

PERANCANGAN PERANGKAT KERAS ANTARMUKA UNTUK PENGANALISIS KANAL GANDA SPEKTRUM ENERGI γ YANG DIKENDALIKAN OLEH KOMPUTER IBM - PC

Didi Gayani*, Lely Y*, Budiono*, Kan Hermawan Kanadi**
*Pusat Penelitian Teknik Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional
**Institut Teknologi Bandung

ABSTRAK

PERANCANGAN PERANGKAT KERAS ANTARMUKA UNTUK PENGANALISIS KANAL GANDA SPEKTRUM ENERGI γ YANG DIKENDALIKAN OLEH KOMPUTER IBM - PC. Telah dibuat perangkat keras antarmuka untuk penganalisis kanal ganda beserta perangkat lunak untuk mengoperasikannya. Perangkat keras menerima pulsa pulsa masukan dari peregang pulsa (pulse stretcher), sedangkan peregang pulsa tersebut mendapat masukan dari penguat pulsa spektroskopi γ . Komponen AD 574 digunakan sebagai pengubah data analog menjadi digital dari pulsa yang berasal dari peregang pulsa. Karena waktu konversi dari komponen tersebut sebesar 25 mikrosekon, maka diusahakan lebar peregangan pulsa dari masukan yang dikonversi sebesar 100 mikrosekon untuk memenuhi waktu perubahan yang dibutuhkan ADC ditambah waktu untuk penyimpanan data hasil konversi. Perangkat lunak dibuat dengan bahasa Pascal dan bahasa rakitan 8088 (assembly). Pengujian perangkat keras beserta perangkat lunaknya dilakukan dengan mengukur sumber radiasi standar seperti Na²², Co⁶⁰ dan Cs¹³⁷. Dari hasil pengujian setelah melalui proses pengolahan data cacahan, sistem tersebut dapat memberikan gambaran spektrum yang cukup baik yang dinyatakan dengan timbulnya puncak puncak yang sesuai.

ABSTRACT

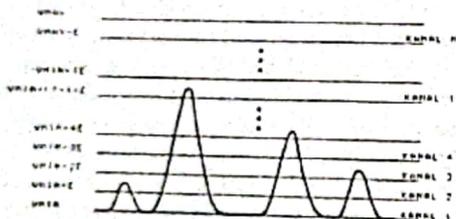
DESIGN OF CIRCUIT FOR γ SPECTRUM ANALYZER IN FORM OF INTERFACE CARD BEING CONTROLLED BY IBM-PC. Gamma spectrum analyzer in form interface card attached to the IBM-PC was developed, including the operation software. The circuit receives the pulse signal from the output of pulse stretcher, while the pulse stretcher itself receives the input signal from the output of spectroscopy amplifier. AD 574 is used to convert the analog signal coming from the output of pulse stretcher to the digital signal. Due to the conversion time of ADC being 25 microseconds, the pulse width pulse stretcher's output is widened up to 100 microseconds in order to cover the conversion time of ADC and the time for processing the data. The software's are developed in assembly language of 8088 and high level language of Pascal. The evaluation of all system's are performed by measuring the standard radiation sample such as Na²², Co⁶⁰, Cs¹³⁷. From the results of measurement after processing the data, the system can display well enough spectrums with the appearance of related peaks of the standard sample.

PENDAHULUAN

Salah satu peralatan untuk memperoleh spektrum energi foton sinar γ adalah penganalisis multikanal atau Multichannel Analyzer (MCA). Peralatan ini dibentuk dari beberapa bagian yaitu bagian pengkondisi sinyal yang terdiri dari detektor, tegangan tinggi, penguat awal dan penguat pulsa yang pada intinya untuk menghasilkan kondisi pulsa akhir yang dibentuk oleh hasil interaksi foton sinar γ dengan material detektor sedangkan bagian lainnya adalah pengakuisisi data sinyal yang pada intinya mengambil data yang berasal dari penguat pulsa kemudian menganalisisnya berdasarkan banyaknya pulsa pada masing-masing ketinggian

an pulsa. Pada akhirnya data tersebut dapat digambarkan kembali dalam bentuk spektrum tinggi pulsa sehingga melalui spektrum tersebut dapat kita identifikasi bahan yang diukur. Dalam kesempatan ini dibahas perancangan dan pembuatan rangkaian pengakuisisi data untuk maksud tersebut di atas dalam bentuk suatu kartu antarmuka yang dipasangkan pada slot IBM-PC. Rangkaian ini menggunakan komponen pengubah analog ke digital ADC 574 yang mempunyai resolusi 12 bit sehingga banyak kanal yang dimungkinkan pada sistem tersebut adalah 4096 dan maksimum cacahan yang dapat terhitung pada tiap kanal adalah 65535,

