,5	106,5
91,5	91,5	96,5	96,5	102,0	102,0	107,0	107,0
92,0	92,0	97,0	97,0	102,5	102,5	107,5	107,5
92,5	92,5	97,5	97,5	103,0	103,0	108,0	108,0
93,0	93,0	98,0	98,0	103,5	103,5		

### Kotak *Reflectometer*

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Dwi Hartanto [8] komponen yang dibutuhkan untuk membuat *reflectometer* seperti pada Gambar 3 adalah:

1. Kotak yang terbuat dari PCB dengan ukuran 3,7 cm x 3,7 cm x 14 cm.
2. Kabel *coaxial* dengan impedansi 50 ohm yang berfungsi sebagai *directional coupler*, panjang 12 cm.
3. Resistor, Kapasitor dan Dioda frekuensi tinggi (AA119) yang berfungsi sebagai penyearah pada *directional coupler*.
4. Resistor *variable* yang berfungsi untuk mengkalibrasi *reflectometer*.
5. Kapasitor *feedthrough* yang berfungsi untuk mengatasi kebocoran radiasi gelombang radio pada kotak logam yang tertutup rapat.

Gambar 8. Diagram blok kalibrasi *reflectometer*

Untuk mengkalibrasi *reflectometer* dibutuhkan *dummy load* dan pembangkit sinyal RF dari *Transmitter* FM yang telah dibuat dengan impedansi yang sesuai yaitu 50 Ohm. Karena *reflectometer* bersifat simetris maka pada input dan output dapat saling dipertukarkan, terlebih dahulu menentukan bagian input dan output. Setelah itu menghubungkan *Transmitter* FM, *reflectometer*, dan *dummy load*. Ujung-ujung *reflectometer* yang menuju ADC 0804 diukur tegangannya menggunakan Osiloskop. Kemudian *Transmitter* FM dinyalakan sehingga tegangan pada ujung-ujung *reflectometer* dapat dibaca dengan Osiloskop. Dengan menggunakan rumus *SWR*, maka dengan beban *dummy load* akan menghasilkan nilai *SWR* 1,1. Resistor variabel 100 Ohm diputar untuk mendapatkan nilai *SWR* 1,1. Diagram blok kalibrasi *reflectometer* dapat dilihat pada Gambar 8.

Data pengujian diperoleh dengan cara mengukur tegangan menggunakan osiloskop pada ujung-ujung *reflectometer* bersamaan dengan pengambilan data pada penampil 2 digit 7 segmen untuk nilai *SWR* yang berbeda-beda. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil pengujian *reflectometer*

Tegangan <i>Forward Reflectometer</i> (Volt)	Tegangan <i>Reverse Reflectometer</i> (Volt)	Nilai <i>SWR</i> secara matematis $\frac{V(\text{forward} + \text{reverse})}{V(\text{forward} - \text{reverse})}$
0,34	0,02	1,12
0,34	0,03	1,19
0,34	0,04	1,26
0,36	0,06	1,4
0,32	0,06	1,46
0,40	0,09	1,58
0,36	0,09	1,66
0,36	0,10	1,76
0,32	0,10	1,9
0,30	0,10	2,0
0,28	0,10	2,11
0,38	0,14	2,16
0,36	0,14	2,27
0,35	0,15	2,5
0,34	0,15	2,57
0,34	0,23	5,18
0,37	0,35	36

#### Analog to Digital Converter (ADC) 0804

ADC 0804 mempunyai output 8 bit atau 256 *step*. Sedangkan tegangan referensi yang digunakan pada ADC 0804 5 Volt. Jadi konversi ADC 0804 adalah:

