

RANCANG BANGUN PENGENDALI LEVEL DISCRIMINATOR PADA SINGLE CHANNEL ANALYZER BERBASIS MIKROKONTROLER

MUHTADAN, JOKO SUNARDI
Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN
Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010
Telp. 0274.489716, Faks.489715

Abstrak

Rancang Bangun Pengendali Level Discriminator pada Single Channel Analyzer Berbasis Mikrokontroler. Telah dibuat suatu pengendali level diskriminator Single Channel Analyzer (SCA) dengan berbasis mikrokontroler. Pembuatan rangkaian pengendali level diskriminator SCA ini dapat mempermudah pengguna dalam menggunakan SCA dan menggantikan fungsi potensiometer sebagai pengatur level yang sering terjadi kerusakan dengan pengatur digital. Sistem ini dibuat dengan membuat rangkaian sistem pengendali dengan mikrokontroler, DAC 0808, Keypad, LCD module serta membuat program untuk mengendalikan pemilihan mode integral, diferensial window dan diferensial normal. Tegangan keluaran sistem dihasilkan dalam rentang 0 volt hingga 10 volt sebagai masukan komparator tegangan LM 710 dalam rangkaian SCA yang ada. Penelitian menghasilkan pengendali level diskriminator ini dapat dioperasikan pada 3 mode yaitu integral, diferensial normal, dan diferensial window. Hasil uji rangkaian DAC memiliki koefisien korelasi $r = 1$ dan hasil pengujian seluruh sistem dengan jangkauan tegangan 0-10 volt dan kenaikan tiap stepnya 0.1 volt memiliki koefisien korelasi $r = 0.9999$.

Kata kunci : Level diskriminator, SCA, Mikrokontroler

Abstract

Design and Construct of a Single Channel Analyzer Level Discriminator Controller bases on Microcontroller. A level discriminator controller for Single Channel Analyzer (SCA) using microcontroller has been build. This development can make easy for users to operating SCA and changing the function of potentiometer with digital controllers as a level control that often broken down. This system was build with assembling controlling system using microcontroller, DAC 0808, Keypad, LCD module and developing programs to controlling selecting of integral, differential window and differential normal modes of SCA. This system was designed to gives an output voltage from 0 volt to 10 volts and used for LM 710 voltage comparator input. The result of this research is a level discriminator controller that can operate as integral, differential window and normal modes. System testing has been result that DAC have correlation coefficient number = 1 and the final test for all system, result that the system has 0 – 10 volts output voltage range with 0.1 volt every steps with correlation coefficient number = 0.9999.

Keywords : Discriminator level, SCA, Mcrrocontroller

PENDAHULUAN

Dalam spektroskopi tenaga nuklir, analisis bentuk spektrum merupakan hal yang sangat penting. Bentuk spektrum tersebut dapat diketahui dengan menggambarkan distribusi tinggi pulsa atau jumlah cacah untuk setiap

tinggi pulsa tertentu. Untuk itu digunakan rangkaian *Single Channel Analyzer* (SCA) dan juga beberapa elektronik pendukung yaitu penguat awal, penguat utama, pencacah dan pewaktu.

Perangkat keras mikrokontroler dalam satu keping IC membuat mikrokontroler

bersifat *flexible* dan *portable*. Selain itu mikrokontroler juga bersifat *programmable*. Alat kendali yang bersifat *flexible*, *portable*, dan *programmable* saat ini dibutuhkan untuk teknologi nuklir. Hal ini mendorong untuk dilakukan penelitian menggunakan mikrokontroler sebagai pengendali level *diskriminator* untuk *Single Channel Analyzer*.

Perangkat elektronik untuk mengukur radiasi yang ada saat ini memiliki hambatan yaitu komponen yang tersusun pada perangkat buatan ORTEC dan CANBERRA kebanyakan tidak tersedia di Indonesia, sehingga jika suatu saat terjadi kerusakan pada komponen akan menimbulkan kesulitan untuk memperbaikinya. Alat-alat yang sudah ada pada pengendalian level *diskriminatornya* menggunakan potensiometer sehingga sering terjadi kerusakan karena komponen yang aus dan tegangan *diskriminator* tidak sesuai dengan penunjukan pada potensiometer.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu pengendali level *diskriminator* SCA dengan pengendali level *diskriminatornya* berbasis mikrokontroler. Pembuatan rangkaian pengendali level *diskriminator* SCA ini diharapkan dapat mempermudah pengguna dalam menggunakan SCA.