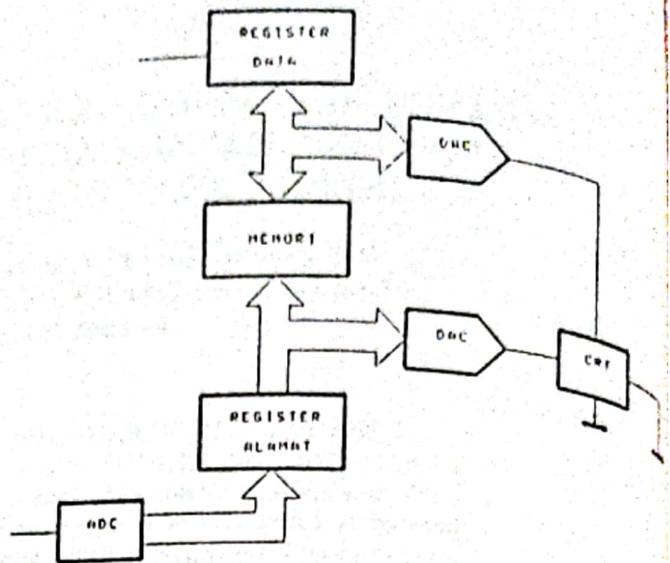
dengan jangkauan pulsa masuk-an dari 0 - 10 volt berasal dari suatu peregang pulsa (pulse stretcher). Rangkaian ini berbentuk kartu (card) dan operasinya dikontrol oleh IBM-PC dalam mode interupsi sehingga memungkinkan waktu akuisisi yang dibutuhkan seminimum mungkin untuk setiap pulsa yang datang. Hal ini dilaksanakan dengan penggunaan suatu komparator yang mendeteksi saat kedatangan pulsa serta penggunaan monostabil untuk menyulutkan sinyal interupsi kepada prosesor IBM-PC mana kala waktu konversi ADC selesai. Sedangkan waktu selang pencacahan diatur melalui program dengan penggunaan komponen Intel 8253. Pengujian rangkaian ini dilaksanakan dengan mencoba menganalisis sinyal tunggal dari suatu generator pulsa, setelah itu pengujian dengan sinyal-sinyal dari sumber yang masih membutuhkan perangkat lunak yang lebih kompleks. Gambar 1 memperlihatkan diagram pulsa dengan ketinggian pulsa diurutkan dalam kanal. Penentuan ketinggian pulsa dalam urutan kanal dan jumlah pulsanya dilakukan secara simultan dalam alat penganalisis multikanal (MCA). Gambar 2 memperlihatkan diagram blok MCA yang disederhanakan.



Gambar 1. Diagram pulsa dikelompokkan dengan N kanal

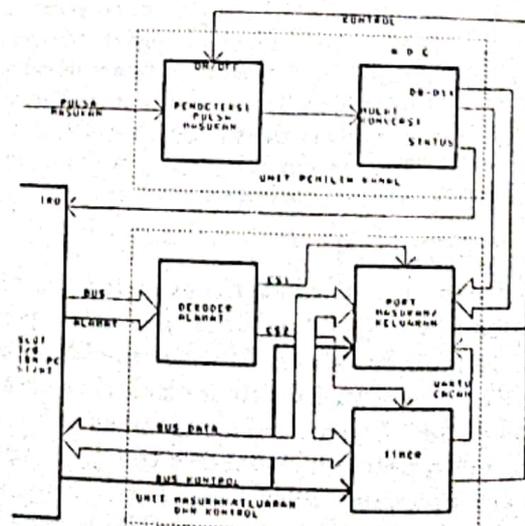
BAHAN DAN TATA KERJA

Berpedoman pada Gambar 2 mengenai diagram blok MCA yang disederhanakan, maka untuk memanfaatkan komputer mikro IBM-PC hanya blok ADC yang belum ada dalam IBM-PC. Sebagai memori digunakan RAM komputer dan sebagai register alamat serta register data dapat digunakan register dalam prosesor IBM-PC. Sebagai bagian tampilan digunakan layar monitor komputer. Masalah kedua adalah sinkronisasi kedatangan pulsa masuk dengan



Gambar 2. Diagram blok MCA yang disederhanakan

pengkonversian oleh ADC, karena waktu kedatangan pulsa acak. Untuk hal ini, ADC dirancang agar hanya akan melakukan proses konversi bila ada pulsa masukan. Kemudian ADC harus menginterupsi komputer untuk membaca data pada ADC bila proses konversi data telah selesai. Gambar 3 adalah diagram blok dari rangkaian pengakuisisi.



Gambar 3. Diagram blok dari rangkaian pengakuisisi

Unit pemilih kanal berfungsi untuk menentukan kanal yang sesuai dengan amplituda pulsa masukan. Unit masukan/keluaran dan kontrol berfungsi menjembatani unit pemilih kanal dengan IBM-PC XT. Melalui unit ini data dari unit pemilih kanal dibaca oleh IBM-PC XT. Selain itu unit pemilih kanal juga dapat menghubungi IBM-PC XT langsung dengan sinyal interupsi. Cara kerja sistem secara global direncanakan adalah setiap kali datang pulsa masukan, unit pemilih kanal akan bekerja menentukan nomor kanal yang sesuai. Hal ini dilakukan oleh pendeteksi pulsa masukan yang membangkitkan sinyal mulai konversi (start conversion) kepada ADC setiap kali datang pulsa masukan. Selama ADC melakukan konversi, pulsa yang datang atau sinyal mulai yang diterima tidak akan dihiraukan. Segera setelah nomor kanal ditentukan, unit pemilih kanal akan menginterupsi prosesor IBM-PC XT melalui sinyal status atau akhir konversi (end of conversion) untuk membaca nomor kanal, kemudian menambah satu isi kanal yang bersangkutan. Demikian proses di atas berulang sampai waktu pencacahan yang diatur oleh sebuah pengala (timer) habis. Selama prosesor melaksa-

