

RANCANGAN DAN PEMBUATAN MODUL PENAMPIL DIGITAL UNTUK SISTEM LAJU DOSIS GAMMA MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER DI RSG-GAS

Sukino, Heri Suherkiman
Staf Bidang Sistem Reaktor, PRSG-BATAN

ABSTRAK

RANCANGAN DAN PEMBUATAN MODUL PENAMPIL DIGITAL UNTUK SISTEM LAJU DOSIS GAMMA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER DI RSG-GAS. Telah dibuat modul penampil digital untuk sistem laju dosis gamma berbasis mikrokontroler. Modul penampil digital ini digunakan untuk membaca keluaran dari sistem yang berupa tegangan untuk di baca dalam satuan mR/h. Alat ini merupakan diversity dari modul penampil analog yang sudah ada. Tujuannya adalah supaya pembacaan meter sistem laju dosis gamma semakin akurat, sehingga pembacaan keluaran sistem baik pada saat perawatan maupun pada saat perbaikan lebih akurat. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ketika diberikan input sesuai dengan data table yang telah ditentukan, penunjukan modul penampil analog dan modul penampil digital menunjukkan keluaran yang sama. Dan ketika di beri input dengan keluaran analog berada di antara skala yang sulit untuk dibaca angkanya, maka keluaran digital akan menunjukkan angka yang mudah untuk langsung dibaca. Dari hasil pengujian, antara pembacaan keluaran digital pada LCD dengan pembacaan keluaran analog pada meter dengan input yang sesuai dengan tabel uji fungsi menunjukkan keluaran yang sama. Pada saat di beri input diantara input-input yang ada pada table uji fungsi keluaran digital lebih mudah untuk dibaca. Dari hasil pengujian tersebut ditarik kesimpulan bahwa keluaran modul digital sudah berfungsi baik dengan ketelitian 100% dan dapat digunakan untuk pembacaan keluaran sistem laju dosis gamma.

Kata kunci : mikrokontroler, penampil digital.

ABSTRACT

DESIGN AND FABRICATION OF DIGITAL DISPLAY MODULE FOR GAMMA DOSE RATE SYSTEM USING MICROCONTROLLER AT THE RSG-GAS. A digital display module for gamma dose rate system based on microcontroller has been assembled. Digital display module is used to read the output of the system in the form of voltage to be converted in units of mR/h. This tool is a diversity of modules existing analog display. The goal is to make a meter reading system of gamma dose rate more accurate, either during maintenance or during repair. From this test it was shown for the same input of determined, data tables the output of both the display module analog and the digital display are also same. And when the system is given an input with analog output is between the scale that is difficult to read the numbers, the digital output will indicate the numbers easier to read directly. From the test results, between reading the digital output on the LCD with an analog output on the meter readings with the input in accordance with the table function test showed the same output. At the time of the given input among the inputs that exist in digital output function test tables easier to read. From the results of these tests concluded that the digital output module is functioning properly with 100% accuracy and can be used for reading the output gamma dose rate system.

Key words : microcontroller, digital display.

PENDAHULUAN

Sistem pemantau laju dosis gamma tersusun dari beberapa modul elektronik yaitu detektor kamar ionisasi (model KG 122 SBL dan KG 151 RBF), modul *logaritimic DC amplifier* sebagai penguat (TKKV 33.15), modul suplai tegangan tinggi detektor (TKKH 31.51), modul suplai tegangan rendah +15 V dan -15 V (TKKN 16.11), modul pengatur alarm atau *limit value* (TKKG 35.15), modul pengubah tegangan menjadi arus (TKKT 31.14) dan indikator penunjuk analog dalam skala

logaritimic (TKKA 04). Keluaran dari sistem berupa tegangan 0-10 vdc yang sebanding dengan ring meter analog yang terpasang.

Latar belakang dilakukannya pembuatan modul penampil digital ini adalah bahwa pengguna kesulitan dalam membaca keluaran pada modul penampil analog yang terpasang. Dalam pembacaan keluaran pada modul penampil analog pada ring tertentu tidak bias akurat, karena hanya bias membaca skala atas dan skala bawah sedangkan diantaranya hanya dibaca kira-kira.