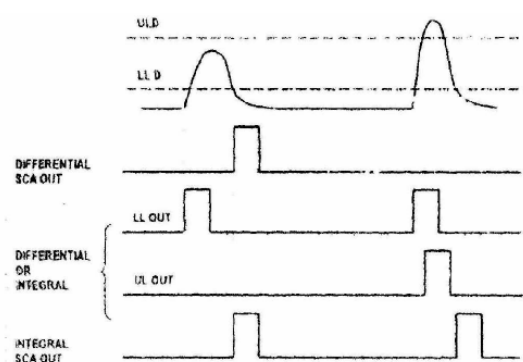
LANDASAN TEORI

Penganalisis Tinggi Pulsa (*Pulse Height Analyzer*)

Penganalisis tinggi pulsa merupakan bagian utama pada sistem spektroskopi α , β maupun γ . Karena hanya pulsa dengan ketinggian tertentu saja yang akan diteruskan ke pencacah. Penganalisa pulsa sendiri terdiri dari dua macam yaitu penganalisa tinggi pulsa saluran tunggal atau *Single Channel Analyzer* (SCA) dan penganalisa tinggi pulsa saluran ganda atau *Multi Channel Analyzer* (MCA).

Pada *Single channel Analyzer* tiap pulsa masukan dilengkapi dua *diskriminator*, yaitu *diskriminator* atas (*upper level*) dan *diskriminator* bawah (*lower level*). Tiap *diskriminator* membangkitkan sebuah pulsa keluaran jika pulsa masukan berada diantara *diskriminator* bawah dan *diskriminator* atas. Untuk operasi *integral diskriminator* yang diatur adalah *diskriminator* bawah, selama pulsa masih berada di atas *diskriminator* bawah

maka pulsa akan tercacah. Untuk operasi *differensial*, pulsa yang dapat lolos adalah pulsa yang tingginya berada diantara *diskriminator* bawah dan *diskriminator* atas. Operasi *differensial* sendiri terdiri dari dua mode, yaitu normal dan *window*. Untuk mode normal *diskriminator* bawah dan atas diatur secara manual, sedang untuk mode *window diskriminator* atas didasarkan pada pengaturan *diskriminator* bawah terhadap *ground*. Dengan memilih salah satu saklar *integral* atau *differensial*, sebuah keluaran SCA dibangkitkan jika *diskriminator* bawah dipacu. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada Gambar 1 :



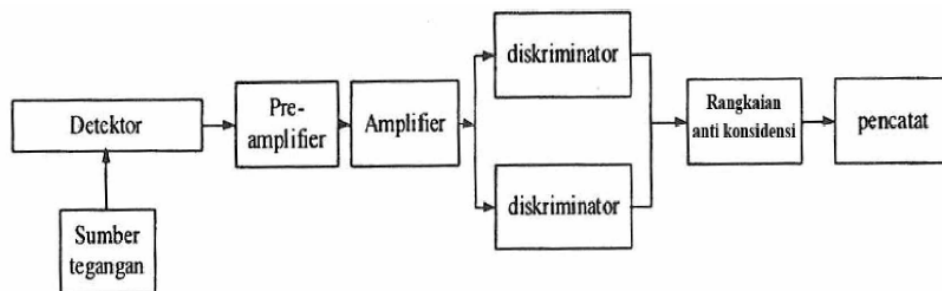
Gambar 1 Timing Diagram SCA [1]

Dalam *timming* Gambar 1 digambarkan dua kemungkinan kondisi pulsa input. Pertama adalah sebuah pulsa yang melebihi ambang *diskriminator* bawah tanpa melebihi *diskriminator* atas, dan pulsa lainnya adalah pulsa yang melebihi kedua ambang. Jika dipilih operasi *integral*, sebuah pulsa keluaran SCA dibangkitkan untuk setiap pulsa input jika pulsa input melebihi batas *diskriminator* bawah. Jika dipilih mode operasi *window* (salah satu normal atau *differensial*) sebuah pulsa keluaran SCA dibangkitkan untuk pulsa pertama tapi tidak untuk pulsa kedua [1].

Sistem listrik biasanya menghasilkan sinyal noise tidak teratur maka diperlukan pembedaan antara pulsa sejati dan pulsa noise tidak teratur dalam suatu alat pencacah. Tiap pulsa umumnya memperlihatkan suatu amplitudo pulsa maksimum yang sesuai dengan aliran elektron terbesar yang terjadi antara waktu terbentuk dan matinya pulsa. Amplitudo maksimum ini yang disebut tinggi pulsa.