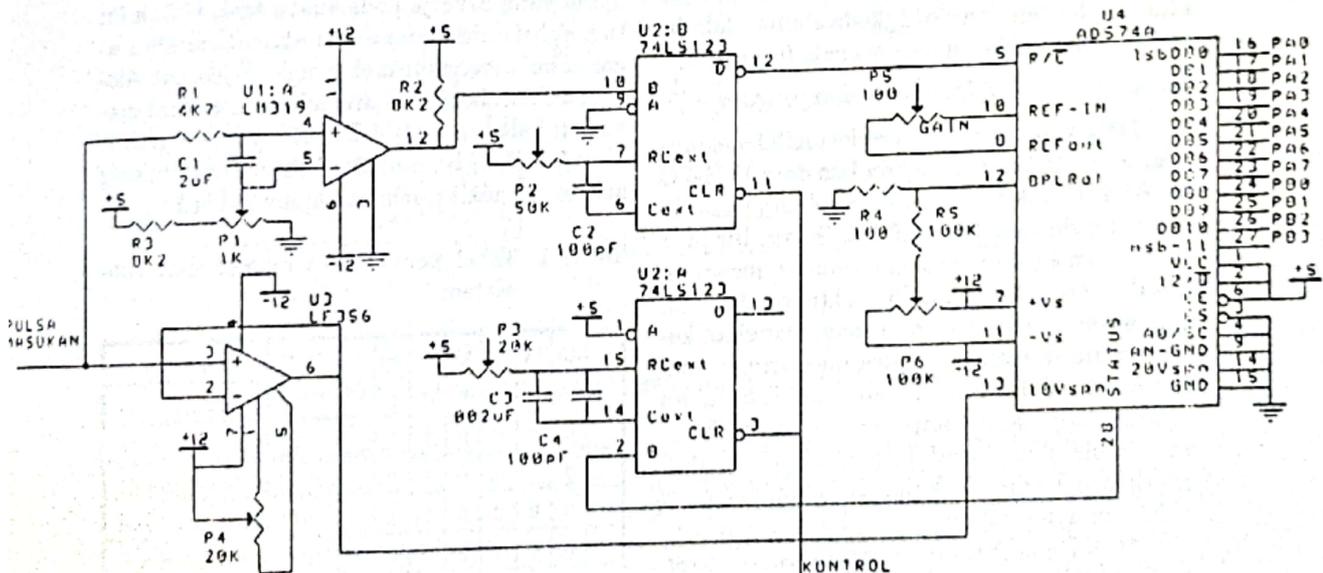
sinyal kontrol yang berasal dari labuhan masukan/keluaran (I/O Port). Selain oleh labuhan masukan/keluaran, pendeteksi pulsa masukan dapat dimatikan oleh pengala, bila pencacahan telah selesai.

Unit pemilih kanal

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 3 unit pemilih kanal terdiri dari pendeteksi pulsa masukan dan pengubah analog ke digital (ADC).

Pengubah analog ke digital

Pengubahan analog ke digital dilaksanakan dengan menggunakan komponen ADC 574. ADC ini mempunyai resolusi 12 bit dengan waktu konversi sebesar 25 mikrosekond. Waktu konversi ini berhubungan dengan waktu mati (dead time), yaitu waktu yang diperlukan MCA untuk memproses pulsa masukan. Selama memproses sebuah pulsa masukan, pulsa yang datang berikutnya tidak diproses. Besar dead time selain ditentukan oleh waktu konversi ADC, juga ditambah dengan waktu untuk membaca data pada ADC dan menambah satu isi kanal yang ditunjukkan oleh data tersebut. Gambar 4 memperlihatkan rangkaian pengubah analog ke digital.



Gambar 4 Rangkaian perubah analog ke digital

nakan rutin pelayanan interupsi ini, pulsa masukan yang datang juga tidak akan diproses unit pemilih kanal. Hal ini dilakukan dengan mematikan pendeteksi pulsa masukan melalui

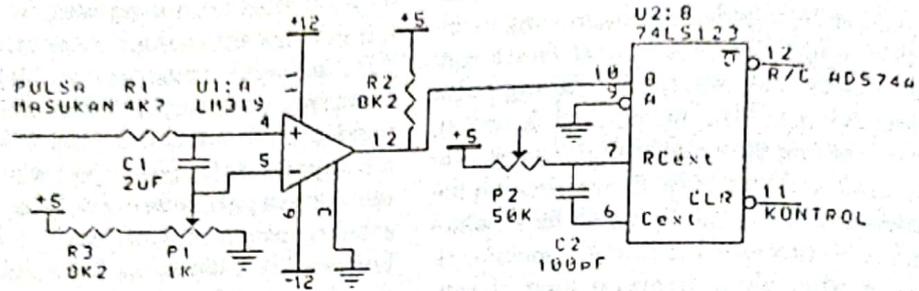
Pendeteksi pulsa masukan

Sinyal mulai konversi (start conversion) diberikan ke pin R/C ADC setiap kali ada pulsa masukan. Untuk ini diperlukan rangkaian yang

mendeteksi pulsa masukan, kemudian membangkitkan sinyal mulai konversi yang berupa pulsa aktif rendah (low) dengan lebar 1 mikro-sekon. Hal ini direalisasikan dengan penggunaan sebuah komparator LM319 dan sebuah monostabil 74LS123. Gambar 5 memperlihatkan rangkaian pendeteksi pulsa masukan.

pencacah yang dihubungkan kaskade, sehingga keluaran dari pencacah pertama menjadi masukan bagi pencacah kedua. Masukan bagi pencacah pertama adalah sinyal denyut 1 MHz yang dibangkitkan dari rangkaian pembangkit denyut.

Pengkode alamat



Gambar 5. Rangkaian pendeteksi pulsa masukan

Unit Masukan/Keluaran dan Kendali

Unit masukan/keluaran dan kendali terdiri atas tiga bagian yaitu pengkode alamat, labuhan masukan/keluaran dan pengala (timer).