Tujuan dari pembuatan modul penampil digital

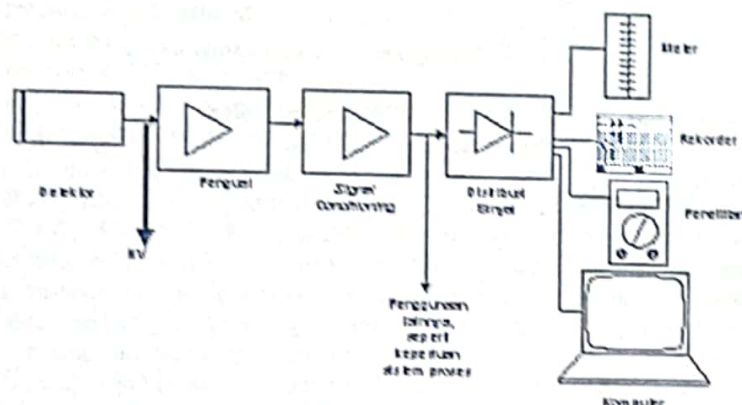
untuk mempermudah dalam pembacaan skala keluaran sistem laju dosis gamma. Dengan modul penampil digital maka pembacaan keluaran tidak perlu kira-kira, karena keluaran modul penampil langsung bisa dibaca.

Ruang lingkup yang dilakukan dalam pembuatan modul penampil digital ini adalah terdiri dari dua tahap yaitu tahap pertama adalah perancangan, yang terdiri dari perancangan perangkat lunak dan perancangan perangkat keras. Tahap kedua adalah pembuatan atau perakitan modul yang terdiri

pembuatan program aplikasi dan pembuatan perangkat kerasnya.

TEORI

Kanal pengukuran nuklir adalah rangkaian modul elektronik yang menyusun jaringan sistem pengukuran radiasi nuklir. Susunan dari modul pada kanal pengukuran RSG-GAS ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur kanal pengukuran nuklir

Detektor, transmitter atau transduser adalah bagian dari kanal pengukuran yang bertugas mengubah besaran radiasi menjadi sinyal tegangan atau arus listrik. Detektor yang digunakan dalam kanal pengukuran antara lain: detektor sinar Gamma, Alpha, Beta dan detektor neutron.

Dalam penggunaannya detektor dirangkaikan dengan modul penguat awal dan penguat utama yang terdiri dari penguat linear dan logaritmik. Setelah melewati bagian penyangga dan sistem pengkondisi sinyal, maka sinyal siap dikirim ke penampil di ruang kendali dan ruang instrumentasi lainnya melalui suatu sistem distribusi sinyal. Bagian dari rangkaian yang disebut dengan sistem pengkondisi sinyal (*signal conditioning*) berfungsi untuk menyiapkan dan mengubah sinyal ke dalam bentuk sinyal arus 0-20 mA atau tegangan 0-10 V.

Detektor

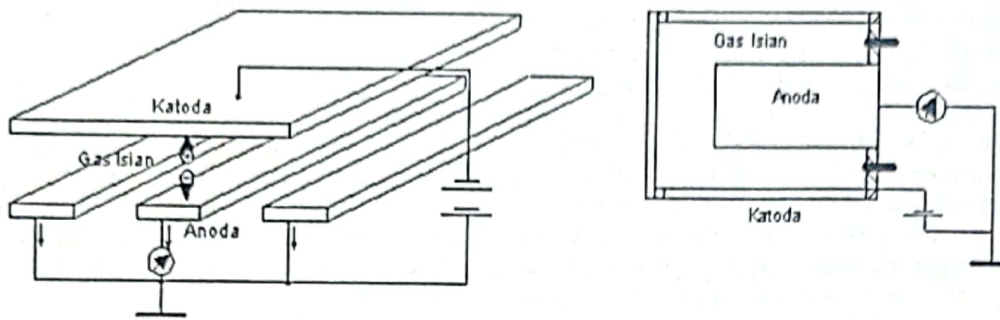
Detektor adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi radiasi nuklir. Detektor yang digunakan di RSG-GAS antara lain: detektor neutron, detektor radiasi Gamma, detektor radiasi Alfa dan Beta. Ditinjau dari teknologinya detektor-detektor tersebut dikelompokkan dalam kelompok detektor isian gas

dan detektor sintilasi.

Detektor Kamar Ionisasi

Detektor kamar ionisasi menggunakan prinsip pembentukan ion dan produksi elektron untuk menghasilkan arus listrik. Elektron yang terlepas dari kulit atom akibat tumbukan dengan zarah radioaktif ditarik oleh gaya induksi listrik kutub anoda yang bertegangan tinggi. Jika arusnya lemah, maka jumlah elektron dapat digandakan dengan menggunakan *Photomultiplier Tube* (PMT).

Kamar ionisasi digunakan untuk pengukuran sinar α , β , γ dan radiasi neutron. Secara sederhana kamar ionisasi terdiri dari dua plat atau silinder elektroda yang diantaranya terdapat gas isian. Hadirnya sinar α , β , γ dan radiasi neutron di dalam ruangan gas akan mengionisasi gas isian. Adanya medan listrik akan memberikan tenaga pemisah dan penggerak terhadap ion positif dan elektron untuk bergerak menuju katoda (-) dan anoda (+). Jumlah elektron yang dihasilkan di anoda atau arus listrik yang timbul sebanding dengan harga tegangan yang diberikan antara anoda dan katoda.