$$\frac{5\text{Volt}}{256} = 0,0195 \text{ Volt per } \textit{step}$$

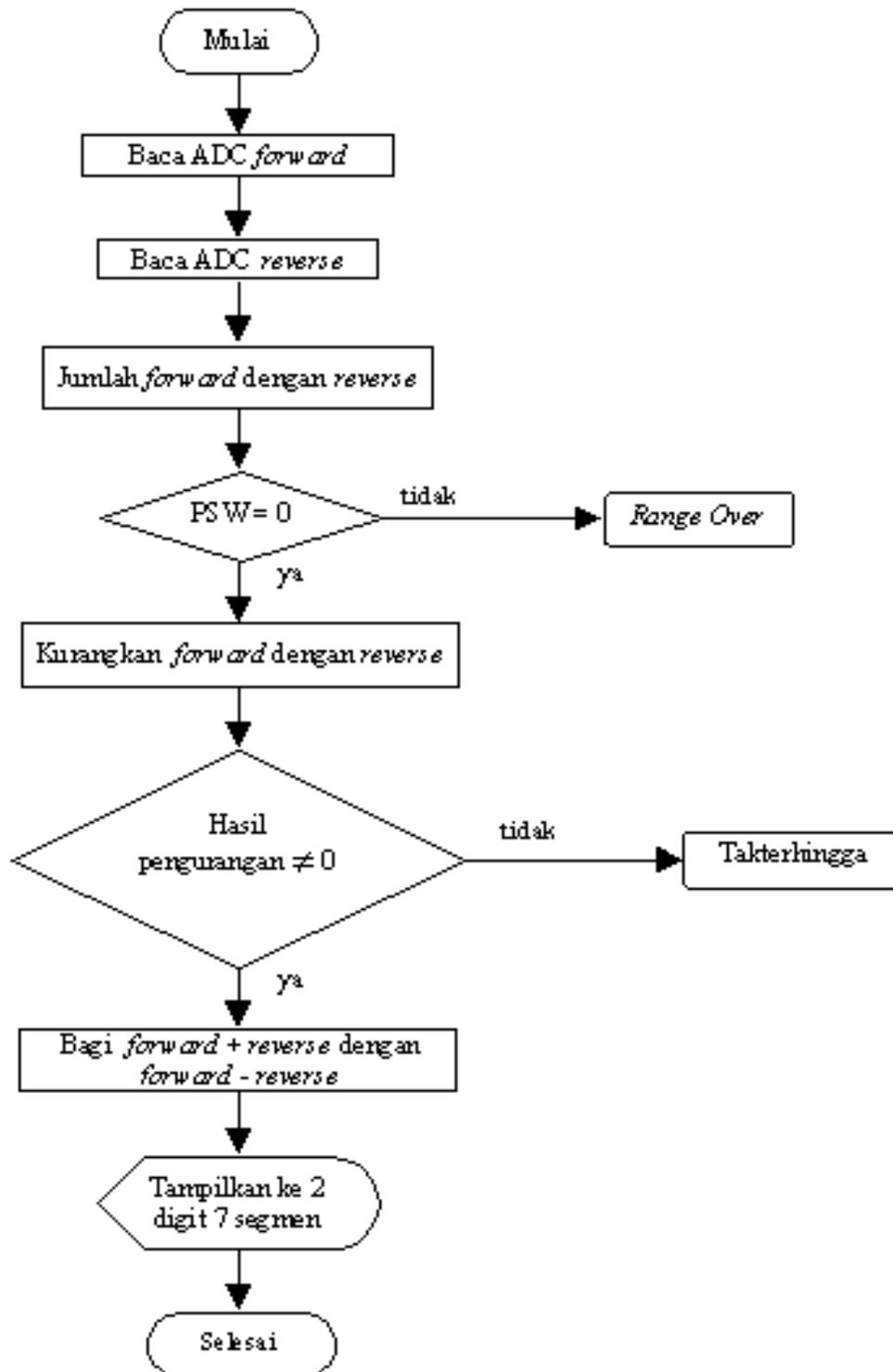
Dari pengujian tersebut ADC 0804 dapat difungsikan sebagai pengubah data analog tegangan *forward* dan *reverse* pada kotak *reflectometer* menjadi data digital 8 bit yang dikirim ke mikrokontroler AT89S51. Dalam membaca tegangan *forward* dan *reverse* ADC 0804 tidak perlu mendapat instruksi dari mikrokontroler AT89S51. Skema rangkaian ADC 0804 dapat dilihat pada Gambar 4.

#### Mikrokontroler AT89S51

AT89S51 berfungsi sebagai masukan input data digital dari ADC 0804. Kemudian dari data tersebut dihitung oleh AT89S51 berdasarkan rumus *SWR*. Setelah dihitung AT89S51 memberikan data kepada 2 digit 7 segmen untuk ditampilkan dalam bentuk angka. AT89S51 juga berfungsi sebagai pengaman *transmitter* FM dari *SWR* yang diinginkan, dalam hal ini *SWR* yang diijinkan adalah lebih kecil dari 2. Skema rangkaian AT89S51 dapat dilihat pada Gambar 5.

Untuk menjalankan perangkat keras tersebut diperlukan perangkat lunak yang berupa program bahasa *assembly*. Program terdiri dari *source code* yang berisi sekumpulan instruksi yang berfungsi untuk mengendalikan mikrokontroler yang akan diterjemahkan ke bahasa mesin dalam bentuk kode biner.

