

Sistem Pencacah Berbasis Komputer

Hendriyanto Hadi Tjahyono

ABSTRAK

Dalam kegiatan ini telah dibuat suatu sistem pencacah berbasis komputer dengan memanfaatkan kemajuan teknologi mikro-kontroler dan perangkat lunak yang bersifat *user friendly* sehingga kegiatan pencacahan berulang dapat dilakukan dengan mudah, menyenangkan dan akurasi yang tinggi.

PENDAHULUAN

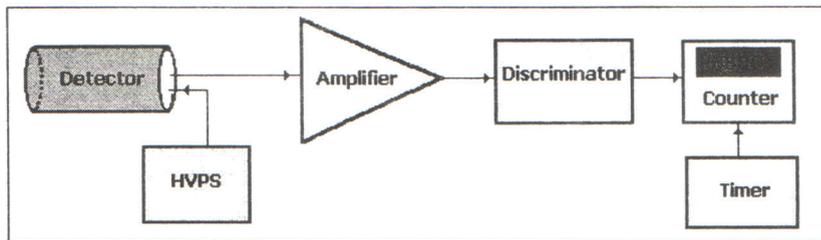
Pada sistem pencacah konvensional, proses pengukuran (pencacahan radiasi) akan dimulai ketika operator menekan suatu tombol tertentu dan pengukuran akan berhenti setelah selang waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam kegiatan pengukuran berulang, misalnya dalam pengukuran waktu paro nuklida, operator harus selalu melakukan hal yang sama yaitu memulai pencacahan dan mencatat hasil pencacahan secara berulang-ulang. Kegiatan ini akan sangat membosankan, dan akan menimbulkan kesalahan, bila harus dilakukan puluhan kali pengulangan.

Sebenarnya sistem pencacah ini dapat digunakan untuk berbagai macam detektor, akan tetapi dalam kegiatan ini hanya menggunakan detektor sintilasi NaI(Tl) untuk mengukur radiasi gamma.

TEORI

Susunan peralatan suatu sistem pencacah, baik untuk mengukur radiasi alpha, beta, maupun gamma adalah sebagaimana gambar 1.

Detektor berfungsi sebagai pengubah energi radiasi menjadi sinyal listrik yang kemudian diperkuat oleh amplifier. Diskriminator adalah suatu alat untuk menyaring sinyal listrik yang



Gambar 1: susunan sistem pencacah

Dengan perkembangan teknologi perangkat keras saat ini dan diiringi dengan tersedianya perangkat lunak yang semakin mudah untuk digunakan (*user friendly*) maka sudah saatnya untuk mulai menerapkan kemajuan ini pada sistem pencacah, khususnya untuk keperluan pencacahan berulang.

Tujuan dari kegiatan litbang diklat ini adalah untuk menyediakan sistem pencacah berbasis komputer yang dapat digunakan untuk kegiatan praktikum pencacahan radiasi secara berulang, seperti praktikum pengukuran waktu paro nuklida. Adapun ruang lingkup kegiatan ini meliputi disain dan pembuatan perangkat keras rangkaian elektronik yang berbasis mikrokontroler; pembuatan program untuk mengendalikan peralatan elektronik dan program "user interface" nya, serta penulisan petunjuk pengoperasiannya.

memasukinya berdasarkan tinggi atau amplitudo. Oleh karena tinggi pulsa listrik sebanding dengan energi radiasi maka dengan kata lain diskriminator berfungsi untuk menyaring radiasi yang masuk berdasarkan energinya. Counter adalah alat yang digunakan untuk menghitung jumlah pulsa yang diteruskan oleh diskriminator selama selang waktu yang ditentukan oleh timer. Sedangkan HVPS adalah catu daya tegangan tinggi yang dibutuhkan oleh detektor.

Sistem pencacah berbasis komputer yang dibuat dalam kegiatan ini juga tersusun atas beberapa fungsi seperti di atas, yang membedakannya dengan sistem pencacah konvensional terletak pada diskriminator, counter dan timer. Pada sistem pencacah konvensional operator harus melakukan beberapa langkah sebagai berikut:

- Pengaturan batas bawah (lower level) dan batas atas (upper level) diskriminasi yang dilakukan dengan cara memutar potensiometer yang ada di diskriminator.
- Pengaturan selang waktu pencacahan yang dilakukan dengan memutar potensiometer atau saklar putar yang ada di timer.
- Memulai pencacahan dengan menekan tombol yang ada di counter dan timer, juga bila akan menghentikan pencacahan sebelum waktunya, ataupun bila akan menghapus nilai cacahan.
- Mencatat nilai cacahan setelah waktu pencacahan telah tercapai.

Terlihat bahwa semua kegiatan di atas akan sangat menjemukan bila harus melakukan pengukuran berulang, apalagi bila hasil pengukuran tersebut akan diolah lebih lanjut menggunakan komputer. Operator atau peneliti harus menyetikkan catatan hasil pengukuran tersebut ke dalam komputer.

Pada sistem pencacah berbasis komputer ini, semua langkah di atas dilakukan oleh operator dengan menggunakan *mouse*, *keyboard*, dan layar monitor komputer, sedangkan hasil pengukuran dapat langsung terekam ke dalam *memory* atau media penyimpanan komputer seperti *hard disk*.

