

VOLTAGE STANDING WAVE RATIO (VSWR) METER DIGITAL DENGAN BANTUAN MIKROKONTROLER ATMEGA8535

(Voltage Standing Wave Ration (VSWR) Digital Meter Using Microcontroller ATMEGA8535)

Henry Cahyadi Tanijaya, Sandra Octaviani

**Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta**

Abstrak

*Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) merupakan perbandingan antara gelombang yang dikirim dengan yang dipantulkan oleh beban pada saluran transmisi. Terjadinya gelombang berdiri disebabkan oleh ketidaksesuaian antara impedansi saluran dengan impedansi beban. VSWR dapat diukur dengan menggunakan VSWR meter analog ataupun digital. Nilai maksimum dan nilai minimum yang sudah dibandingkan oleh sensor *directional coupler* dikirim ke kumparan putar untuk pembacaannya. Operasi perhitungan secara analog lebih rumit implementasinya. Oleh karena itu, dengan adanya VSWR meter digital berbasis mikrokontroler ATMEGA8535 operasi perhitungan menjadi lebih mudah dan dalam hal pembacaan lebih mudah dibandingkan dengan analog. *Directional coupler* sebagai sensor tegangan maju dan mundur, yang dihubungkan ke filter, berfungsi mengurangi ripple pada keluaran sensor. Tegangan keluaran dari filter dihitung oleh mikrokontroler dengan program menggunakan Code Vision AVR dan hasilnya ditampilkan ke LCD. Hasil VSWR yang diperoleh pada VSWR meter digital mendekati satu dengan pengujian yang dilakukan menggunakan impedansi beban sesuai dengan impedansi saluran.*

Kata kunci: *VSWR, directional coupler, filter, mikrokontroler, Code Vision AVR, LCD*

Abstract

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) is the ratio between the transmitted wave and the reflected wave by the load on the transmission line. The occurrence of standing waves is caused by the impedance mismatch between transmission impedance with the load impedance. VSWR can be measured by using a digital or analog meter. Maximum and minimum values that have been compared by the directional coupler sensor are sent to the coil turn to be read. The analog calculation operation is more complicated to be implemented. Therefore, based on ATMEGA8535 microcontroller, the VSWR meter digital arithmetic operations become easier, compared to analog. Directional coupler as forward and reverse voltage sensors are connected to a filter which serves to reduce ripple at the output of the sensor. Then the output voltage of the filter is calculated by the microcontroller to program using Code Vision AVR and display the result to the LCD. The results obtained on a digital meter VSWR are close to unity with the tests performed using the appropriate load impedance to the impedance of the transmission line.

Keywords: *VSWR, directional coupler, filter, microcontroller, Code Vision AVR, LCD.*

Tanggal Terima Naskah : 24 April 2014
Tanggal Persetujuan Naskah : 20 Mei 2014

I. PENDAHULUAN

Suatu komunikasi dengan menggunakan gelombang radio diharapkan dapat menjangkau tujuan dengan optimal. Hal ini terkait dengan penyaluran daya sinyal dari pemancar radio ke antena secara maksimal dengan rugi-rugi yang kecil. Salah satu sumber rugi-rugi adalah ketidaksesuaian antara impedansi saluran transmisi, seperti kabel koaksial/*waveguide* dengan antena, yang merupakan beban dari saluran tersebut. Akibatnya, tegangan sinyal yang dikirim dari pemancar ada yang dipantulkan kembali ke sumber. Gabungan antara tegangan yang dikirim dan yang dikembalikan pada saluran menimbulkan gelombang tegangan berdiri.

Fenomena ini diukur dengan alat ukur yang disebut dengan *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) meter* atau disebut sebagai alat ukur perbandingan gelombang tegangan berdiri [1]. Harga maksimum dan harga minimum dari gelombang ini diperbandingkan, hasilnya dimasukkan ke kumparan putar untuk pembacaannya. Hal ini merupakan prinsip kerja dari *VSWR meter analog*. Operasi perhitungan secara analog ini lebih rumit implementasinya dalam bentuk rangkaian jika dikaitkan dengan ketelitian. Selain itu, dalam hal pembacaan, *VSWR meter analog* harus diletakkan pada bidang datar untuk mendapatkan hasil yang akurat. Sementara *VSWR meter digital* memiliki kelebihan dalam mengimplementasikan operasi perhitungan dengan berbasis mikroprosesor atau mikrokontroler dan memiliki kemudahan dalam pembacaan hasil yang langsung berupa angka yang ditampilkan pada LCD.