Labuhan masukan/keluaran dan pengala

Data yang harus dibaca dari ADC mempunyai lebar 12 bit, sedangkan bus data IBM-PC XT 8 bit. Untuk ini diperlukan sebuah labuhan masukan dengan lebar 12 bit. Selain itu juga diperlukan satu bit sebagai labuhan masukan untuk memeriksa apakah waktu pencacahan sudah selesai dan satu bit sebagai labuhan keluaran untuk menutup pulsa masukan selama pembacaan data. Untuk memenuhi kebutuhan di atas digunakan komponen PPI 8255 (Programmable Peripheral Interface). Gambar 6 memperlihatkan rangkaian labuhan masukan/keluaran dan pengala.

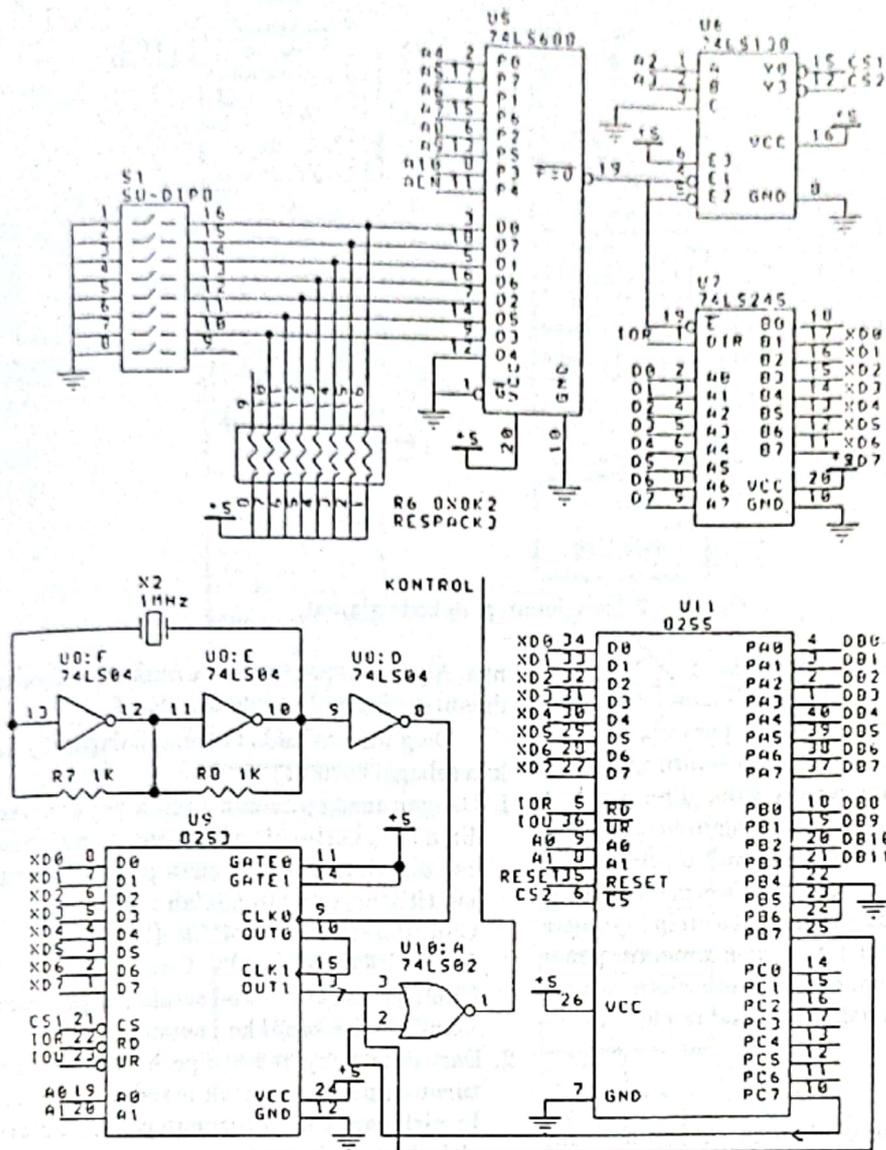
Untuk mengatur lama pencacahan diperlukan sebuah pengala yang teliti. Dalam hal ini digunakan komponen PIT 8253 (Programmable Interval Timer/Counter) produksi Intel yang kompatibel dengan IBM-PC XT. Komponen ini terdiri dari 3 buah pencacah (counter) 16 bit yang masing masing bebas dapat diprogram sebagai fungsi pencacahan atau pewaktuan. Rangkaian pengala ini menggunakan 2 buah

Pengkode alamat menentukan subsistem mana yang bekerja pada suatu saat. Untuk ini tiap subsistem mempunyai alamat tertentu agar dapat dibedakan oleh pengkode alamat. Alokasi alamat berpedoman pada peta alamat masukan/keluaran IBM-PC XT yang standar. Untuk sistem ini alamat logik masing masing subsistem adalah sebagai dalam Tabel 1.

Tabel 1. Tabel pengkodean alamat dari subsistem

A5	A4	A3	A2	A1	A0	HEX	Komponen
0	0	0	0	0	0	00	8253 Counter #0
0	0	0	0	0	1	01	8253 Counter #1
0	0	0	0	1	0	02	8253 Counter #2
0	0	0	0	1	1	03	8253 Mode Word
0	0	1	1	0	0	0C	8255 Port A
0	0	1	1	0	1	0D	8255 Port B
0	0	1	1	1	0	0E	8255 Port C
0	0	1	1	1	1	0F	8255 - Control

Sebagai alamat dasar A9 - A6 dipilih 1111, sehingga bila digabungkan dengan alamat logik