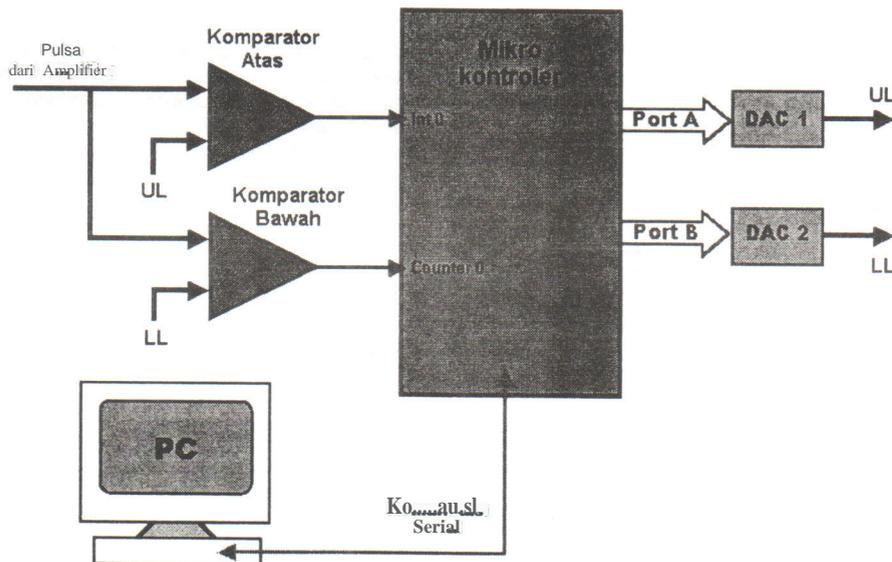
Pada sistem pencacah berbasis komputer rangkaian diskriminator dilengkapi dengan komponen DAC (*digital to analog converter*) yang dapat dikendalikan oleh mikro-kontroler sedangkan counter dan timer digantikan oleh mikro-kontroler. Sebuah komputer personal diperlukan untuk keperluan *human interface* sehingga semua pengendalian dapat dilakukan melalui komputer.

Gambar 2 menunjukkan konfigurasi sistem mikro-kontroler yang digunakan untuk menggantikan fungsi diskriminator, counter, dan timer pada sistem pencacah konvensional. Rangkaian lengkap dari blok diagram tersebut terdapat pada lampiran.

Perangkat Keras

Komponen utama dari sistem pencacah ini adalah mikrokontroler. Jenis mikrokontroler yang sudah sangat *familiar* adalah keluarga MCS51 yang mempunyai banyak *variant* dengan berbagai karakteristiknya. Untuk keperluan sistem pencacah ini, mikrokontroler yang digunakan sekurang-kurangnya harus mempunyai:

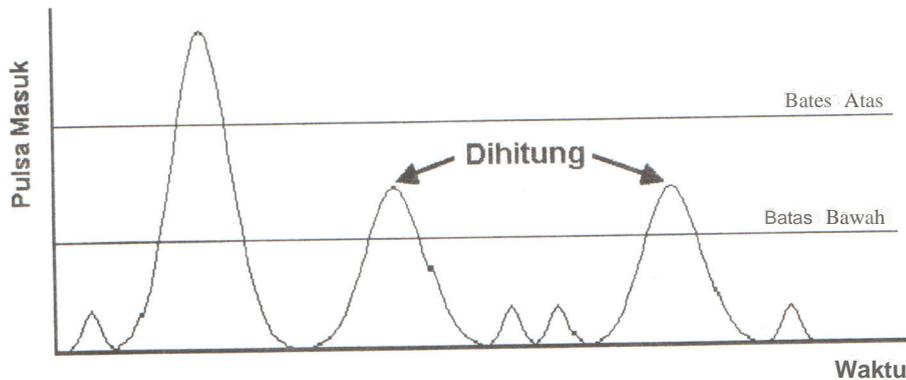
- sebuah masukan *interrupt* (int 0),
- sebuah masukan *counter* (counter 0),
- dua buah keluaran digital 8 bit, dan
- komunikasi serial (UART).



Gambar 2: susunan sistem mikro-kontroler

Pulsa masukan (analog) yang berasal dari amplifier dibandingkan terhadap dua batas, yaitu batas atas (UL) dan batas bawah (LL), pada dua buah komparator. Hasil komparasi tersebut yang berupa sinyal TTL dikirimkan ke mikrokontroler melalui pin IntO dan CounterO. Berdasarkan prinsip kerja diskriminasi secara normal, maka

Komputer personal yang digunakan untuk memberikan masukan ke mikrokontroler dan sebaliknya menerima data dari mikrokontroler, dihubungkan menggunakan jalur komunikasi serial (UART).



Gambar 3: prinsip diskriminasi

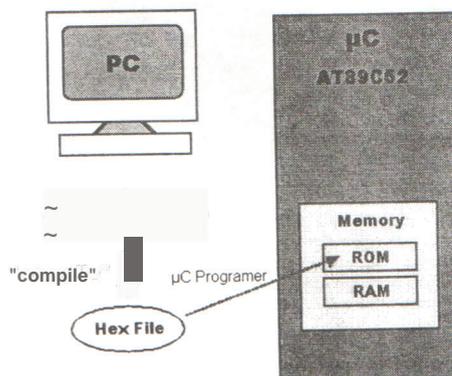
hanya pulsa yang mempunyai tinggi di antara batas bawah dan batas atas saja yang akan dihitung, sedangkan pulsa yang lebih tinggi daripada batas atas atau lebih rendah dari batas bawah akan "dibuang". Mekanisme ini selanjutnya akan diseleksi oleh algoritma program di dalam mikrokontroler.