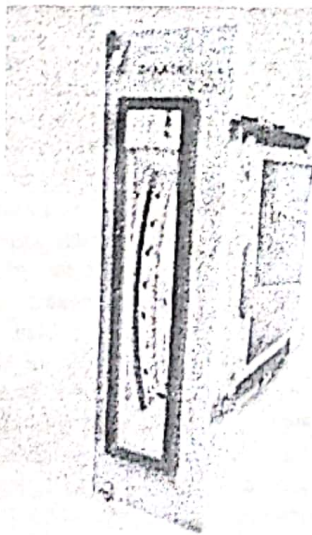
Gambar 2. Prinsip kerja detektor kamar ionisasi

Modul logaritmik DC amplifier

Modul *logaritmik DC amplifier* berfungsi untuk menguatkan keluaran dari detektor yang berupa arus yang sangat lemah yaitu antara 1×10^{-13} s/d 1×10^{-6} A. Karena keluaran ini sangat lemah maka harus dikuatkan lagi agar dapat digunakan untuk memberikan input kepada modul-modul yang lain. Modul *logaritmik DC amplifier* ini akan menghasilkan keluaran sebesar 0-10 Vdc. Dari keluaran modul inilah yang dimanfaatkan untuk memberi input ke modul penampil.

Modul penampil meter analog.

Modul penampil meter analog TKKA 04 mempunyai jangkauan pengukuran tegangan 0-10 V atau 8×10^{-3} s/d 1×10^5 mR/h. Input modul ini berupa tegangan 0-10 Vdc dari keluaran modul *logaritmik DC amplifier*. Modul penampil analog TKKA 04 tampak seperti gambar berikut.

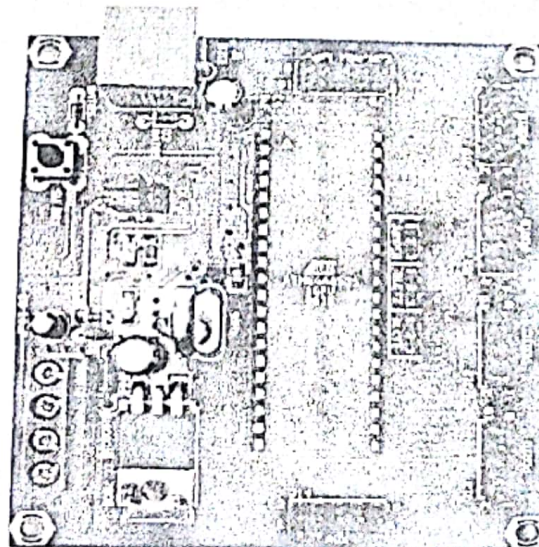


Gambar 3. Modul penampil analog TKKA 04

Mikrokontroler.

Mikrokontroler yang digunakan dalam pembuatan modul penampil digital ini adalah mikrokontroler dari jenis AVR dengan tipe ATMEGA 8535. ATMEGA 8535 adalah mikrokontroler dengan jenis AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) dengan standart arsitektur 8 bit. Teknologi yang digunakan untuk membangun mikrokontroler jenis ini adalah RISC (*Reduced Instruction Set Computing*). Kecepatan eksekusi dari mikrokontroler jenis ini 3 kali lebih cepat dibandingkan dengan mikrokontroler AT89S51 yang menggunakan teknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*). Semua instruksi untuk AVR ATMEGA 8535 dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksinya dapat dieksekusi dalam waktu 1 siklus *clock*.

Pada kegiatan pembuatan modul penampil digital ini, digunakan modul mikrokontroler yang sudah tersedia di pasaran yaitu *DT-AVR LOW COST* dengan mikrokontroler ATMEGA 8535. Modul ini sudah dilengkapi dengan saluran komunikasi RS-232 dan *regulated power supply*.



Gambar 4. AVR ATmega-8535

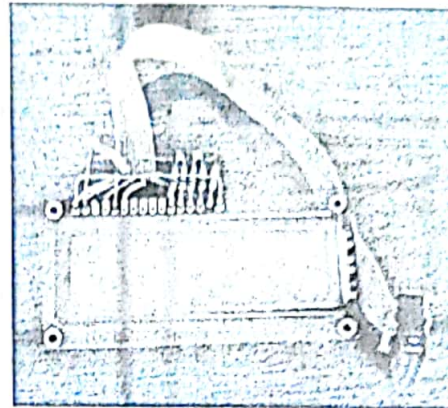
Spesifikasi Teknis AVR ATMEGA 8535

Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535 mempunyai spesifikasi teknis sebagai berikut :