2. KONSEP DASAR

2.1 Gelombang Tegangan Berdiri

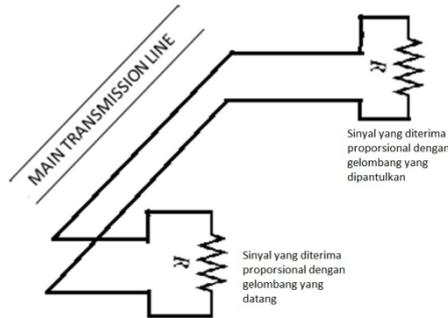
Gelombang tegangan berdiri atau sering disebut juga dengan *standing wave* disebabkan oleh adanya pantulan tegangan yang terjadi ketika sinyal generator memberikan tegangan melalui saluran kepada rangkaian beban dimana ada tegangan yang diserap oleh beban dan ada yang dipantulkan [2]. Pemantulan ini terjadi karena ketidakseimbangan antara impedansi saluran dengan impedansi beban. Dalam hal ini, beban yang dimaksud adalah antena. Gabungan antara tegangan yang dikirim dan yang dikembalikan pada saluran menimbulkan gelombang tegangan berdiri (*Standing Wave*). *Standing Wave Ratio (SWR)* adalah perbandingan dari tegangan maksimum (V_{maks}) dan tegangan minimum (V_{min}) sepanjang saluran transmisi. Nilai VSWR dapat dirumuskan sebagai penjumlahan antara tegangan maju (V_{fwd}) dengan tegangan mundur (V_{rev}) dibandingkan dengan selisih antara tegangan maju dan tegangan mundur, dituliskan pada persamaan 1 [3].

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{|V_{fwd}| + |V_{rev}|}{|V_{fwd}| - |V_{rev}|} \dots\dots\dots(1)$$

2.2 Directional Coupler

Pengukuran besarnya koefisien refleksi pada umumnya lebih mudah dibandingkan mengukur nilai VSWR, karena mengukur koefisien refleksi cukup dengan langsung membandingkan besar V_{fwd} dan V_{ref} . Rangkaian *Directional coupler* berfungsi sebagai sensor agar nilai V_{fwd} dan V_{ref} dapat diperoleh. Rangkaian ini berupa dua buah saluran tambahan yang diletakkan dekat dengan saluran utama pada jarak yang sama, dimana kedua ujungnya dihubungkan ke suatu beban dengan besar impedansi sama dengan impedansi saluran utama. Saluran utama (*main transmission line*) adalah saluran yang terhubung ke pemancar radio dan ke antena [4].

Sesuai kaidah Ampere, suatu konduktor yang dialiri arus akan menginduksikan medan magnet dan begitu pula sebaliknya. Jika pada saluran utama mengalir arus dari pemancar radio menuju ke antena, maka pada saluran tambahan ini akan dialiri arus listrik hasil dari medan magnet diinduksikan oleh arus listrik yang mengalir pada saluran utama. Sesuai kaidah Lenz arus hasil induksi magnet akan berlawanan arah dengan kerja arus yang menyebabkan induksi itu, maka arah alir arus induksi pada saluran tambahan berlawanan arah dengan arus pada saluran utama [5].



Gambar 1. Directional coupler

Pada Gambar 1 ditunjukkan bagian saluran transmisi ditempatkan dekat dengan garis utama tetapi tidak tergabung. Adanya hambatan R yang terpasang adalah untuk mengukur tegangan maju dan mundur ketika ada sinyal yang masuk pada saluran transmisi dan nilai R adalah sama dengan impedansi karakteristik saluran transmisi yang digunakan.