Nilai batas atas (UL) dan batas bawah (LL) komparator diperoleh dari komponen DAC yang mengubah nilai digital 8 bit dari mikrokontroler (port A dan port B) menjadi nilai analog. Nilai tersebut ditentukan oleh operator dan diatur oleh algoritma program di dalam mikrokontroler.

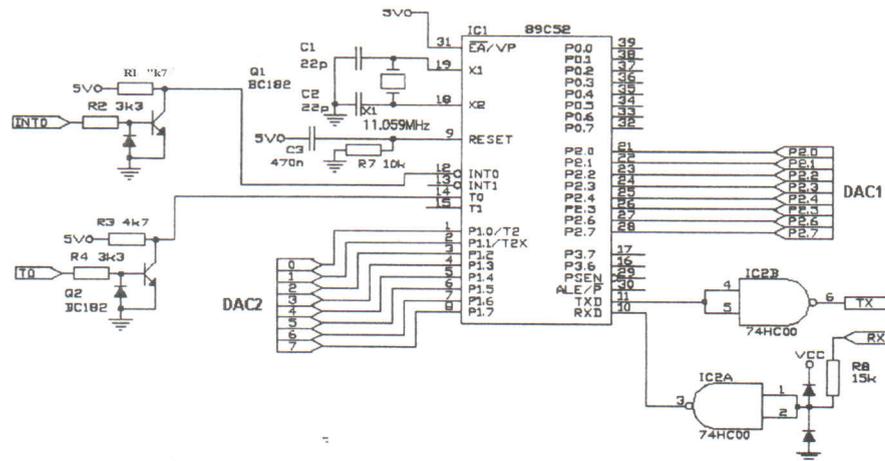
Perangkat Lunak

Dua jenis program yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem pencacah ini yaitu program untuk mikrokontrolernya dan program *human interface* pada komputer personal.

Suatu mikrokontroler tidak ada artinya bila belum diisi program aplikasi di dalamnya. Sebuah chip mikrokontroler dapat berfungsi sebagai suatu sistem pencacah bila sudah diisi program sistem pencacah di dalam *code memory* nya, atau dapat juga berfungsi sebagai, misalnya, pengendali temperatur bila diisi program pengendali temperatur.



Gambar 4: alur penyusunan program mikrokontroler



Gambar 5: skema rangkaian mikrokontroler

Pembuatan program aplikasi mikrokontroler tersebut dilakukan dengan komputer personal. Pada awalnya, program untuk mikrokontroler hanya dapat disusun menggunakan bahasa assembly, akan tetapi beberapa tahun terakhir ini telah banyak bahasa pemrograman "tingkat tinggi" yang dapat digunakan dengan hasil yang tidak berbeda dengan bahasa assembly.

Source code disusun menggunakan bahasa pemrograman tertentu, misalnya dengan program assembly, bascom, atau C untuk mikrokontroler, dan kemudian di *compile* menjadi suatu file dengan format hex. Penulisan source code dan proses *compile* dilakukan dalam komputer personal. File dengan format hex tersebut kemudian di *download* ke dalam *code memory* dari mikrokontroler. Terdapat beberapa pendekatan untuk melakukan *download*, salah satunya adalah menggunakan *programmer* mikrokontroler.

Program berikutnya yang harus disusun adalah program *human interface* yang dijalankan di komputer untuk mengoperasikan sistem pencacah. Saat ini banyak paket program yang dapat digunakan untuk membuat program pengendalian dengan relatif mudah, sebagai contoh, program Visual Basic, Visual C dan LabVIEW.

Selain untuk mengendalikan pengoperasian sistem pencacah, program komputer tersebut harus dapat "menyimpan" hasil pengukuran dalam format ASCII agar dapat dibaca oleh paket

program lain bila akan dianalisis dan diolah lebih lanjut.

EKSPERIMEN

Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan dalam sistem pencacah ini adalah AT89C52 buatan ATMEL yang mempunyai *feature* sebagai berikut.

- 8 kbyte *code memory* yang dapat ditulis dan dihapus berulang kali menggunakan *programmer* yang sesuai.
- 256 byte *memory* untuk data
- 4 buah jalur paralel 8 bit
- 3 buah fasilitas timer/counter
- 2 jalur interrupt eksternal
- jalur komunikasi serial

Mikrokontroler AT89C52 tersebut di atas disusun membentuk suatu sistem minimum mikrokontroler dengan beberapa komponen lain sebagaimana blok diagram berikut ini,