Untuk mempermudah perancangan perangkat lunak, terlebih dahulu dibuat diagram alir perintah-perintah yang harus dikerjakan oleh mikrokontroler seperti terlihat pada Gambar 9. Perangkat lunak ini dimulai dengan membaca data 8 bit dari ADC 0804, melakukan operasi bilangan untuk menghitung masukan ADC sesuai dengan rumus *SWR*, mengirim data kepada 2 digit 7 segmen untuk ditampilkan dalam bentuk angka, dan memberikan instruksi kepada pengaman untuk menyalakan relay apabila nilai *SWR* melebihi dari nilai yang ditentukan, nilai *SWR* yang ditentukan adalah  $< 2$ .



Gambar 9. Diagram alir program

Untuk pengujian Pengukur SWR digital dan Pengaman *Transmitter* FM dihubungkan dengan *transmitter* FM dan antena *dipole*. Antena *dipole* diatur panjangnya sehingga didapat nilai SWR yang berbeda-beda. Pengujian dilakukan dengan mendapatkan nilai SWR dari 1,1 sampai dengan tak terhingga. Pengaman *transmitter* aktif apabila 2 digit 7 segmen menunjukkan

angka  $\geq 2$ . Data hasil pengujian Pengukur SWR digital dan Pengaman *Transmitter* FM dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil pengujian

Tegangan <i>Forward</i> <i>Reflectometer</i> (Volt)	Tegangan <i>Reverse</i> <i>Reflectometer</i> (Volt)	Nilai SWR secara matematis $\frac{V(\text{forward} + \text{reverse})}{V(\text{forward} - \text{reverse})}$	Nilai SWR pada tampilan 7 segmen	Pengaman <i>Transmitter</i> FM
0,34	0,02	1,12	1,1	Tidak aktif
0,34	0,03	1,19	1,2	Tidak aktif
0,34	0,04	1,26	1,3	Tidak aktif
0,36	0,06	1,4	1,4	Tidak aktif
0,32	0,06	1,46	1,5	Tidak aktif
0,40	0,09	1,58	1,6	Tidak aktif
0,36	0,09	1,66	1,7	Tidak aktif
0,36	0,10	1,76	1,8	Tidak aktif
0,32	0,10	1,9	1,9	Tidak aktif
0,30	0,10	2,0	2,0	Aktif
0,28	0,10	2,11	2,1	Aktif
0,38	0,14	2,16	2,2	Aktif
0,36	0,14	2,27	2,3	Aktif
0,35	0,15	2,5	2,5	Aktif
0,34	0,15	2,57	2,6	Aktif
0,34	0,23	5,18	5,2	Aktif
0,37	0,35	36	Takterhingga	Aktif

Dari hasil pengujian tersebut nilai SWR yang ditampilkan oleh 2 digit 7 segmen adalah hasil pembulatan. Hasil nilai SWR yang ditampilkan oleh 2 digit 7 segmen sesuai dengan perhitungan secara matematis.

#### 4. SIMPULAN

SWR digital dan pengaman *transmitter* FM 88-108 MHz berbasis mikrokontroler AT89S51 yang dirancang dapat menghitung nilai SWR pada sistem *transmitter* dan menampilkannya pada 2 digit 7-segmen dan dapat digunakan sebagai pengendali pengaman *transmitter* FM pada rentang frekuensi 88-108 MHz. Pada penelitian selanjutnya ketelitian pembacaan SWR perlu diperbaiki dan antena mekanik elektronik yang dapat menyesuaikan antara bentuk fisik antena dengan pembacaan SWR yang ditentukan perlu didesain.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. David J.C., "Electronic Design with Integrated Circuit", California State University, Chico, 1981.
- [2]. Gronwald, F., and Blume, E., "Reciprocity and mutual impedance formulas within lossy cavities", Journal of Advances in Radio Science, Kleinheubacher Berichte, Vol: 3, Year: 2005.
- [3]. Gronwald, F., Blume, E., and Nitsch, J., "Computation of the frequency response of a nonlinearly loaded antenna within a cavity" Journal of Advances in Radio Science, Kleinheubacher Berichte, Vol: 2, Year: 2004.
- [4]. Gronwald, F., Blume, E., and Nitsch, J., "Computation of the frequency response of a nonlinearly loaded antenna within a cavity" Journal of Advances in Radio Science, Kleinheubacher Berichte, Vol: 2, Year: 2004.
- [5]. Hartanto, D., "Pemancar FM 12 Watt", <http://alds.stts.edu>, 2001.

- [6]. Khan M.Z.S and Ali, M., "**Analyses of a Dipole Antenna Loaded by a Cylindrical Shell of Double Negative (DNG) Metamaterial**" International Journal of Antennas and Propagation, Vol: 2007, Year: 2007.
- [7]. Putra, A.E., "**Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi**", Gava Media, Yogyakarta, 2002.
- [8]. Robert. L. S., "**Electronic Communication, Fifth Edition**", McGraw-Hill, Inc., New York, 1985.