2.3 Mikrokontroler

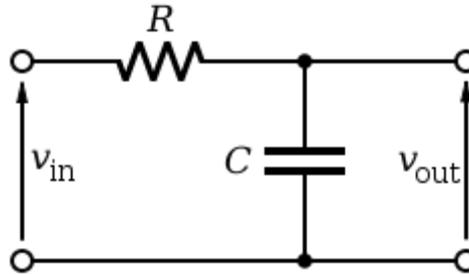
Mikrokontroler dapat dianalogikan dengan sebuah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah *chip*. Di dalam sebuah IC mikrokontroler sudah terdapat kebutuhan minimal agar mikroprosesor dapat bekerja, yaitu meliputi mikroprosesor, ROM, RAM, I/O, dan *clock*, seperti halnya yang dimiliki oleh sebuah komputer PC. Terdapat beberapa jenis mikrokontroler yang masing-masing memiliki keluarga atau *series*. Secara garis besar pengelompokan keluarga mikrokontroler ditentukan oleh perusahaan tertentu sesuai dengan spesifikasi khusus yang dimilikinya, yang membedakan dengan mikrokontroler keluarga lain, terutama menyangkut kompatibilitas dalam hal pemrograman. Dalam perancangan ini digunakan mikrokontroler jenis Mikrokontroler ATmega8535 dengan konfigurasi *pin* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Mikrokontroler ATmega8535			
(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 2. Konfigurasi *pin* mikrokontroler ATmega8535

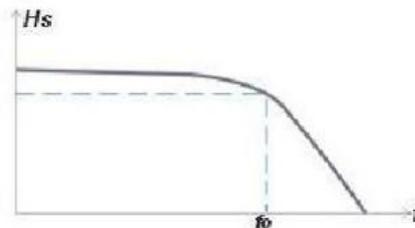
2.4 Low Pass Filter

Low pass filter memiliki tegangan *output* konstan DC (0 Hz), sampai frekuensi *cut-off* ditentukan. Titik frekuensi *cut-off* adalah 0,707 atau -3dB dari *gain* tegangan diizinkan untuk lewat. Rentang frekuensi di bawah ini dikenal sebagai *band pass* sebagai sinyal masukan yang diperbolehkan untuk melewati *filter*. Rentang frekuensi di atas titik *cut-off* dikenal sebagai *band stop* sebagai sinyal masukan yang diblokir atau dihentikan. Rangkaian dasar *low pass filter* pasif dibuat menggunakan sebuah resistor dan kapasitor non polar yang keluarannya diambil dari kapasitor, seperti ditunjukkan pada Gambar 3 [6]



Gambar 3. Rangkaian Low Pass Filter

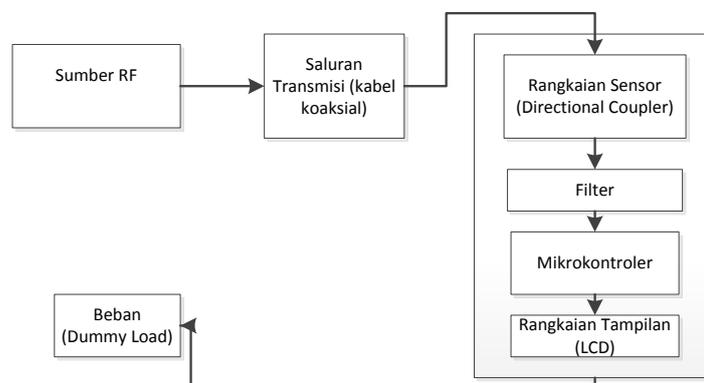
Low pass filter adalah jenis *filter* yang melewatkan frekuensi rendah, serta meredam atau menahan frekuensi tinggi. Bentuk respon *low pass filter* ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 Respon frekuensi LPF

3. PERANCANGAN SISTEM

Berikut adalah block diagram dari sistem yang akan diimplementasikan.



Gambar 5. Diagram blok kerja alat

Gambar 5 menunjukkan langkah kerja alat. Perancangan sistem dibagi menjadi bagian perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berupa sinyal generator/sumber RF yang dihubungkan ke VSWR *meter* dengan kabel koaksial kemudian

langsung terhubung ke beban yang berupa *dummy load* (Z_L). Rangkaian *VSWR meter* terdiri dari *directional coupler*, mikrokontroler, *filter*, dan rangkaian *display*. Pengganti dari antenna adalah sebuah *dummy load* yang memiliki impedansi 50Ω .