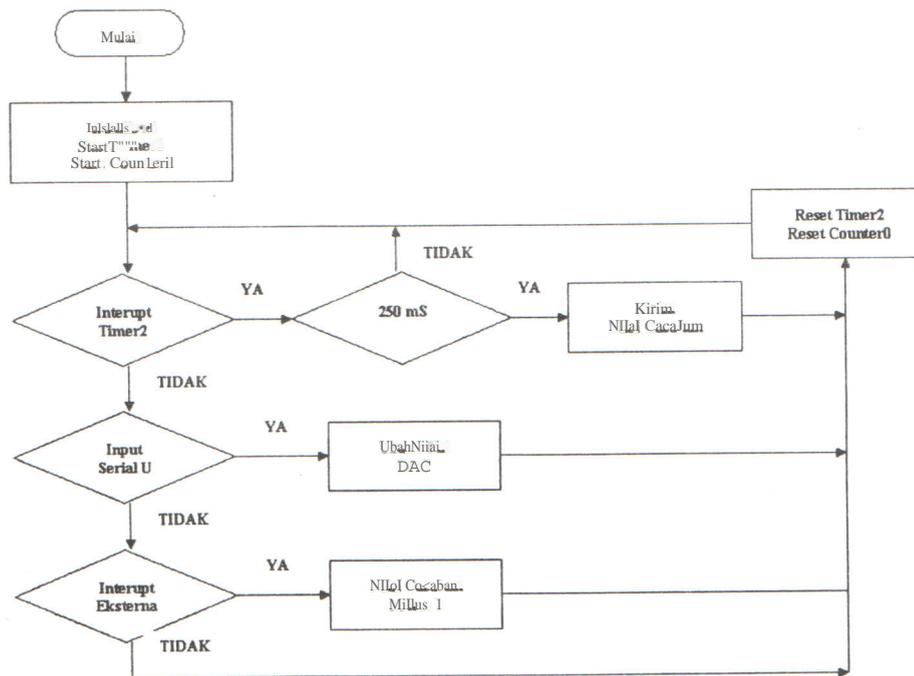
Jalur paralel yang digunakan hanya 2, yaitu port P1 yang dihubungkan ke DAC2 untuk menghasilkan tegangan batas atas dan port P2 yang dihubungkan ke DAC1 untuk menghasilkan tegangan batas bawah. Masukan counter TO digunakan untuk mencatat pulsa dari komparator bawah sedangkan masukan interrupt INTO digunakan untuk mendeteksi adanya pulsa dari komparator atas. Dua buah gerbang NAND digunakan untuk menyesuaikan sinyal komunikasi serial RS232 antara mikrokontroler (TTL) dan komputer personal (+/- 12 Volt).

Diskriminator

Rangkaian diskriminator pada sistem pencacah ini sangat sederhana karena hanya terdiri atas dua buah penyangga (*buffer*), dua buah DAC dan dua buah komparator, sebagaimana rangkaian berikut ini.

yang mempunyai kesamaan dengan bahasa ANSI C yang dilengkapi dengan banyak fasilitas mikrokontroler.

Algoritma program relatif sederhana, mikrokontroler menjalankan perintah-perintah secara terus menerus (DO LOOP) dan



melakukan beberapa hal sebagai berikut.

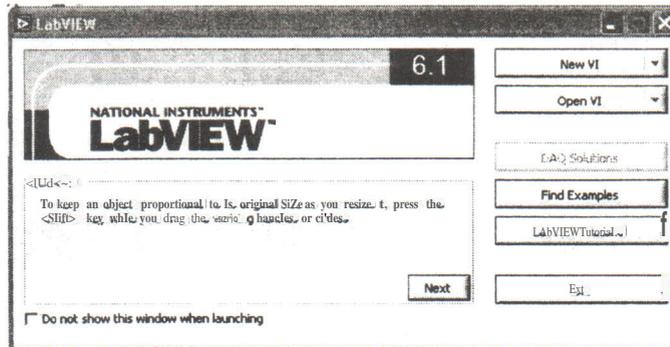
IC LM 358 dan LM 711 merupakan chip *dual OpAmp* dan *dual comparator* sehingga dapat menyederhanakan rangkaian PCB nya. Sepasang OpAmp yang paling depan digunakan sebagai penyangga pulsa masukan agar tidak dipengaruhi oleh proses komparasi pada rangkaian selanjutnya.

DA0800 yang merupakan 8 bit DAC yang memperoleh masukan logika dari port 1 dan port 2 mikrokontroler. Sedangkan keluaran komparator dikirimkan ke pin masukan interrupt eksternal INTO dan pin masukan counter TO mikrokontroler.

Program Mikrokontroler

Penyusunan *source code* dan proses kompilasi menggunakan paket program Ride yang dikeluarkan oleh perusahaan RIGEL. Program ini merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi

- Basis waktu menggunakan fasilitas interrupt timer 2 yang melakukan interrupt setiap 250 mdetik.
- Setiap 250 mdetik mengirimkan nilai counter 0 ke komunikasi serial dan sekaligus me 'reset' nilai counter 0.
- Selama tidak ada perintah ubah nilai UL dan LL (dengan kode karakter "U") maka mikrokontroler memberi nilai 0 ke port 1 dan nilai 255 ke port 2. Bila ada perintah ubah nilai UL dan LL maka baca nilai UL dan LL yang baru dari buffer serial, dan mengirimkan nilai tersebut ke port 1 dan port 2.
- Setiap ada interrupt yang berasal dari INTO (interrupt eksternal) maka nilai counter 0 dikurangi 1.



Gambar 7: tampilan awal program LabVIEW 6,1

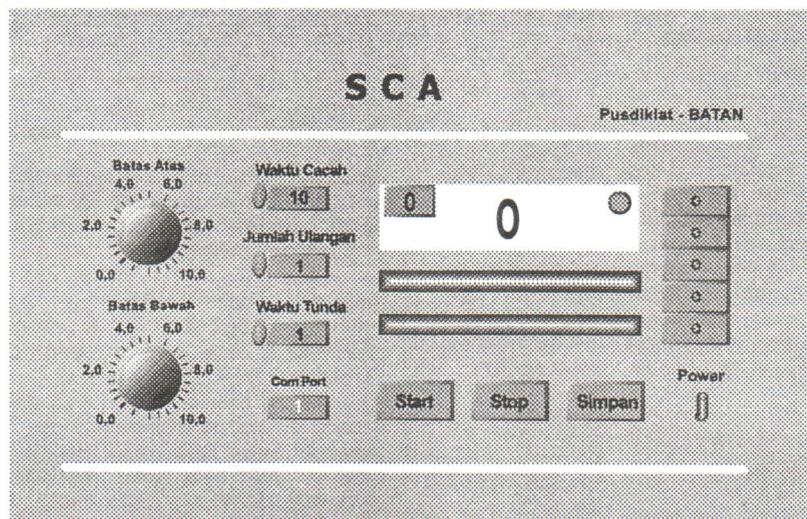
Listing program pengendalian mikrokontroler dengan algoritma tersebut di atas dapat dilihat pada lampiran.