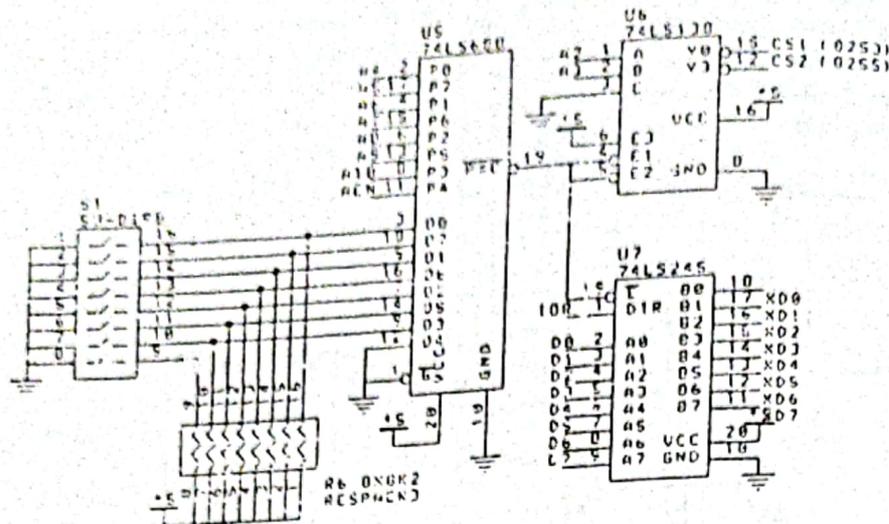
Gambar 6. Rangkaian labuhan masukan/keluaran dan pengala

di atas, maka alamat sesungguhnya untuk masing-masing subsistem adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Tabel alamat dan fungsi

Alamat	Komponen	Fungsi
H3C0 - H3C3	8283	Pengala
H3CC - H3CF	8255	Labuhan masukan/keluaran

Pengkode alamat ini terdiri atas 3 komponen utama yaitu saklar DIP 8 pin, komparator 8 bit 74LS688 dan dekoder 74LS138. Alamat A4 - A10 dan AEN akan dibandingkan dengan posisi saklar DIP, bila sesuai maka komparator akan mengaktifkan dekoder 74LS138 yang menghasilkan sinyal pemilih (chip select) ke 8253 atau 8255 berdasarkan status A3 dan A2 yang diterima 74LS138. Gambar 7 memperlihatkan rangkaian pengkode alamat.



Gambar 7. Rangkaian pengkode alamat.

Perangkat lunak kendali rangkaian

Perangkat lunak diperlukan untuk mengendalikan kerja rangkaian perangkat keras, yaitu melakukan pencacahan secara serempak multikanal dalam waktu yang direncanakan dan hasil cacahan disimpan dalam suatu memori RAM. Setelah itu apabila waktu pencacahan selesai maka data cacahan dalam memori RAM disimpan pada suatu berkas arsip (file) agar dapat diolah lebih lanjut oleh program peng analisis spektrum γ . Fungsi pencacahan ini direalisasikan dalam bahasa tingkat rendah *assembly*.

Pencacahan

Seperti dikemukakan dalam perencanaan perangkat keras, pembacaan data baru menggunakan fasilitas interupsi perangkat keras yang tersedia pada IBM-PC XT. Setiap kali selesai mengkonversikan tinggi pulsa masukan menjadi nomor kanal, ADC akan membangkitkan sebuah sinyal interupsi ke prosesor. Prosesor akan menangguhkan dahulu pekerjaan yang sedang dilaksanakannya dan akan menangani permintaan interupsi ini, yang berisi program pembacaan data dari ADC. Untuk memaksimalkan kecepatan pembacaan data, maka prosedur pembacaan data ditulis dalam bahasa *assembly*. Algoritma prosedur ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 8.

Perangkat lunak pengolah data

Prosedur analisis digunakan untuk mengolah data cacahan sehingga dapat menentukan letak puncak, menghitung luas serta resolusi-

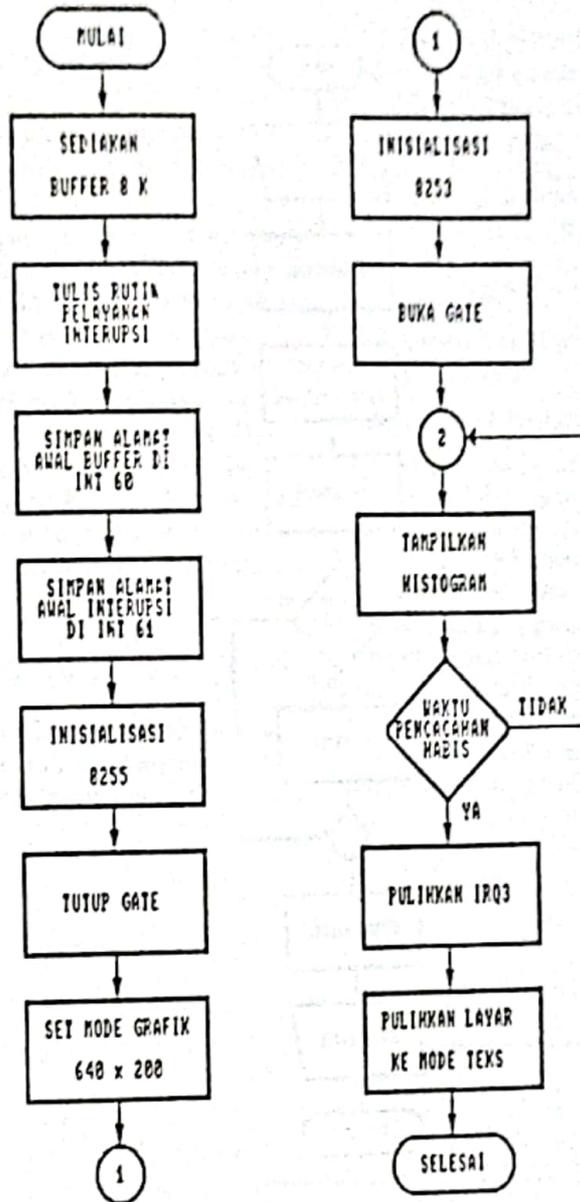
nya. Algoritma pencarian puncak digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 9.