- Mempunyai 32 bit I/O yang dapat diprogram secara *individual*.
- Tersedia 2 *timer/counter* 8 bit dan 1 *timer/counter* 16 bit.
- Terdapat 130 instruksi yang umumnya hanya membutuhkan 1 *siklus clock*.
- Tegangan operasi +4,5 sampai +5,5 Vdc.
- Tersedia memori *SRAM* sebesar 1 KB.
- Tersedia memori *Flash* sebesar 8 KB untuk menyimpan kode program.
- Tersedia memori *EEPROM* sebesar 512 *byte* yang dapat digunakan untuk menyimpan data *non volatile* (tidak akan hilang meski catu daya dimatikan).
- Tersedia port *USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)* yang dapat diprogram untuk komunikasi serial.

LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD secara garis besar berfungsi untuk menampilkan nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. Pada pembuatan modul penampil digital ini penulis menggunakan LCD dengan karakter 16x2, yang artinya LCD ini dapat menampilkan 16 karakter huruf atau kata dan dapat memuat 2 baris kata. Pada rancangan ini LCD berfungsi untuk menampilkan informasi besar paparan radiasi laju dosis gamma.

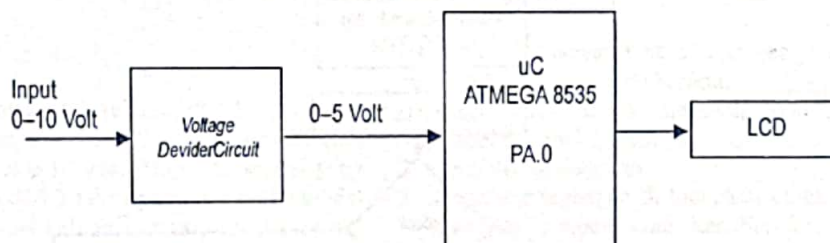


Gambar 5. *Liquid Crystal Display*.

TATA KERJA

Perancangan Perangkat Keras

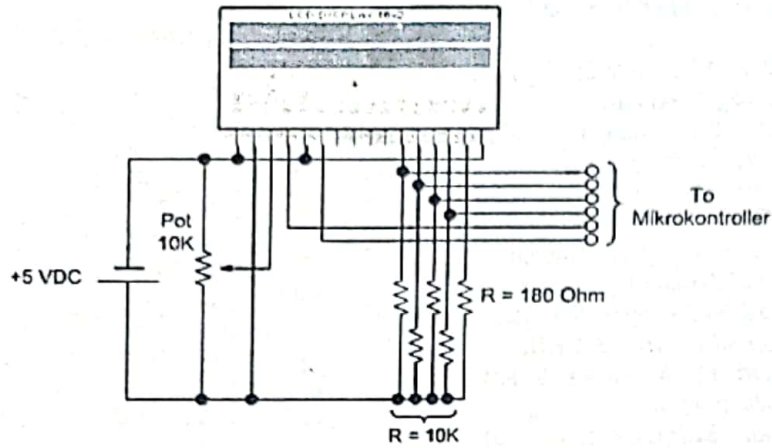
Komponen utama yang digunakan untuk pembuatan perangkat keras ini adalah mikrokontroler AVR-8535. Komponen ini berfungsi sebagai pengolah data yang datang dari keluaran sistem laju dosis gamma. Data yang diterima oleh mikrokontroler kemudian dihitung sesuai dengan range pengukurannya. Selanjutnya data hasil perhitungan mikrokontroler tersebut dikirim ke LCD untuk ditampilkan. Adapun blok diagram dari kerja sistem penampil digital adalah seperti terlihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Blok Diagram Sistem Penampil Digital

Dari gambar blok diagram diatas, pada sistem penampil digital yang dibuat memiliki input berupa tegangan analog sebesar 0-10 volt yang merupakan keluaran dari sistem laju dosis gamma. Nilai tegangan tersebut tidak dapat langsung diolah oleh mikrokontroler sebagai input *analog to digital converter (ADC)*, dikarenakan nilai input ADC maksimal pada mikrokontroler senilai dengan tegangan referensinya yaitu 5 volt DC. Oleh karena itu, sebelum tegangan analog input sebesar 0-10 volt tersebut masuk ke port ADC mikrokontroler, maka harus dilakukan penurunan tegangan menjadi 0-5

volt. Perangkat yang berfungsi menurunkan tegangan tersebut adalah rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider circuit*). Selanjutnya, tegangan output dari rangkaian pembagi tegangan inilah yang dijadikan input ADC dari mikrokontroler. Mikrokontroler disini berfungsi mengolah data analog tersebut kemudian menampilkan data hasil olahan berupa data digital yang akhirnya ditampilkan pada perangkat LCD (*Liquid Crystal Display*). Untuk rangkaian dai unit LCD dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