3.1 Pemancar

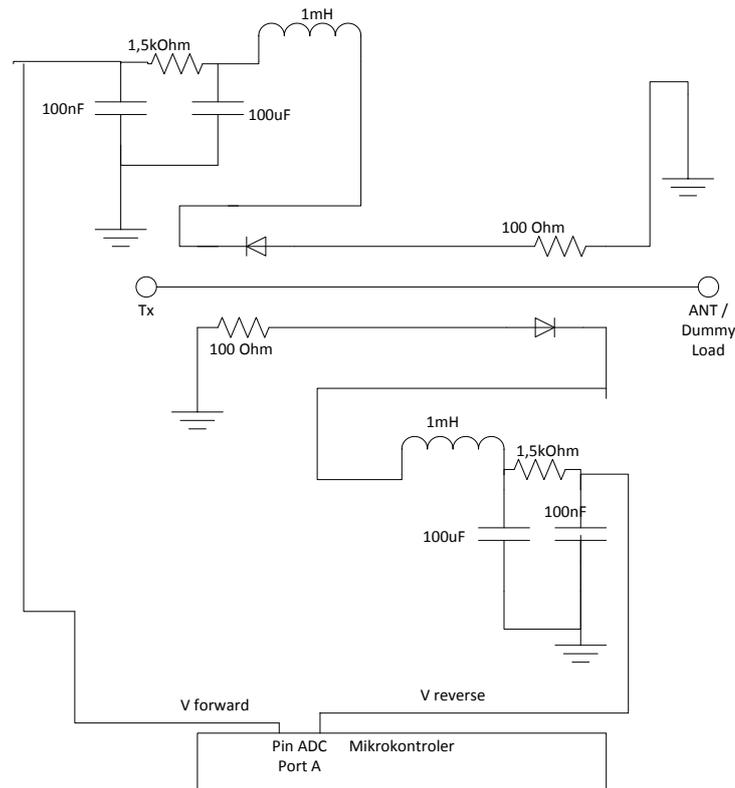
Pada perancangan *VSWR meter* digunakan sumber sinyal *radio frequency* (RF) berupa pemancar ICOM 2200h yang memiliki daya pancar maksimum sebesar 65 Watt. Pada pengujian digunakan daya 5 Watt dan 10 Watt, karena daya maksimum yang bisa diterima beban 25 Watt.

3.2 Saluran Transmisi

Saluran transmisi yang digunakan adalah kabel koaksial RG-8 atau RG-58 yang memiliki impedansi karakteristik 50Ω .

3.3 Rangkaian Sensor VSWR

Bagian sensor *VSWR* berupa *directional coupler* yang berfungsi untuk mengetahui tegangan maju dan mundur, yang akan dihitung oleh mikrokontroler. Skematik rangkaian ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Skematik rangkaian sensor

Saluran utama dialiri arus listrik dari pemancar TX menuju ke antenna, dengan arah dari kiri ke kanan yang merupakan arah maju (*forward/fwd*), sehingga pada kedua saluran tambahan akan terinduksi arus listrik dengan arah berlawanan dari arah arus pada

saluran utama. Dioda berfungsi sebagai penangkap tegangan maju dan mundur, serta melindungi agar tidak ada arus balik pada kedua saluran tambahan tersebut.

Tegangan maju akan terukur sebagai tegangan jatuh pada keluaran dioda yang terhubung pada saluran tambahan bagian atas, sedangkan arus listrik pada saluran tambahan bagian bawah langsung menuju ke bidang pertanahan (*ground*) dengan resistor yang berfungsi membuat nol tegangan pada saluran tambahan bagian bawah [3].

Setelah melalui dioda, langsung dihubungkan ke *filter* untuk mengurangi *ripple* yang terjadi pada arus induksi sehingga dihasilkan sinyal tegangan hampir menyerupai tegangan searah. Hal ini bertujuan agar dapat dimasukkan dan diolah dalam tahapan *analog to digital converter* (ADC) pada mikrokontroler, dimana besar tegangan maju dapat disimpan pada rangkaian mikrokontroler.