Diagram alir pada Gambar 9 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan teknik penghalusan lima titik berturut-turut data cacahan tiap kanal diperhalus. Persamaan penghalusan lima titik berturut-turut adalah :

$$Chn^s[i] = (Chn[i-2] + 4*Chn[i-1] + 6*Chn[i] + 4*Chn[i+1] + Chn[i+2])/16$$
 $Chn^s[i]$ = isi kanal ke-i setelah diperhalus,
 $Chn[i]$ = isi kanal ke-i semula
2. Dari data yang telah diperhalus, dihitung turunan pertama untuk mendapatkan pola kemiringan. Harga turunan pertama diperoleh dengan persamaan :

$$Chn'[i] = (-2*Chn^s[i-2] - Chn^s[i-1] + Chn^s[i+1] + 2*Chn^s[i+2])/10$$
 $Chn'[i]$ = turunan pertama isi kanal ke-i.
 Dalam Gambar 10 diperlihatkan contoh pola turunan pertama dari sebuah histogram tinggi pulsa.
3. Dari pola turunan pertama dapat dilakukan pengujian untuk menentukan sebuah puncak. Harga $Chn'[i]$ di daerah puncak memiliki pola yang dapat menuntun pencarian lokasi puncak. Pada awal puncak $Chn'[i]$ berharga positif dan akan mengalami kenaikan. Di daerah sekitar puncak $Chn'[i]$ akan menurun hingga menjadi negatif setelah melewati puncak tersebut. $Chn'[i]$ akan kembali nol di sekitar puncak sebelah kanan. Nomor kanal awal terjadinya puncak dicatat sebagai awal dan kanal akhir dari



Gambar 8. Diagram alir pencacahan.

puncak tersebut dicatat sebagai akhir. Nomor kanal puncak ditentukan dengan mencari kanal yang mempunyai cacahan terbesar di daerah itu.

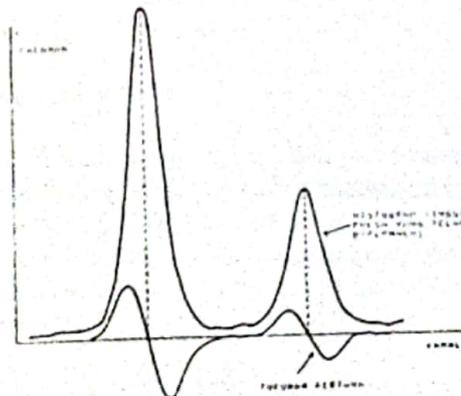
Setelah lokasi puncak ditentukan dapat dihitung luas total, luas bersih, dan luas latar belakang. Perhatikan Gambar 11.

$$\text{Luas total: } G = \sum_{i=\text{awal}+1}^{\text{akhir}-1} \text{Chn}[i]$$

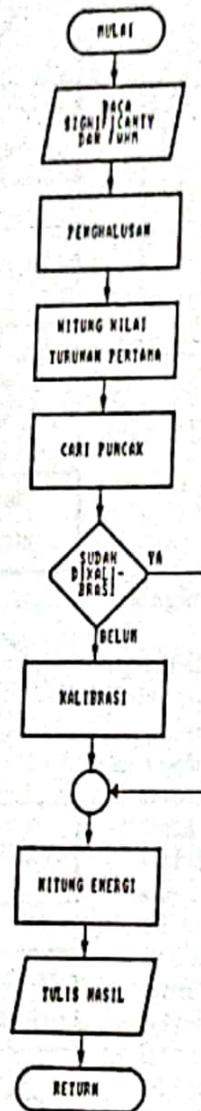
$$\text{Luas latar belakang: } B = 0,5 \times W \times (\text{Chn}[\text{awal}] + \text{Chn}[\text{akhir}])$$

$$\text{Lebar puncak: } W = \text{akhir} - \text{awal} - 1$$

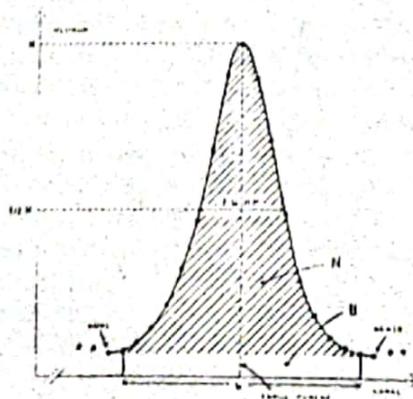
$$\text{Luas bersih: } N = G - B$$



Gambar 10. Pola turunan pertama sebuah histogram



Gambar 9. Diagram alir analisis histogram tinggi pulsa



Gambar 11. Perhitungan puncak

Kesalahan statistik dalam pencacahan mengakibatkan ada banyak pola yang memenuhi kriteria puncak, walaupun sebenarnya puncak. Puncak yang sebenarnya mempunyai besar tertentu yang dengan jelas dapat dikenali oleh pengamat, tetapi untuk komputer perlu diberikan kriteria yang jelas untuk menentukan sebuah puncak. Komputer akan menentukan sebuah puncak berdasarkan dua kriteria masukan dari pemakai, yaitu *significantly* dan FWHM (Full Width at Half Maximum).