Program Human Interface

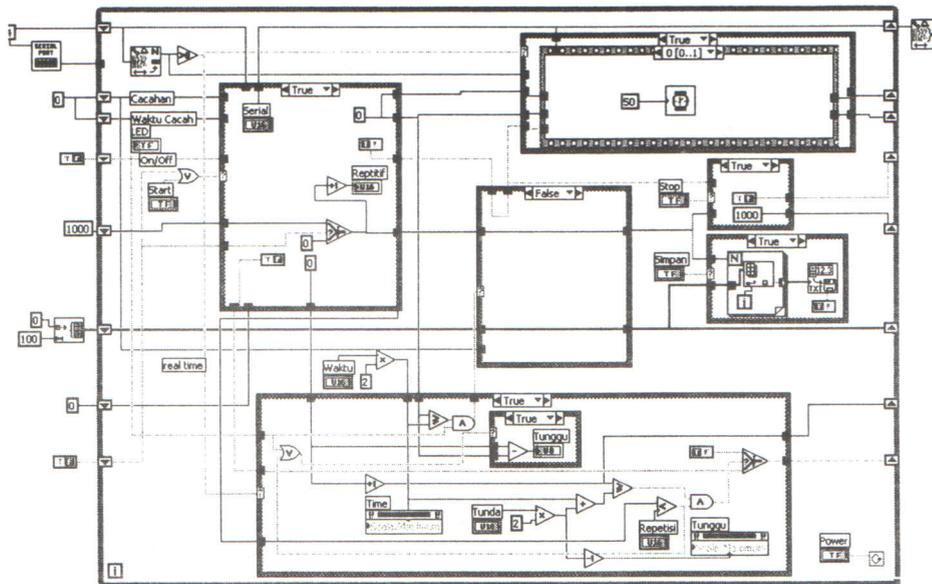
Software yang digunakan untuk menyusun program *Human Interface* adalah LabVIEW produksi perusahaan National Instrument. LabVIEW merupakan bahasa pemrograman yang berbasis grafis dan sangat cocok untuk keperluan pengendalian perangkat keras seperti mikrokontroler.

yang merupakan panel-panel, saklar, lampu, display dan *interface* lain yang digunakan untuk berkomunikasi antara komputer dan operator. Program ini menggunakan semua fasilitas I/O komputer seperti keyboard, mouse, dan monitor. Bagian kedua dari program ini adalah diagram yang merupakan "Isi" dari pemrogramannya sendiri. Kalau dalam bahasa pemrograman konvensional semua perintah dituliskan dalam kata atau kalimat tertentu mengikuti *syntax* bahasa tersebut sedangkan dalam program LabVIEW ini semua perintah dituliskan dalam bentuk gambar (*icon*) tertentu. Setiap *icon* mempunyai arti perintah tertentu, sebagaimana suatu perintah dalam bahasa pemrograman yang lain. Gambar 8 menunjukkan *control panel* dari program *human interface* pada aplikasi sistem pencacah Inl.

Pemrograman menggunakan program ini harus dibedakan atas pemrograman *control panel*



Gambar 8: "control panel" sistem pencacah



Gambar 9: circuit diagram program LabVIEW sistem pencacah

Tabel1: data hasil pencacahan pulsa dengan frekuensi 50 Hz

Sedangkan gambar 9 menunjukkan circuit diagram dari program human interface pada aplikasi sistem pencacah ini.

Program human interface tersebut di atas merupakan program dasar untuk melakukan pencacahan berulang, program ini dapat diubah-ubah disesuaikan dengan keperluan, misalnya untuk penentuan waktu paro nuklida atau untuk percobaan statistika pencacahan.

Pengujian

Seberapa kegiatan pengukuran berulang dilakukan untuk menguji unjuk kerja sistem pencacah berbasis komputer ini. Pengujian pertama adalah pengujian akurasi waktu pencacahan (timing accuracy). Pengujian ini dilakukan dengan mencacah pulsa listrik yang dihasilkan oleh pembangkit pulsa presisi (precision pulser) dengan frekuensi 50 Hz. Data hasil pencacahan disajikan pada tabel berikut.

Waktu (detik)	Cacahan
10	501
20	1003
30	1503
40	2001
60	3000
90	4503
300	15005
600	30006

Dari data pengujian di atas terlihat bahwa "timing accuracy" sistem pencacah ini cukup baik dan layak untuk digunakan dalam aplikasi pencacahan radiasi nuklir.

Pengujian kedua adalah "chi square tes". Metode ini digunakan untuk menguji apakah sekumpulan data random mengikuti distribusi Gauss atau tidak. Karena intensitas radiasi yang dipancarkan oleh sumber radiasi nuklir bersifat random mengikuti distribusi Gauss maka hasil pencacahannya juga harus mengikuti distribusi Gauss. Sila data hasil pengukuran tidak mengikuti distribusi Gauss maka "kestabilan" sistem pencacah tidak baik.