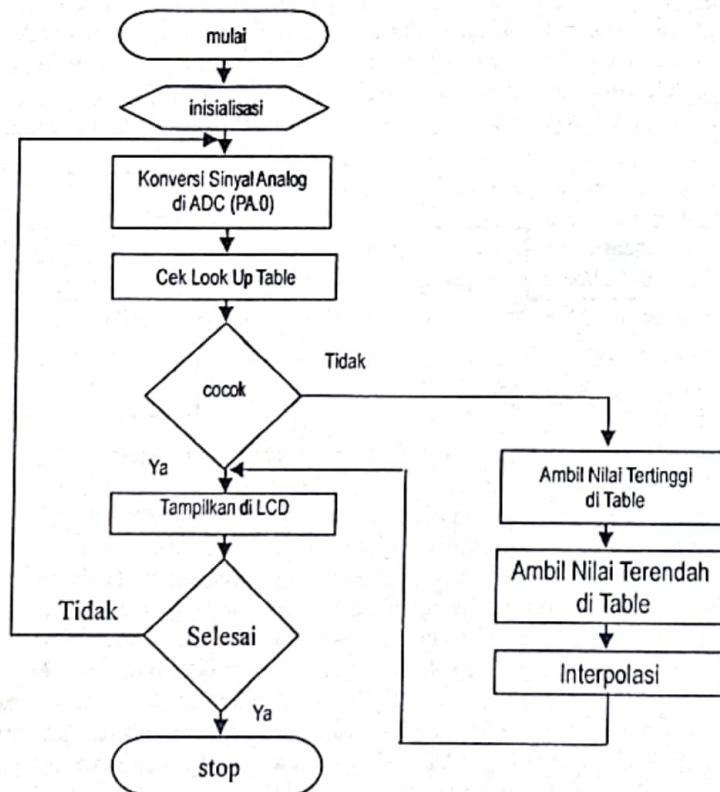
Gambar 7. Rangkaian Unit LCD

Pada rangkaian unit LCD fungsi dari masing-masing komponen adalah sebagai berikut: Resistor R1 digunakan sebagai pengatur kecerahan latar LCD. Resistor R2,R3,R4 dan R5 berfungsi sebagai resistor Pull-UP untuk input data LCD. Resistor ini terhubung dengan mikrokontroler melalui pin PC7,PC6,PC5 dan PC4. Potensio digunakan untuk mengatur kecerahan karakter LCD. Pin 6 dan pin 4 LCD dihubungkan ke pin PC3 dan PC2 mikrokontroler, berfungsi untuk mengatur aliran data dari mikrokontroler ke LCD. Sedangkan LCD itu sendiri digunakan untuk menampilkan data

paparan radiasi sistem laju dosis gamma.

Perancangan Perangkat Lunak

Untuk perangkat lunak digunakan bahasa pemograman BASIC COMPILER AVR (BASCOM-AVR). Alasan penggunaan bahasa program ini adalah karena *syntax-syntaxnya* mudah dimengerti dibandingkan dengan menggunakan bahasa *assembly*. Berikut adalah *flowchart* program yang akan diisikan kedalam mikrokontroler.



Gambar 8. Flowchart Pemograman Mikrokontroler

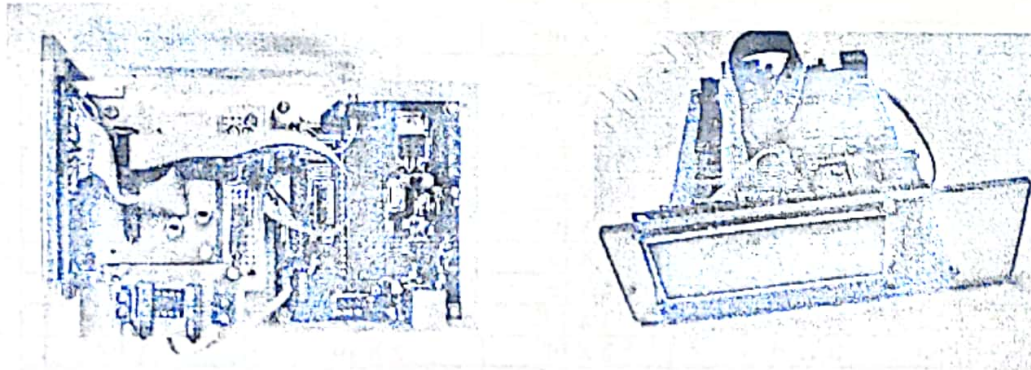
Deskripsi dari *flowchart* diatas adalah sebagai berikut, saat pertama kali mikrokontroler dihidupkan, maka mikrokontroler akan melakukan inialisasi program yang meliputi penentuan *variable* yang akan digunakan dalam program, konfigurasi ADC dan konfigurasi LCD dengan mendefinisikan penggunaan masing-masing pin.