Significantly secara kasar dapat diartikan sebagai ukuran besar sebuah puncak dan dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini.

$$\text{Significantly} : S = \frac{N_{AW}}{\sqrt{G_{AW}}}$$

Biasanya kriteria *significantly* yang diberikan oleh pemakai berkisar antara 1 sampai sembilan.

Hanya puncak yang memiliki *significantly* lebih besar atau sama dengan kriteria *significantly* yang diberikan pemakai yang akan dianggap sebagai puncak yang sebenarnya.

FWHM adalah ukuran lebar puncak pada harga setengah dari maksimumnya, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 11 Hanya puncak yang mempunyai FWHM lebih kecil atau sama dengan kriteria FWHM dari pemakai yang akan dianggap sebagai puncak sebenarnya. Perhitungan resolusi puncak ditentukan dengan persamaan :

$$\text{Resolusi [\%]} = \frac{\text{FWHM}}{\text{nomor kanal puncak}} \times 100$$

Informasi tentang kanal puncak dari sebuah spektrum dapat dikonversikan menjadi besaran energi bila peralatan penganalisis ter-

variabel ini diperoleh dengan pencahahan terhadap sumber standar yang telah diketahui besar energinya. Persamaan yang digunakan untuk menghitung A dan B adalah :

$$A = \frac{n \sum (X_i Y_i) - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$B = Y - A X$$

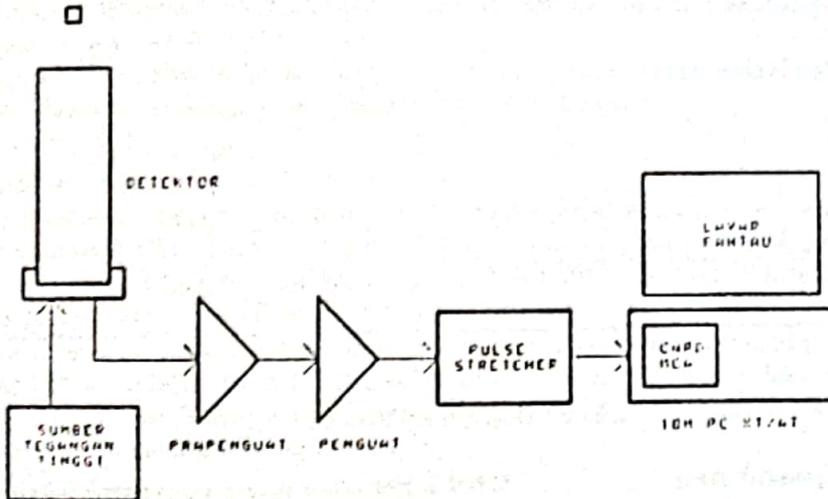
X_i = nomor kanal puncak ke i

Y_i = energi ke i

HASIL DAN DISKUSI

Unjuk kerja peralatan yang dibuat, diuji pertama kali dengan melakukan pengukuran di laboratorium dengan generator pulsa untuk membuktikan bahwa suatu tinggi pulsa dengan amplituda tertentu akan jatuh tercah pada kanal kanal pengukuran yang sebanding. Setelah pengujian tersebut dianggap telah memadai maka dilakukan pengukuran spektroskopi γ dengan sumber radiasi γ standar. Pengujian terakhir melibatkan alat alat penunjang seperti diperlihatkan pada Gambar 12. Sedangkan ben-

SUMBER RADIASI



Gambar 12. Diagram blok konfigurasi percobaan.

sebut telah dikalibrasi. Kalibrasi energi adalah adalah perhitungan matematis untuk menentukan hubungan antara energi dan nomor kanal. Hubungan ini didekati oleh garis lurus yang diturunkan dengan metode kuadrat terkecil. Bentuk persamaan yang diperoleh adalah:

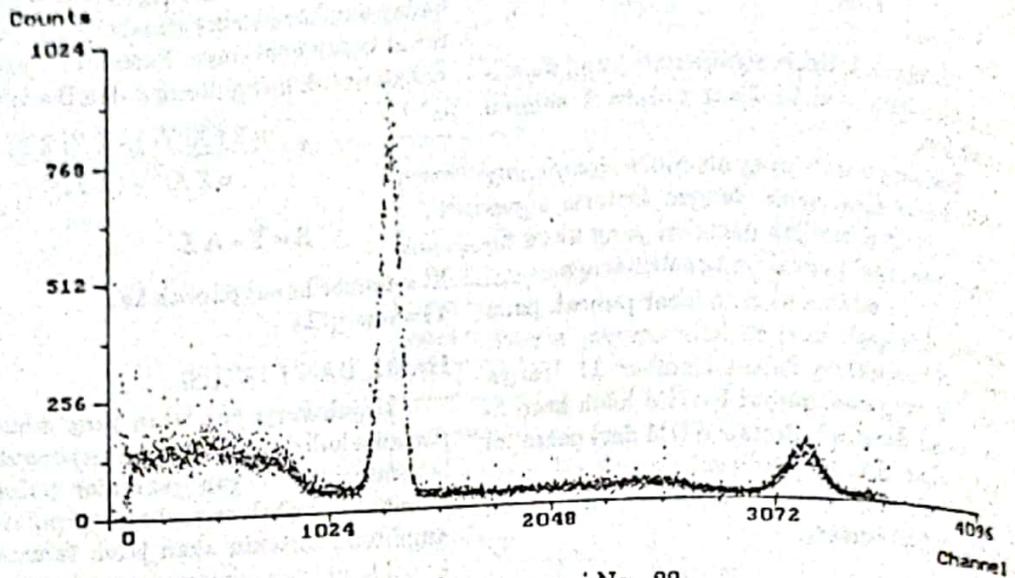
$$\text{Energi} = A X \text{ nomor kanal} + B$$