Dalam pengujian ini, sebuah sumber radiasi gamma Cs-137 diukur secara berulang dengan

Tabel 2: data hasil pengukuran berulang

538	544	588	526	584	555	534
556	556	548	526	518	559	513
564	525	583	531	581	541	596
531	573	577	560	544	605	547
561	564	525	516	520	571	565
566	577	537	515	570	534	540
565	577	567	533	558	513	581
554	519	565	546	561	596	583
581	602	578	508	533	547	555
507	524	532	540	556	565	551
586	542	545	601	586	540	
569	538	546	520	601	581	
595	544	552	595	560	583	
565	573	556	515	529	555	
554	546	529	548	536	551	

kondisi yang tidak berubah. Jumlah pengulangan 100 kali, masing-masing diukur selama 60 detik. Data hasil pengukuran disajikan pada tabel 2.

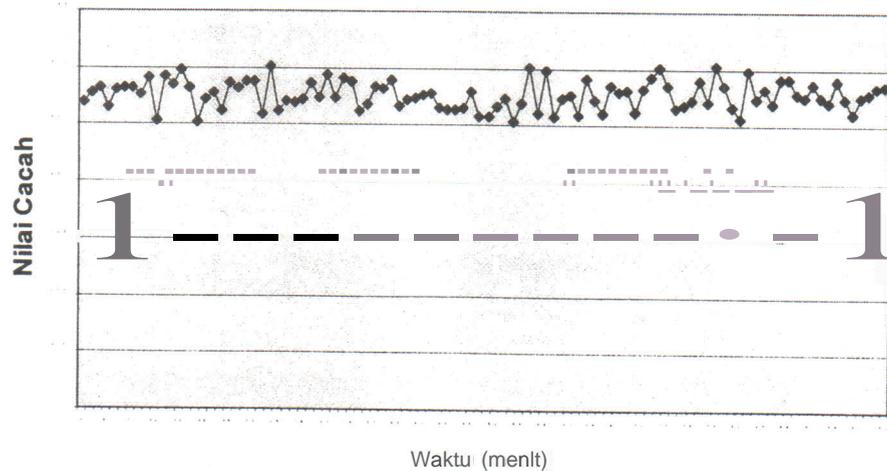
Nilai Chi Square dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (c_i - \bar{c})^2}{\bar{c}}$$

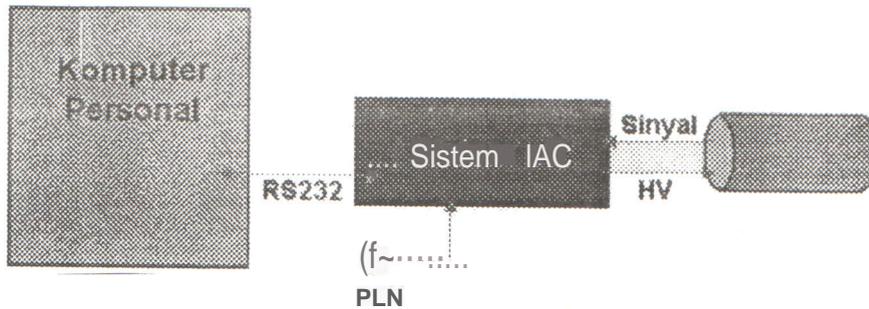
$$\chi^2 = 106,82$$

Berdasarkan tabel Chi Square. 100 data random masih dianggap mengikuti distribusi Gauss bila mempunyai nilai χ^2 antara 82,4 sampai 118,5. Dapat disimpulkan bahwa data pengukuran berulang tersebut di atas mengikuti distribusi Gauss, sehingga kestabilan sistem pencacah dapat diterima.

Data pencacahan berulang tersebut di atas sekaligus dapat digunakan untuk mengamati "kestabilan" hasil pencacahan selama kurun waktu tertentu, dalam hal ini hanya selama 100 menit.



Gambar 0: fluktuasi hasil pencacahan pada waktu yang berbeda



Gambar 11: instalasi perangkat keras sistem pencacah

Pada gambar 10 dapat diamati bahwa fluktuasi nilai hasil pencacahan tidak mempunyai kecenderungan tertentu (naik ataupun turun) sehingga dapat disimpulkan bahwa selama kurun waktu 100 menit sistem pencacah dalam kondisi yang stabil.

PENGOPERASIAN SISTEM PENCACAH

Instalasi Perangkat Keras

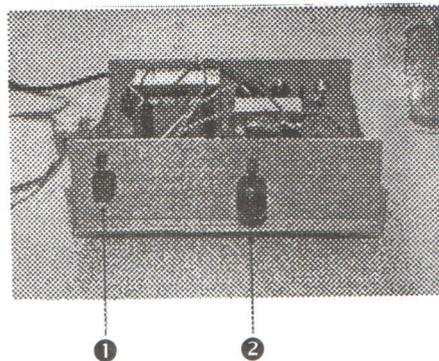
Perangkat keras sistem pencacah berbasis komputer ini terdiri atas penguat utama (amplifier), diskriminator, counter, dan timer serta modul catu daya tegangan tinggi. Untuk menyusun suatu sistem pencacah yang dapat dioperasikan masih dibutuhkan lagi sebuah detektor Nal(Tl) dan sebuah komputer personal. Perlu diperhatikan bahwa detektor Nai(Tl) yang dapat digunakan disini adalah detektor yang tidak dilengkapi pre amplifier pada PMT nya dan

mempunyai tegangan kerja antara 900 - 1.000 Volt, sedangkan komputer personalnya mempunyai komunikasi serial RS 232.