Berikutnya mikrokontroler akan membaca nilai input analog pada port ADC yaitu di port A.0. Pada pemrograman sistem penampil digital ini terdapat 2 metode yang digunakan untuk pengolahan data pada mikrokontroler yaitu metode *look up table* dan metode interpolasi data. Apabila nilai tegangan analog yang dibaca oleh mikrokontroler sesuai dengan tabel kalibrasi sistem pemantau laju dosis gamma (*look up table*) maka mikrokontroler akan langsung mengeluarkan nilai berupa skala mR/jam pada LCD yang nilainya sesuai dengan tabel kalibrasi. Apabila nilai tegangan analog yang dibaca

oleh mikrokontroler tidak sesuai dengan tabel kalibrasi sistem pemantau laju dosis gamma maka mikrokontroler akan melakukan interpolasi data tertinggi dan data terendah dari nilai tegangan tersebut dan hasil olahan akan ditampilkan pada LCD berupa skala mR/jam.

PERAKITAN

Komponen-komponen yang digunakan dalam perakitan ini umumnya sudah dalam bentuk modul kecuali pada rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian mikrokontroler yang digunakan sudah dalam bentuk modul sistem minimum. Hubungan antar modul-modul tersebut disesuaikan dengan gambar blok diagram yang telah dibahas sebelumnya. Gambar hasil perakitan dari sistem penampil digital adalah sebagai berikut.



Gambar 9. Sistem Penampil Digital

PENGUJIAN

Pengujian alat dilakukan di laboratorium Instrumentasi dan Kendali RSG-GAS dengan cara memberikan input 0-10 vdc. Pengujian modul yang dilakukan terdiri dari 3 tahap yaitu pengujian modul dengan acuan Tabel kalibrasi utama, Tabel kalibrasi tambahan dari manual operasi MANNESMANN HARTMANN & BRAUN dan pengujian modul dengan input acak. Semua pengujian dilakukan dengan cara memberikan input tegangan dc 0-10 V dari generator tegangan dc. Pembacaan keluaran melalui modul penampil analog (TKKA 04) dan juga melalui modul penampil digital. Hasilnya dimasukkan kedalam tabel yang telah disediakan.

Langkah pelaksanaan pelaksanaan pengujian modul penampil adalah sebagai berikut,

1. Dibuat tabel untuk mencatat hasil pengujian (Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3).
2. Peralatan dihidupkan.
3. Generator tegangan di hidupkan untuk memberi masukan ke modul yang akan diuji fungsi.
4. Penunjukkan LCD pada setiap input tersebut dicatat di tabel 1,
5. Penunjukkan penampil meter analog pada setiap input dicatat di tabel 1,
6. Setelah langkah 5 selesai, kegiatan 3 sampai 5 diulang untuk mengisi Tabel 2 dan Tabel 3
7. Pengujian selesai.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian dengan acuan tabel kalibrasi utama

NO	INPUT (Volt)	SET POINT	ACTUAL POINT	
		METER (mR/h)	METER ANALOG (mR/h)	METER DIGITAL (mR/h)
1	0,2	8×10^{-2}	8×10^{-2}	8×10^{-2}
2	1,31	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}
3	2,75	1×10^0	1×10^0	1×10^0
4	4,20	1×10^1	1×10^1	1×10^1
5	5,65	1×10^2	1×10^2	1×10^2
6	7,10	1×10^3	1×10^3	1×10^3
7	8,55	1×10^4	1×10^4	1×10^4
8	10,00	1×10^5	1×10^5	1×10^5