Jika terjadi pantulan/refleksi sebagai akibat ketidaksesuaian impedansi maka arus listrik pantul pada saluran utama mengalir dari kanan ke kiri dan arus induksi pada saluran tambahan mengalir dari kiri ke kanan. Tegangan mundur akan ditangkap oleh saluran tambahan bagian bawah dan pada saluran tambahan bagian atas arus induksi akan langsung ditanahkan. Sama dengan saat maju, pada saat ini besar tegangan maju dapat disimpan pada rangkaian mikrokontroler.

3.4 Rangkaian Filter

Rangkaian *filter* dirancang untuk menghilangkan faktor *ripple* yang terjadi pada tegangan terukur. Didasari dengan prinsip *Low Pass Filter* dengan melihat bentuk tegangan terukur tanpa *filter*, dibuat suatu rangkaian *filter* pasif dengan komponen resistor R dan kapasitor C sedemikian sehingga waktu *discharge* pada kapasitor tidak secepat dari perubahan *ripple* sinyal tegangan yang terjadi. Walau *filter* ini bukan *filter* aktif seperti *Butterworth* atau *Chebyshev*, *filter* pasif ini dapat dianalogikan sebagai *filter* orde dua, karena melihat penyusunan paralel dari sebuah kapasitor 100 nanofarad dan resistor 1,5 kilohm, serta sebuah kapasitor 100 mikrofard terhubung dengan impedansi *output* dari rangkaian sensor.

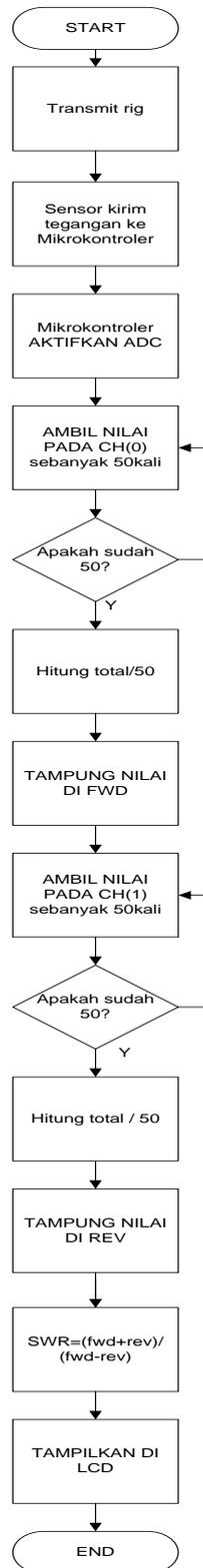
3.5 Mikrokontroler ATmega 8535

Jalannya program mikrokontroler secara umum sesuai diagram alir pada Gambar 7. Dalam mengaktifkan fungsi ADC perlu dibuat program *analog to digital converter* pada mikrokontroler ATmega 8535. Program dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *Code Vision AVR*. Keluaran tegangan maju dan mundur dari rangkaian *directional coupler* akan masuk ke *Port A* pada mikrokontroler. *Port A* memiliki pengkonversi analog menjadi digital 10 bit di setiap *pin*-nya. Pada ADC 10 bit terdiri dari bit-bit, ADCHigh (ADCH) dan ADCLow (ADCL), dimana masing-masing awalnya dalam 8 bit. Untuk mendapatkan ADC 10 bit, bit ADCL digeser ke kiri sebanyak 8 bit kemudian dilakukan proses logika OR dengan bit ADCH sehingga dapat diperoleh ADC 10 bit, dengan catatan bit ke -7 sampai ke ke-3 dari ADCH adalah bit '0'. Tegangan maju dan mundur yang terdeteksi oleh *port A* dikonversi menjadi digital berupa bilangan biner. Hasil ADC ini akan diolah oleh program mikrokontroler untuk menghitung nilai VSWR sesuai persamaan 1. Hasil ini akan terbaca pada layar LCD.