Pemilih tinggi pulsa dinamakan *diskriminator* yaitu rangkaian elektronik yang menahan atau membuang semua pulsa dengan amplitudo lebih rendah daripada yang telah

ditentukan. Alat ini merupakan bagian semua alat pencatat pulsa yang memungkinkan pencatatan pulsa sejati dan pembuangan pulsa nois. Amplitudo pulsa yang diperlukan untuk melewati tinggi pulsa dinamakan kepekaan input rangkaian. Beberapa detektor yang sering digunakan menghasilkan pulsa yang tingginya bergantung ada besarnya energi yang dipindahkan pada detektor. Jika pulsa yang bergantung pada energi ini dapat dibedakan menurut tinggi pulsa maka diperoleh spektrum energi [2].



Gambar 2 Blok Diagram Penganalisis Tinggi Pulsa [2]

Sebaliknya jika pulsa cukup besar untuk dapat melalui *diskriminator* bawah dan *diskriminator* atas maka keduanya akan menghasilkan pulsa pada rangkaian antikoincidensi. Rangkaian antikoincidensi diatur sedemikian sehingga jika dua buah pulsa tiba bersamaan maka keduanya ditahan dan tidak tercatat. Pulsa yang besarnya sedemikian sehingga dapat melalui *diskriminator* bawah tetapi masih terlalu kecil untuk dapat melalui *diskriminator* atas hanya akan menghasilkan satu pulsa saja pada rangkaian antikoincidensi, dua pulsa ini dapat dicatat. Jadi penganalisis hanya melakukan pulsa yang tingginya antara dua tinggi pulsa yang sudah ditentukan. Tegangan yang memisahkan kedua *diskriminator* inilah yang dinamakan jendela.

Mikrokontroler

Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer, hadir memenuhi kebutuhan pasar (*market need*) dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang yang kecil serta dapat diproduksi secara massal (dalam jumlah yang banyak) membuat harganya menjadi lebih murah (dibandingkan mikroprosesor). Sebagai kebutuhan pasar,

Susunan suatu penganalisis tinggi pulsa tertera pada Gambar 2 di bawah digunakan dua buah *diskriminator*. *Diskriminator* pertama dipasang untuk menerima pulsa yang lebih kecil, misalnya setinggi E dan *diskriminator* kedua dipasang untuk pulsa setinggi $E + \Delta E$. Jadi pulsa kecil yang tidak dapat melalui *diskriminator* bawah juga tidak akan dapat melalui *diskriminator* atas, sehingga pulsa demikian tidak akan menghasilkan *output* ke dalam rangkaian antikoincidensi.

mikrokontroler hadir untuk memenuhi selera industri dan kebutuhan para konsumen akan kebutuhan dan keinginan alat-alat bantu bahkan mainan yang lebih baik dan canggih.

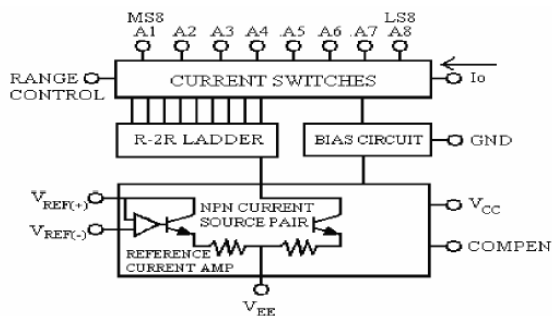
Seperti mikroprosesor, sebuah mikrokontroler merupakan perangkat multiguna, namun satu hal yang dimaksud adalah untuk mengambil data, melakukan kalkulasi terbatas pada data, dan mengontrol lingkungannya berdasarkan kalkulasi tersebut. Kegunaan utama mikrokontroler adalah untuk mengontrol operasi suatu mesin menggunakan program yang tertanam dalam ROM dan tidak berubah selama waktu kerja sistem [3].

Tidak seperti sistem komputer, yang mampu menangan berbagai macam program aplikasi (misalnya pengolah kata, pengolah angka dan lain sebagainya), mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk suatu aplikasi tertentu saja (hanya satu program yang bisa disimpan). Perbedaan lainnya terletak pada perbandingan RAM (*Random Access Memory*) dan ROM (*Read Only Memory*). Pada sistem mikrokomputer perbandingan RAM dan ROM-nya besar, artinya program kontrol disimpan dalam ROM (bisa *masked ROM* atau *Flash PEROM*) yang ukurannya relatif lebih besar, sedangkan RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara, termasuk

register – register yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan [4].