Tabel 2. Data Hasil Pengujian dengan acuan tabel kalibrasi tambahan

NO	INPUT (Volt)	SET POINT	ACTUAL POINT	
		METER (mR/h)	METER ANALOG (mR/h)	METER DIGITAL (mR/h)
1	0	8×10^{-3}	8×10^{-3}	8×10^{-3}
2	0,2	1×10^{-2}	1×10^{-2}	1×10^{-2}
3	0,45	2×10^{-2}	2×10^{-2}	2×10^{-2}
4	0,79	4×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-2}
5	1,02	6×10^{-2}	6×10^{-2}	6×10^{-2}
6	1,18	8×10^{-2}	8×10^{-2}	8×10^{-2}
7	1,31	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}
8	1,74	2×10^{-1}	2×10^{-1}	2×10^{-1}
9	2,18	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4×10^{-1}
10	2,43	6×10^{-1}	6×10^{-1}	6×10^{-1}
11	2,61	8×10^{-1}	8×10^{-1}	8×10^{-1}
12	2,75	1×10^0	1×10^0	1×10^0
13	3,19	2×10^0	2×10^0	2×10^0
14	3,63	4×10^0	4×10^0	4×10^0
15	3,88	6×10^0	6×10^0	6×10^0
16	4,06	8×10^0	8×10^0	8×10^0
17	4,20	1×10^1	1×10^1	1×10^1
18	4,64	2×10^1	2×10^1	2×10^1
19	5,08	4×10^1	4×10^1	4×10^1
20	5,33	6×10^1	6×10^1	6×10^1
21	5,51	8×10^1	8×10^1	8×10^1
22	5,65	1×10^2	1×10^2	1×10^2
23	6,09	2×10^2	2×10^2	2×10^2
24	6,52	4×10^2	4×10^2	4×10^2
25	6,78	6×10^2	6×10^2	6×10^2
26	6,96	8×10^2	8×10^2	8×10^2
27	7,10	1×10^3	1×10^3	1×10^3
28	7,54	2×10^3	2×10^3	2×10^3
29	7,97	4×10^3	4×10^3	4×10^3
30	8,23	6×10^3	6×10^3	6×10^3
31	8,41	8×10^3	8×10^3	8×10^3
32	8,55	1×10^4	1×10^4	1×10^4

Tabel 2. Lanjutan

NO	INPUT (Volt)	SET POINT	ACTUAL POINT	
		METER (mR/h)	METER ANALOG (mR/h)	METER DIGITAL (mR/h)
33	8,99	2×10^4	2×10^4	2×10^4
34	9,42	4×10^4	4×10^4	4×10^4
35	9,68	6×10^4	6×10^4	6×10^4
36	9,86	8×10^4	8×10^4	8×10^4
37	10,00	1×10^5	1×10^5	1×10^5

Tabel 3. Data Hasil Pengujian dengan Input Acak.

NO	INPUT (Volt)	SET POINT	ACTUAL POINT	
		METER (mR/h)	METER ANALOG (mR/h)	METER DIGITAL (mR/h)
1	0,12		8×10^{-3} s/d 1×10^{-2}	$9,10 \times 10^{-3}$
2	0,37		1×10^{-2} s/d 2×10^{-2}	$1,71 \times 10^{-2}$
3	0,71		2×10^{-2} s/d 4×10^{-2}	$3,52 \times 10^{-2}$
4	0,88		4×10^{-2} s/d 6×10^{-2}	$4,81 \times 10^{-2}$
5	0,96		6×10^{-2} s/d 8×10^{-2}	$5,60 \times 10^{-2}$
6	1,10		8×10^{-2} s/d 1×10^{-1}	$7,10 \times 10^{-2}$
7	1,51		1×10^{-1} s/d 2×10^{-1}	$1,48 \times 10^{-1}$
8	1,96		2×10^{-1} s/d 4×10^{-1}	$3,02 \times 10^{-1}$
9	2,29		4×10^{-1} s/d 6×10^{-1}	$4,92 \times 10^{-1}$
10	2,50		6×10^{-1} s/d 8×10^{-1}	$6,78 \times 10^{-1}$
11	2,71		8×10^{-1} s/d 1×10^0	$9,54 \times 10^{-1}$
12	3,01		1×10^0 s/d 2×10^0	$1,60 \times 10^0$
13	3,30		2×10^0 s/d 4×10^0	$2,53 \times 10^0$
14	3,71		4×10^0 s/d 6×10^0	$4,69 \times 10^0$
15	3,98		6×10^0 s/d 8×10^0	$7,22 \times 10^0$
16	4,18		8×10^0 s/d 1×10^1	$9,73 \times 10^0$
17	4,39		1×10^1 s/d 2×10^1	$1,44 \times 10^1$
18	4,79		2×10^1 s/d 4×10^1	$2,71 \times 10^1$
19	5,29		4×10^1 s/d 6×10^1	$5,76 \times 10^1$
20	5,43		6×10^1 s/d 8×10^1	$7,15 \times 10^1$
21	5,57		8×10^1 s/d 1×10^2	$8,85 \times 10^1$
22	5,89		1×10^2 s/d 2×10^2	$1,57 \times 10^2$
23	6,25		2×10^2 s/d 4×10^2	$2,81 \times 10^2$
24	6,67		4×10^2 s/d 6×10^2	$5,18 \times 10^2$
25	6,85		6×10^2 s/d 8×10^2	$6,77 \times 10^2$
26	6,99		8×10^2 s/d 1×10^3	$8,99 \times 10^2$
27	7,25		1×10^3 s/d 2×10^3	$1,35 \times 10^3$
28	7,62		2×10^3 s/d 4×10^3	$2,36 \times 10^3$
29	8,02		4×10^3 s/d 6×10^3	$4,44 \times 10^3$