3.6 Rangkaian Tampilan

Rangkaian tampilan menggunakan LCD yang masukannya diambil dari *Port C* mikrokontroler. LCD menerima data berupa ASCII dengan standar 8 bit, jadi keluaran

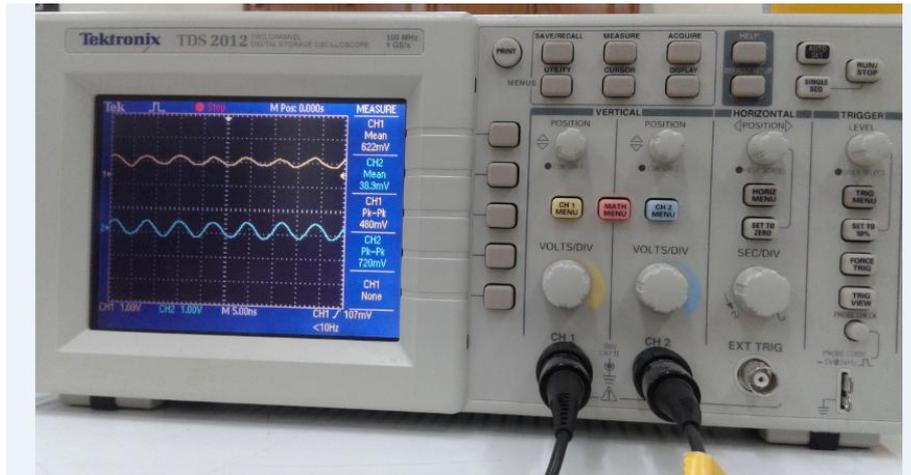
dari ADC 10 bit diubah menjadi desimal untuk dijadikan ASCII, kemudian setiap 8 bit dikeluarkan ke LCD, sehingga dapat ditampilkan nilai tegangan maju, tegangan mundur, dan nilai VSWR setelah perhitungan dilakukan oleh mikrokontroler.



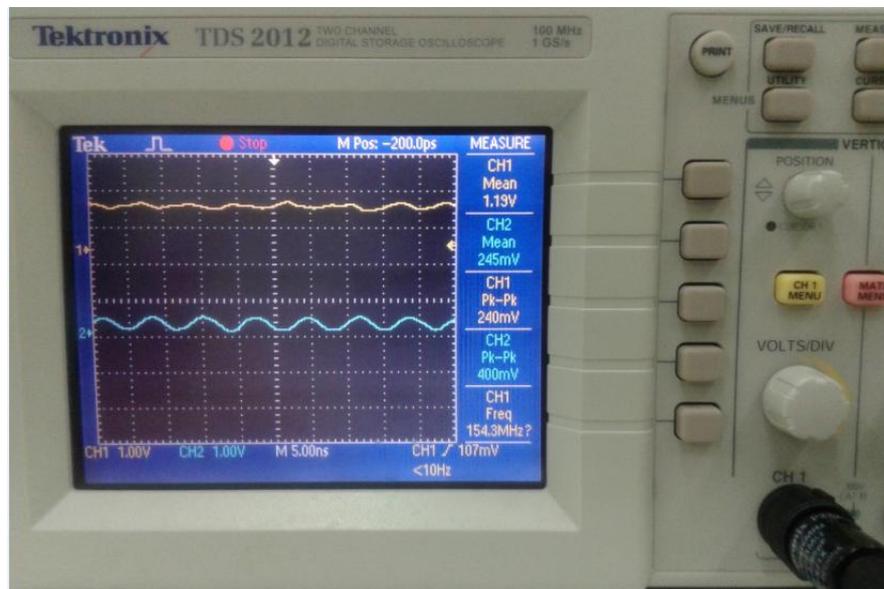
Gambar 7. Diagram alir mikrokontroler

4. PENGUJIAN SISTEM

Sebelum dilakukan pengukuran VSWR, perlu dipastikan bentuk sinyal yang diukur sedapat mungkin mendekati bentuk arus searah. Untuk itu, perlu dilakukan pengujian terhadap fungsi *filter* yang digunakan. Pada gambar 8 dan gambar 9 ditunjukkan hasil pengujian tanpa *filter* dan dengan *filter* untuk tegangan keluaran rangkaian sensor, yang akan diumpangkan ke mikrokontroler. Sebagai keterangan pada *display* setiap osiloskop, gambar sinyal yang bagian atas adalah V_{fwd} dan yang bagian bawah adalah V_{ref} . Sinyal yang ditampilkan pada gambar 8 terlihat lebih landai dan sudah masuk ke rentang tegangan yang dapat diolah oleh ADC dari mikrokontroler.