DAC 0808

IC DAC 0808 adalah jenis D/A Converter yang mempunyai 8 bit masukan dan dibangun dengan metode konversi rangkaian R-2R ladder. Masukan dari data biner IC ini sesuai dengan gerbang (gate) TTL, sehingga keluaran dari port standart melalui PIO, IC DAC 0808 ini mempunyai konfigurasi dan blok diagram seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Susunan DAC Konversi 2-2R Ladder [5]

METODE PENELITIAN

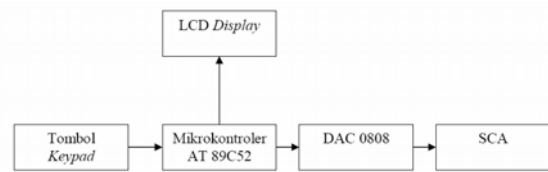
Penelitian ini dilakukan menggunakan dua tahapan yaitu pembuatan *hardware* dan pembuatan program (*software*) mikrokontroler. Rincian pelaksanaan adalah sebagai berikut.

1. Merancang sistem pengendali level *diskriminator*
2. Membuat rangkaian sistem pengendali dengan mikrokontroler, DAC 0808, Keypad, LCD module.
3. Merancang diagram alir program dan membuat program dengan Bascom 8051
4. Menguji kerja DAC 0808
5. Pengujian seluruh sistem untuk menghasilkan keluaran dari 0 hingga 10 volt dengan selang 0.1 volt

PELAKSANAAN PENELITIAN

Perancangan Rangkaian Kendali Level *Diskriminator*

Rangkaian kendali dirancang dengan pengendali mikrokontroler, adapun gambar blok diagram seluruh sistem kendali terlihat pada Gambar 4 :



Gambar 4 Blok Diagram Sistem Kendali Level *Diskriminator*

Sistem dirancang dengan masukan berasal dari keypad yaitu berupa tombol untuk melakukan pengaturan level *diskriminator*. Mikrokontroler berfungsi untuk mengendalikan DAC dengan memberikan keluaran digital yang digunakan DAC sebagai masukan untuk dikonversi menjadi tegangan analog. Keluaran DAC tersebut merupakan tegangan yang digunakan sebagai level *diskriminator* SCA. Display LCD digunakan untuk menampilkan tegangan level *diskriminator*.

Pembuatan Sistem Kendali dengan Mikrokontroler AT89C52

Pembuatan sistem kendali dimulai dengan membuat rancangan minimum sistem. Mikrokontroler AT89C52 digunakan sebagai pengendali utama dalam membaca masukan dari keypad berupa pengaturan nilai level *diskriminator*, kemudian mengirimkan data digital ke DAC untuk dikonversi menjadi tegangan analog sebagai nilai level *diskriminator* SCA.

Perancangan sistem kendali pada penelitian ini menggunakan IC mikrokontroler AT89S8252, untuk dapat mengendalikan suatu sistem mikrokontroler ini harus dilengkapi dengan komponen dasar seperti sumber clock dan rangkaian reset.