Koneksi perangkat keras untuk menginstalasi sistem pencacah ini adalah sebagaimana gambar 11.

Setelah sistem pencacah diinstalasi seperti gambar 12 maka sistem pencacah dapat dihidupkan dengan prosedur sebagai berikut.

1. Tekan tombol saklar utama O berwarna merah sehingga LED merah di atasnya akan menyala.
2. Putar potensio HV 8 ke kanan, hingga terdengar bunyi klik dan LED kuning di atasnya akan menyala.



Gambar 12: prosedur menghidupkan sistem pencacah

3. Lanjutkan memutar potensio HV r_1 ke kanan perlahan-lahan sampai maksimum.
4. Sistem pencacah siap untuk digunakan.

Untuk mematikan sistem pencacah, ikuti prosedur di atas dengan urutan yang dibalik (langkah 3, 2 dan kemudian 1).

Instalasi Perangkat Lunak

Program aplikasi untuk menjalankan sistem pencacah ini dibuat dengan program LabVIEW versi 6.1 maka, untuk menjalankannya, program *run time* LabVIEW 6.1 harus di *install* terlebih dahulu. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengaktifkan *file* instalasi yang bernama LVRunTimeEng.msi yang terdapat pada CD instalasi.

Setelah program *run time* LabVIEW 6.1 ter *install* maka program aplikasi sistem pencacah dapat diaktifkan. Program aplikasi ini, yang bernama SCA.exe, dapat dijalankan langsung dari CD atau di *copy* terlebih dahulu ke hard-disk.

Front Panel Program Aplikasi

Ketika program aplikasi SCA dijalankan maka setelah beberapa saat (tergantung pada kecepatan komputer yang digunakan) akan muncul *front panel* sebagai mana gambar 13.

Terdapat beberapa fasilitas untuk mengatur *setting* pencacahan, yang dapat diatur baik menggunakan mouse maupun keyboard, dan beberapa fasilitas tampilan yang menunjukkan

hasil dan proses pencacahan.

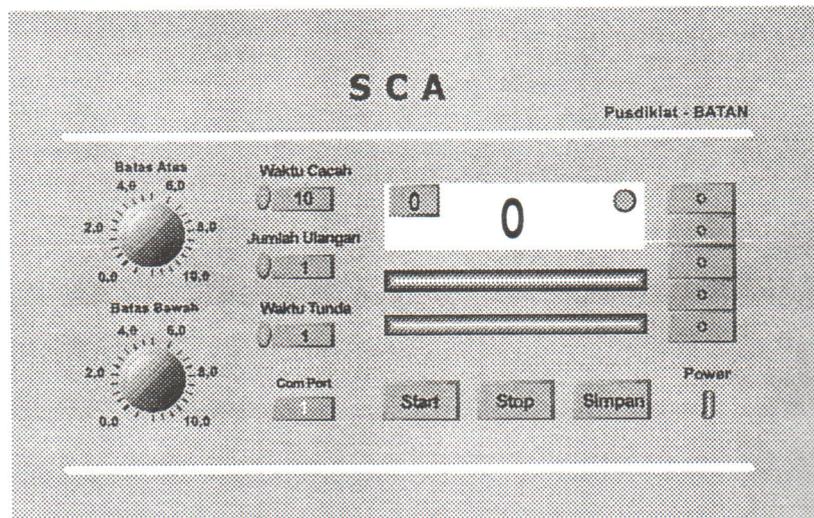
Com Port: adalah tombol untuk menentukan jalur komunikasi serial RS 232 yang digunakan. Tombol ini dapat di "klik" menggunakan mouse, berulang-ulang sampai menemukan nilai yang diinginkan yaitu mulai dari com 1 sampai dengan com 8.

Batas atas dan batas bawah: adalah saklar putar untuk menentukan nilai batas atas dan batas bawah diskriminator. Skalar ini dapat diputar menggunakan mouse sampai ke nilai yang diinginkan. Untuk batas atas dapat dipilih dari 1 sampai dengan 10 Volt sedangkan untuk batas bawah antara 0,5 sampai dengan 9,5 Volt.

Waktu cacah: digunakan untuk mengatur waktu pencacahan dalam satuan detik. Pengaturan dapat dilakukan baik menggunakan mouse, yaitu dengan meng "klik" tombol panah kecil ke atas atau ke bawah, maupun menggunakan keyboard yaitu dengan mengetikkan nilai yang diinginkan dalam kotak nilat.

Jumlah ulangan: digunakan untuk mengatur jumlah pengulangan proses pencacahan. Pengaturan dapat dilakukan baik menggunakan mouse, yaitu dengan meng "klik" tombol panah kecil ke atas atau ke bawah, maupun menggunakan keyboard yaitu dengan mengetikkan nilai yang diinginkan dalam kotak nilai.

Waktu tunda: digunakan untuk mengatur waktu tunda (interval) antara satu pencacahan dengan pencacahan berikutnya dalam satuan detik. Pengaturan dapat dilakukan baik menggunakan mouse, yaitu dengan meng "klik" tombol panah



Gambar 13: tampilan *front panel* sistem pencacah

kecil ke atas atau ke bawah, maupun menggunakan keyboard yaitu dengan mengetikkan nilai yang diinginkan.

Start: adalah tombol untuk memulai proses pencacahan, baik pencacahan tunggal maupun pencacahan berulang.

Stop: adalah tombol untuk menghentikan proses pencacahan secara manual, baik pencacahan tunggal maupun pencacahan berulang.