Gambar 8. Hasil keluaran rangkaian sensor sebelum dipasang *filter*



Gambar 9. Hasil keluaran rangkaian sensor sesudah dipasang *filter*

Pengujian sistem VSWR dilakukan dengan menghubungkan pemancar ke saluran transmisi kabel koaksial RG-58, yang terhubung ke rangkaian VSWR *meter*, selanjutnya dihubungkan ke *dummy load* 50Ω sebagai pengganti antena. Dengan ini diharapkan besar VSWR yang diperoleh mendekati 1. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 10 kali dengan daya 10 Watt dan 10 kali dengan daya 25 Watt. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Pengujian dengan daya 10 Watt

Frekuensi (MHz)	Tegangan Maju (V)	Tegangan Mundur (V)	VSWR
141	1.63	0.10	1.130
142	1.63	0.10	1.130
143	1.63	0.10	1.130
144	1.61	0.10	1.130
145	1.59	0.10	1.130
146	1.56	0.10	1.130
147	1.55	0.10	1.130
148	1.55	0.10	1.140
149	1.55	0.10	1.140
150	1.55	0.10	1.140

Tabel 2. Pengujian dengan daya 25 Watt

Frekuensi (MHz)	Tegangan Maju (V)	Tegangan Mundur (V)	VSWR
141	2.21	0.12	1.120
142	2.20	0.12	1.120
143	2.20	0.12	1.120
144	2.16	0.12	1.120
145	2.14	0.12	1.120
146	2.12	0.12	1.120
147	2.08	0.12	1.120
148	2.08	0.12	1.120
149	2.08	0.12	1.120
150	2.10	0.13	1.130

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. VSWR *meter digital* telah berfungsi dengan baik, berdasarkan pengujian menggunakan daya 10 Watt dan 25 Watt dimana terlihat perbedaan tegangan maju. Ketika daya yang dikirim lebih besar maka tegangan yang dideteksi lebih besar.
2. Secara umum nilai VSWR mendekati nilai ideal =1, tapi jika dibandingkan dengan VSWR ideal, untuk pemakaian daya 25 watt nilai VSWR lebih stabil perbedaannya.
3. Pada perangkat keras, dibutuhkan adanya *filter* sebagai antarmuka rangkaian sensor dengan mikrokontroler, yang berfungsi sebagai pengurang *ripple* pada sinyal agar dapat diolah oleh mikrokontroler.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Alciatore, D.G. and Hstand, M.B. 2003. *Introduction to Mechatronics and Measurment Systems*. New York: McGraw-Hill.
- [2]. Brown, R.G. 1961. *Lines, Waves, and Antennas*, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons.

- [3]. Kamil, G.I. 1996. *Alat Ukur VSWR Meter Digital dengan Berbantuan Mikroprosesor 8088*. Tugas Akhir. Jakarta: Fakultas Teknik Unika Atmajaya.
- [4]. Kennedy, G. 1984. *Electronic Communication System, 3rd ed.* New York: McGraw-Hill.
- [5]. Roddy, D., Kamal, Idris., dan John, Collen. 1999. *Komunikasi Elektronika*, edisi ketiga. Jakarta: Erlangga.
- [6]. <http://www.ece.uci.edu/docs/hspice>. Tanpa tahun. *Understanding The Transmission Line Theory*, (http://www.ece.uci.edu/docs/hspice/hspice_2001_2-269.html, diakses 12 Mei 2013).
- [7]. <http://www.scribd.com/doc/92353226/>. Tanpa tahun. MENGENAL-LOW-PASS-FILTER-LPF-DAN-HIGH-PASS-FILTER-HPF. (http://www.scribd.com/doc/92353226_/MENGENAL-LOW-PASS-FILTER-LPF-DAN-HIGH-PASS-FILTER-HPF, diakses 17 Maret 2014).