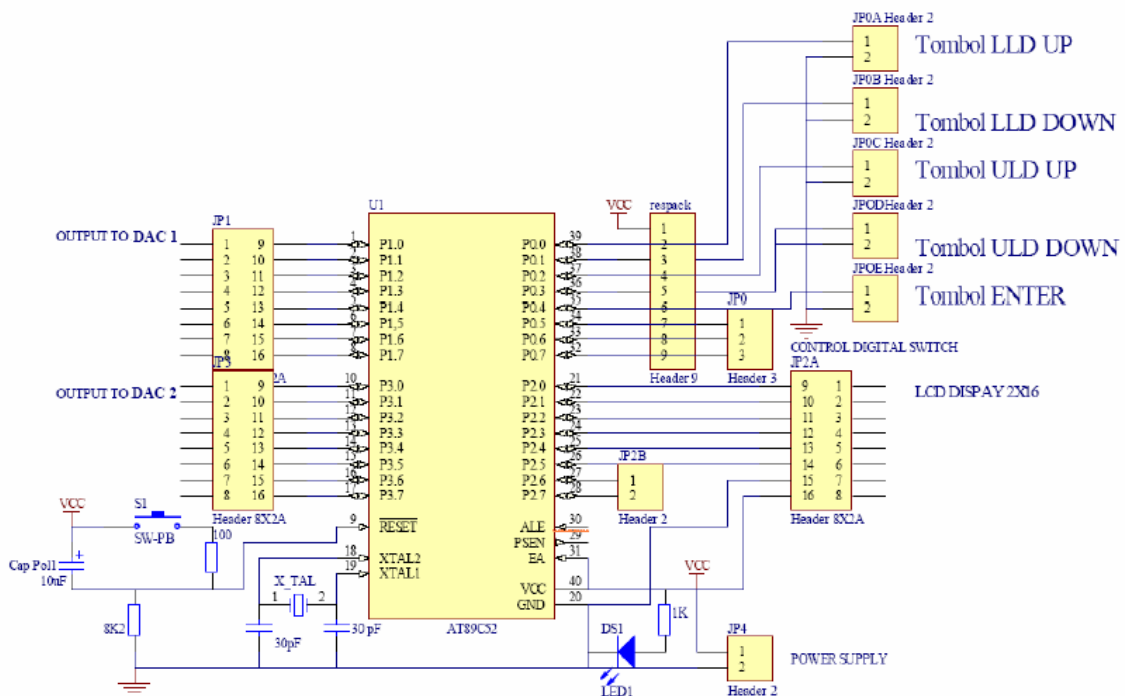
Sumber clock diperoleh dengan memasang penghasil detak yaitu *crystal* dengan frekuensi detak sebesar 11,0592 MHz dan kapasitor sebesar 30pF yang dihubungkan dengan pin XTAL1 dan XTAL2 dari mikrokontroler. Dengan frekuensi *crystal* tersebut, maka *crystal* tersebut mengeluarkan $11,0592 \times 10^6$ pulsa per detik. Hal ini berarti dalam 1 detik ada 921600 ($11,0592 \times 10^6 / 12$) *machine cycle*, dengan kata lain satu *machine cycle* memakan waktu 0,92 mikrodetik.

Rangkaian reset yang berfungsi untuk mereset program dalam mikrokontroler diperoleh dengan prinsip menghubungkan pin reset dari mikrokontroler (pin 9) dengan logika 1 atau 5 volt. Namun pin reset tidak langsung

dihubungkan dengan 5 volt namun ditambah kapasitor untuk memberikan reset pada saat awal mikrokontroler dinyalakan. Dalam penelitian ini rangkaian reset juga ditambah tombol push on agar *user* dapat melakukan reset secara manual.

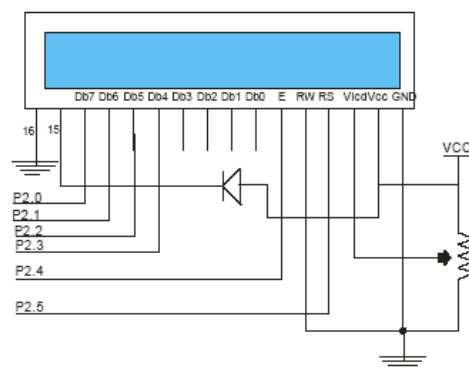
Pada *minimum system* menggunakan *crystal* dengan frekwensi 12MHz. Port 2.0-2.5 digunakan untuk LCD Display yang menampilkan nilai LLD atau ULD. Port 1 dan port 3 digunakan untuk mengatur keluaran DAC, dimana DAC ini berfungsi sebagai pengendali *Upper Level Discriminator* (ULD) dan *Lower Level Discriminator* (LLD) pada

SCA. Port 0 digunakan untuk tombol pengendali besarnya tegangan ULD dan LLD juga sebagai pengendali saklar digital untuk pemilihan mode SCA. Port 0.0 sebagai tombol LLD UP, Port 0.1 sebagai tombol LLD DOWN, Port 0.2 sebagai tombol ULD UP, Port 0.3 sebagai tombol ULD DOWN, dan Port 0.4 sebagai tombol ENTER. Port 0.5 sebagai saklar untuk mode window, Port 0.6 sebagai saklar untuk mode normal, dan Port 0.7 sebagai saklar mode differensial atau integral. Gambar rangkaian *minimum system* akan ditunjukkan pada Gambar 5.