Tabel 3. lanjutan

NO	INPUT (Volt)	SET POINT	ACTUAL POINT	
		METER (mR/h)	METER ANALOG (mR/h)	METER DIGITAL (mR/h)
30	8,37		6×10^3 s/d 8×10^3	$7,66 \times 10^3$
31	8,44		8×10^3 s/d 1×10^4	$8,53 \times 10^3$
32	8,78		1×10^4 s/d 2×10^4	$1,53 \times 10^4$
33	9,24		2×10^4 s/d 4×10^4	$3,18 \times 10^4$
34	9,59		4×10^4 s/d 6×10^4	$4,99 \times 10^4$
35	9,73		6×10^4 s/d 8×10^4	$6,63 \times 10^4$
36	9,97		8×10^4 s/d 1×10^5	$9,61 \times 10^4$
37	10,00		1×10^5	1×10^5

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data Tabel 1 dan table 2 diatas terlihat bahwa antara data penunjukan meter pada modul penampil analog maupun pada modul penampil digital menunjukkan angka yang sama, hal ini disebabkan oleh pengisian program pada

mikrokontroler sangat lengkap. Hal ini membuktikan bahwa dari data hasil pengujian modul penampil pada pengujian 1 dan 2 terdapat penyimpangan 0%. Dengan data Tabel tersebut juga dilakukan perhitungan penyimpangan dan ketelitian dalam % menggunakan rumus sebagai berikut :

Persamaan garis:

$$y = mt + nt$$

$$\text{dimana : } mt = \frac{N \cdot \sum(XY) - \sum X \cdot \sum Y}{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$nt = \frac{\sum X^2 \cdot \sum Y - \sum X \cdot \sum(XY)}{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

% Kesalahan Pengukuran (E)

$$E = \left[\frac{\Delta m}{m} \times 100 \right] \%$$

$$\text{dimana : } \Delta m = Sy \sqrt{\left[\frac{N}{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} \right]}$$

$$Sy^2 = \frac{1}{N-2} \left[\sum Y^2 - \frac{\sum X^2 \cdot (\sum Y)^2 - 2 \sum X \cdot \sum(XY) \cdot \sum Y + N \cdot \sum(XY)^2}{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} \right]$$

% Ketelitian Pengukuran:

$$\text{Ketelitian} = (100 - E) \%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh hasil penyimpangan rata-rata sebesar 0%. Dengan diperoleh hasil penyimpangan maka tingkat ketelitian dapat diketahui yaitu sebesar 100%. Dari data Tabel 1 dan table 2 diatas juga dibuat grafik, karena data keluaran dari modul berupa logaritmik, maka logaritma akan dibentuk menjadi bilangan linear terlebih dahulu dengan rumus :

$$Y = \log b^{-n} \text{ dilinearkan menjadi } Y = -n \log b$$

Sumbu y pada grafik merupakan hasil logaritma keluaran modul, sedangkan pada sumbu x

merupakan masukan tegangan.

Dari data table 3 diatas terlihat bahwa dengan input yang sembarang yang berada pada daerah antara harga seting pada keluaran modul analog penunjukannya tidak terbaca atau terbaca antara, sedangkan pada modul digital penunjukan keluaran dapat dibaca. Dengan demikian dapat diketahui bahwa modul penampil digital lebih mudah untuk mengetahui besarnya paparan radiasi pada sistem tersebut.

KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian terlihat bahwa penyimpangan pembacaan antara set point dengan modul penampil analog dan digital sebesar 0 %, Sehingga ketelitiannya adalah 100%.
2. Dari hasil pengujian dengan input acak, keluaran modul penampil digital lebih mudah dibaca dari pada modul penampil analog.
3. Modul penampil digital ini dapat digunakan pada sistem laju dosis gamma.

DAFTAR PUSTAKA

1. Manual operasi mikrokontroler AVR Atmega 8535 Data Sheet USA Atmel Corporation, 2007
2. Atang Susila, Pemrograman mikrokontroler dengan *Bascom*, Bahan pengajaran Diklat Aplikasi mikrokontroler dalam instrumentasi nuklir, Serpong, 2004.
3. Yusi Eko Yulianto, Sistem Instrumentasi & Kendali RSG-GAS, Bahan pengajaran Diklat penyegaran operator & supervisor reaktor, Serpong, 2004.

DISKUSI

Pertanyaan :

Pada grafik paparan vs waktu. Waktu pengampilan data apakah pada sekali siklus operasi atau berapa kali operasi reactor?

Jawaban :

1. Pada grafik yang ditampilkan adalah paparan radiasi fungsi waktu. Waktu yang dimaksud adalah waktu relative.
2. Data yang diambil terdiri dari beberapa teras yang terdiri dari beberapa siklus operasi