Simpan: adalah tombol untuk menyimpan data hasil pencacahan ke dalam file komputer. Tombol ini hanya dapat diaktifkan ketika proses pencacahan dalam keadaan berhenti.

Power: adalah saklar untuk mematikan program aplikasi pencacahan.

Fasilitas tampilan terdiri atas tampilan nilai cacahan, tampilan waktu jalan pencacahan (elapsed counting time), tampilan waktu tunggu, dan tampilan nilai 5 pencacahan terakhir.

DAFTAR PUSTAKA

1. National Instruments, LabVIEW user manual, 2000
2. Cypress, Fz-USB Technical Reference Manual, 2000
3. Atmel, AT89C51 Datasheet, 1998.

PENUTUP

Sistem pencacah berbasis komputer yang dibuat dalam usulan kegiatan (UsKeg) ini dapat digunakan untuk melakukan pencacahan radiasi menggunakan detektor NaI(Tl), baik pencacahan tunggal maupun pencacahan berulang.

Sistem pencacah ini dapat digunakan untuk menggantikan sistem pencacah konvensional, dengan performa teknis yang tidak berbeda tetapi dengan beberapa *option* kemudahan yang lebih baik, seperti pengaturan pencacahan berulang secara otomatis dan penyimpanan hasil pencacahan ke dalam file. Selain itu, pengaturan atau *setting* parameter pencacahan dapat dilakukan secara *user friendly*.

Untuk menjamin kualitas unjuk kerjanya, maka sistem pencacah ini perlu diuji lebih lanjut mengikuti prosedur standar pengujian instrumentasi nuklir.

Lampiran

Listing Program Pengendalian Mikrokontroler

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "E:\My Experiments\Inc\DT52.h"

WORD Cacahan = 0;
BYTE Tik, Cek;
BYTE BatasAtas = 255, BatasBawah = 10;

void SetTimer0(void)
(
    TMOD |= 0x05;           IITimer0 sbg counter 16 bit, gate internal
    TH0 = TLO = 0x00;      Iireset nilai counter
    TR0 = 1;               IISTart counter0
)

void SetTimer2(void)
(
    T2CON = 0x00;         IITimer2 sbg timer 16 bit, gate internal, auto reload
    TH2 = RCAP2H = HIBYTE(-61440); Ilkristal 11.0592 MHz dengan
                                internal 1/12 clock
    TL2 = RCAP2L = LOBYTE(-61440); Iinilai awal 61440 akan
                                overflow 1115 detik
    EA = 1;               II enable semua Interrupts
    ET2 = 1;              II enable interrupt timer2
    TR2 = 1;              II Start timer2
)

void SetSerial (void)
(
    SCON = 0x52;          IIUART 8 bit dengan baud rate timer1
    TMOD |= 0x20;        IITimer1 sbg baudrate generator, 8 bit
                        reload (mode 2)
    TH1 = 0xfd;          Ilkristal 11.0592 Mhz: 0xfd = 9600
                        BaudRate
    TR1 = 1;             Iistart timer1
)

void detik (void) interrupt 5 using 1 IInterrupt timer 2, prioritas 1
(
    TF2 = 0;             Iireset flag timer0
    Tik++;               Ilincrement variabel tik

    if (Tik == 3)       I1200 mili detik tercapai
    {
        Tik = 0;
        Cacahan = (TH0 << 8) | TL0; IIBaca Counter 0 ke variabel
                                Cacahan
        printf ("%d", Cacahan); IIKirim nilai cacahan ke RS232
    }
)

void AmbilBatasAtas (void)
(
    char Nilai[3];
    BYTE Indeks = 0;

    TR0 = TR2 = 1;      IIHentikan sementara timer2 dan counter0
    TH0 = TLO = 0x00;   Iireset nilai counter
    while (Cek != 13) && (Indeks < 3) Iitunggu "enter" atau mencapai 3
)

```

angka

```

    {
        Cek = _getkey();
        Nilai[Indeks] = Cek;
        Indeks++;
    }
    BatasAtas = atoi (Nilai);
    PORTA = BatasAtas; //PORTA ke DAC2 sebagai nilai batas atas
    TRO = TR2 = 1; //Start lagi timer2 dan counter0
}

void AmbilBatasBawah (void)
{
    char Nilai [3];
    BYTE Indeks = 0;

    TRO = TR2 = 1; //Hentikan sementara timer2 dan counter0
    THO = TLO = 0x00; //reset nilai counter
    while ((Cek != 13) && (Indeks < 3)) //tunggu "enter" atau mencapai 3
        angka
    {
        Cek = _getkey();
        Nilai[Indeks] = Cek;
        Indeks++;
    }
    BatasBawah = atoi (Nilai);
    PORTB = BatasBawah; //PORTB ke DAC1 sebagai nilai batas bawah
    TRO = TR2 = 1; //Start lagi timer2 dan counter0
}

void main (void)
{
    SetSerial();
    SetTimer0();
    SetTimer2();
    PORTCFG = 0x80; //IKonfigurasi PPI 8255
    PORTA = BatasAtas; //IPORTA ke DAC2 sebagai nilai batas atas
    PORTB = BatasBawah; //IIPORTB ke DAC1 sbg nilai batas bawah

    while (1)
    {
        if (RI == 1)
        {
            Cek = _getkey ();
            if (Cek == 74) AmbilBatasBawah(); // ILL untuk
                mengambil dan kirim Batas Bawah ke DAC1
            if (Cek == 85) AmbilBatasAtas(); // IIU untuk
                mengambil dan kirim Batas Atas ke DAC2
        }
    }
}

```