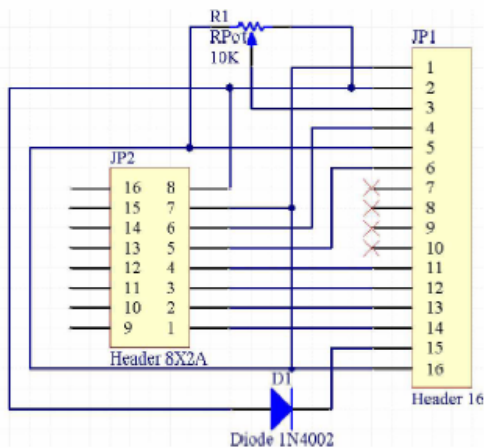


Gambar 5 Rangkaian *Minimum System*

Display dari sistem ini menggunakan LCD 16x2 yang dihubungkan melalui port 2.0 hingga 2.5 dengan mode pengiriman data 4 bit dan mode *only write* yaitu mode LCD dimana mikrokontroler hanya bisa melakukan penulisan/pengiriman data pada LCD. Mode ini dilakukan karena fungsi LCD hanyalah sebagai penampil data dari mikrokontroler. Untuk membuat mode *write only*, pin R/W pada LCD dihubungkan dengan logika 0 atau dengan *ground*. Gambar 6 merupakan rangkaian display dengan LCD, sedangkan *interface* dengan minimum sistem ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6 Rangkaian LCD Mode 4 bit

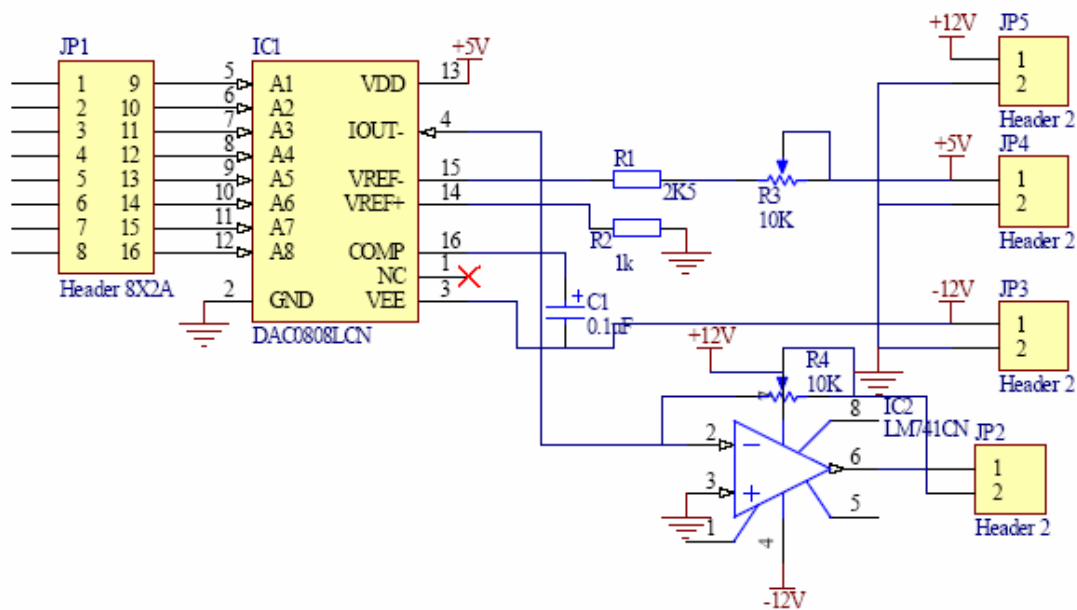


Gambar 7 Rangkaian Modul LCD untuk Display Sistem

DAC 0808 digunakan sebagai pengkonversi nilai digital menjadi analog, selanjutnya tegangan analog tersebut digunakan sebagai level *diskriminator*. Terdapat dua operasi dari level *diskriminator*, operasi pertama berupa *Diferensial* yang terdiri dari mode normal dan mode *window* dan operasi kedua adalah *integral*. Setiap operasi tersebut

terdapat dua buah level *diskriminator* yaitu level bawah (*Low Level Diskriminator/ LLD*) dan level atas (*Upper Level Diskriminator / ULD*). DAC yang digunakan adalah dua buah karena tiap DAC berfungsi untuk mengkonversi masukan digital yang diberikan mikrokontroler menjadi tegangan LLD dan ULD.

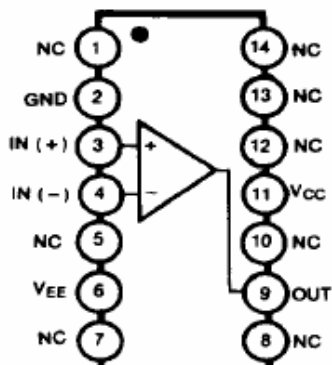
DAC 0808 mempunyai keluaran berupa arus maka untuk mengubah menjadi tegangan maka diberi Op-Amp, Op-Amp yang digunakan adalah LM 741 karena output dari DAC 0808 arusnya negatif maka dimasukkan ke masukan pembalik dari Op-Amp yaitu pada kaki 2, sedangkan kaki 3 digroundkan agar keluarannya menjadi positif. V_{ref} positif yang digunakan 10V karena tegangan maksimal keluaran yang diinginkan adalah 10V, sedangkan V_{ref} negatif digroundkan karena tegangan minimal yang diinginkan adalah 0. Gambar rangkaian DAC 0808 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Rangkaian DAC 0808

Keluaran DAC yang berupa tegangan analog sebagai tegangan LLD dan ULD dihubungkan dengan komparator LM 710 pada SCA. LM 710 merupakan komparator tegangan berkecepatan tinggi yang digunakan sebagai sebuah sensor digital level rendah yang akurat

atau sebagai pengganti *operational amplifiers* dalam aplikasi komparator dimana kecepatan merupakan hal yang utama, LM 710 juga berfungsi sebagai *pulse height discriminators*^[6]. Gambar 9 merupakan susunan komparator LM710 dalam rangkaian SCA yang digunakan.



Gambar 9 Komparator LM 710

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan rangkaian yang telah dibuat, maka tahap terakhir adalah pengujian dan analisis dari setiap rangkaian yang telah dibuat. Hal ini bertujuan untuk mengetahui fungsi kerja dari masing-masing alat sehingga bila terjadi kerusakan dapat diketahui dan dilakukan perbaikan-perbaikan sebelum dilakukan pengujian.

Pengujian yang dilakukan pada bab ini antara lain :

1. Pengujian DAC 0808
2. Pengujian seluruh sistem

Pengujian Rangkaian Digital to Analog Converter (DAC)

DAC 0808 memiliki input data 8 bit, sehingga memiliki variasi input data sebanyak $2^8=256$ variasi data, yaitu dari 0 sampai 255. DAC 0808, dirancang untuk menghasilkan tegangan output antara 0 - 10V. Pengujian terhadap DAC 0808 dilakukan dengan memberikan masukan data digital 8 bit pada digital input DAC pada pin 5 - 12 dan kemudian mengukur output yang dihasilkan dari setiap input data digital. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Lampiran 1. Adapun linearitas DAC dapat dihitung dengan menggunakan regresi linier. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil sebagai berikut

Dengan menggunakan persamaan untuk garis lurus

$$y = a + bx \quad (1)$$

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum x^2 - n \cdot \bar{x}^2} \quad (2)$$

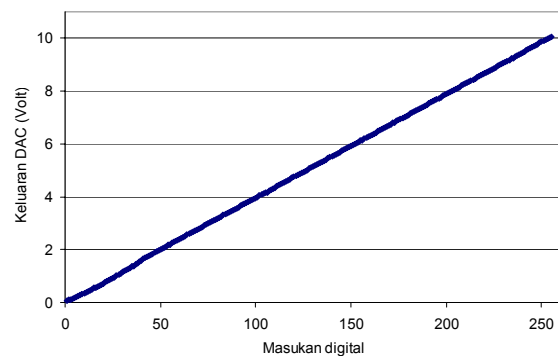
$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} \quad (3)$$

Untuk Y input data digital DAC dan X adalah tegangan output, diperoleh persamaan garis regresi $y = 25.34x - 0.00$

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (4)$$

Diperoleh nilai koefisien korelasi $r = 1.00$

Dimana X adalah tegangan output DAC, Y adalah input data digital DAC dan r adalah koefisien korelasi data input digital DAC dan tegangan output. Gambar 10 menunjukkan hasil pengujian DAC.



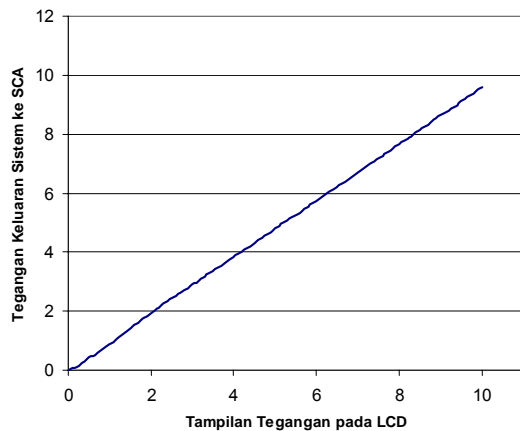
Gambar 10 Hasil Pengujian DAC 0808

Hasil pengujian DAC 0808 menunjukkan bahwa DAC memiliki hasil keluaran yang linier dari masukannya. Keluaran DAC menghasilkan tegangan maksimal 10 volt, dimana keluaran ini digunakan sebagai tegangan dari level diskriminator, yaitu ULD dan LLD.

Pengujian Seluruh Sistem

Pengujian seluruh sistem yaitu pengujian yang dilakukan setelah beberapa modul digabungkan. Pada pengujian kali ini dilakukan pengujian statis untuk keluaran dari alat dapat menghasilkan tegangan yang diharapkan yaitu kenaikan tegangan tiap 0.1 volt. Pada pengujian ini DAC 0808 mendapat perintah dari mikrokontroler untuk menaikkan atau menurunkan tegangan sebesar 0.1 volt. Kenaikan tegangan diatur dengan cara menekan tombol *up* untuk naik dan *down* untuk turun. Hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran 2 dan untuk mengetahui apakah keluaran dari DAC

sesuai dengan masukan yang diberikan pada mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Hasil Pengujian Keluaran Sistem

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa keluaran dari DAC memiliki koefisien korelasi $r = 0.9999$ sehingga keluaran sistem linier terhadap masukan pengaturan tegangan yang ditampilkan pada LCD. Pada rangkaian DAC, keluaran dimasukan ke IC LM 741 diberi resistor 100 ohm hal ini dilakukan karena arus masukan LM 741 sangat kecil sehingga untuk memperbesar arus maka diberi resistor. Pada DAC diatur keluaran maksimal 10 volt dengan cara mengatur variabel resistor pada rangkaian Op-Amp.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dihasilkan pengatur level diskriminator untuk *Single Channel Analyzer* berbasis mikrokontroler dengan rangkaian DAC digunakan sebagai pengatur tegangan masukan LLD dan ULD pada SCA.
2. Pengendali level diskriminator ini dapat dioperasikan pada 3 mode yaitu *integral*, *differensial normal*, dan *differensial window*.
3. Pengujian rangkaian DAC dengan kenaikan tiap 1 bit dimulai dari 0-255 memiliki koefisien korelasi $r = 1$.
4. Pengatur level diskriminator digital ini mampu menggantikan peran pengatur level dengan potensiometer karena memiliki ketepatan pengaturan level diskriminator dengan jangkauan tegangan 0-10 volt dan

kenaikan tiap stepnya 0.1 volt memiliki koefisien korelasi $r = 0.9999$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wistaningrum V. X, 2002 "Pembuatan Rangkaian Penganalisa Saluran Tunggal (Single Channel Analyzer)", Tugas Akhir STTN-BATAN, Yogyakarta.
2. Amirudin A., 2005, "Kimia Inti dan Radiokimia", PPINK-BATAN
3. Ayala K. J, 1991, "The 8051 M icrocontroller, Architecture, Programming and Applications", West Publishing Company.
4. Putra A.E., 2002, Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi, Yogyakarta , Penerbit Gava Media
5. <http://www.national.com/ds.cgi/DA/DAC0808.pdf>
6. <http://www.electronicapt.com/datasheets/lm/LM710.pdf>

TANYA-JAWAB

Pertanyaan

1. Bagaimana tingkat ketelitian pengaturan level (resolusi pengaturan) dari alat yang baru (dengan mikrokontroler) dibandingkan dengan alat yang lama (dengan potensiometer)? (Sutanto)
2. Apakah pengendali level diskriminator ini bisa diaplikasikan pada MCA? (M Khoiri)

Jawaban

1. Seperti yang diuraikan dalam hasil dan pembahasan, bahwa alat ini mampu menghasilkan keluaran tiap 0,1 volt secara presisi yang dilihat dari hasil keluaran. Pada alat sebelumnya, penggunaan potensiometer menghasilkan keluaran yang tidak bisa tepat tiap kenaikan 0,1 volt.
2. Pengendali ini memang dirancang untuk SCA, dan belum diujikan pada MCA, karena pengendali ini awalnya dibuat untuk mengatasi pengaturan level diskriminator yang masih menggunakan potensiometer menjadi pengaturan secara digital yang lebih tepat dalam menentukan level diskriminator.