Untuk menentukan nilai konstanta A dan B diperlukan beberapa harga energi dan nomor kanal puncak (minimum tiga pasang). Variabel

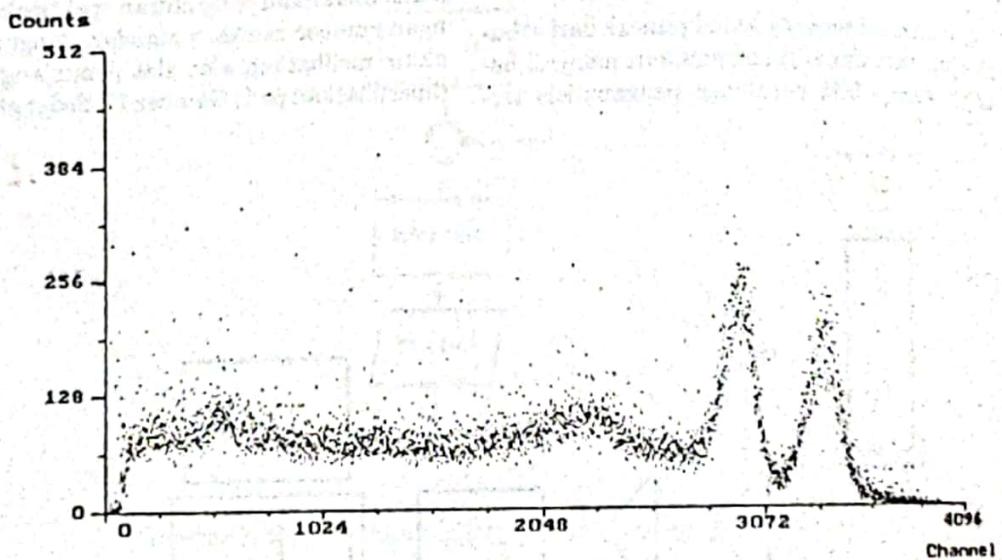
tuk spektrum yang ditampilkan pada monitor untuk masing masing sumber standar ditampilkan pada Gambar 13 dan 14.

Analisis yang dilakukan terhadap data hasil percobaan ditunjukkan dalam Tabel 2. Masukan *significantly* dan FWHM adalah 5 dan 200.

Apabila nomor kanal puncak hasil percobaan serta energi sebenarnya dari tabel radio-nuklida standar dimasukkan ke program kali-



Gambar 13. Spektrum energi Na - 22



Gambar 14. Spektrum energi Co - 60

Tabel 2. Hasil pengukuran

	Kanal puncak	Luas bersih	Luas LtrBlk	FWHM (%)	Resolusi
Na-22	1315	80635	13878	110	8,305
	3200	18359	4939	185	5,781
Cs-137	1689	105815	6534	123	7,282
	3342	34743	6005	192	5,745

Tabel 3. Perbandingan energi perolehan dengan energi seharusnya

Sumber	Kanal puncak (keV)	Energi perolehan ((keV)	Energi seharusnya (keV)	Kesalahan (%)
Na-22	1315	510,631	511,000	0,072
	3200	1275,102	1274,4511	0,048
Cs-137	1689	662,308	661,638	0,101
	3342	1332,690	1332,404	0,017

brasi, maka diperoleh persamaan hubungan energi dengan nomor kanal sebagai berikut :

$$\text{Energi} = 0,40555 \times \text{nomor kanal} - 2,26742 \text{ (KeV)}$$

Persamaan tersebut di atas kemudian dipergunakan lagi untuk menghitung kembali energi puncak standar tadi. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 3.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian rangkaian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Peralatan yang dibuat dapat memberikan gambaran spektrum energi dari bahan standar yang diukur.

2. Hasil analisis melalui pengolahan perangkat lunak dapat memberikan informasi kualitatif yang cukup, namun belum cukup baik untuk informasi kuantitas seperti pengukuran aktivitas, waktu paruh dll.

3. Penggunaan komponen ADC yang lebih cepat akan memperbaiki unjuk kerja rangkaian tersebut karena akan memperkecil *dead time*, sehingga memungkinkan pengambilan data dengan intensitas yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nicholson, P.W., Nuclear Electronics. John Wiley & Son, London (1979).
2. Eggebrecht, Lewis, C., Interfacing to the IBM Personal Computer, Howard W. Sams & Co. Inc, Indianapolis (1983).
3. Alan, R. Miller., Assembly Language Techniques for the IBM-PC. Sybex Inc, USA (1986).
4. Component Data Catalog, Intel (1987).
5. Hartono, Partoharsodjo. Tuntunan Praktis Pemrograman Bahasa Assembly, PT Elex Media Komputindo, Jakarta (1991).

DISKUSI

Siti Amini :

1. Mengapa perangkat yang Saudara rancang tersebut belum dapat digunakan untuk analisis isotop secara kuantitatif ?
2. Jika *dead time* nya tinggi apakah inipun merupakan masalah dari detektor yang digunakan (NaI) dan bukan hanya disebabkan oleh ADCnya saja ?

Didi Gayani :

1. Untuk melakukan pengukuran kuantitatif membutuhkan keakuratan pencacahan sedangkan pengukuran kualitatif masih cukup mudah dilakukan dengan perangkat lunak. Keraguan belum cukup untuk digunakan pengukuran kuantitatif karena kita melihat masih banyaknya data sampah yang diperlihatkan.
2. Yang dimaksud *dead time* 100 μ sec adalah penjumlahan dari waktu konversi ADC sebesar 25 μ sec waktu untuk mengolah data sebesar 75 μ sec. Hal ini menyebabkan alat ini belum dapat memproses sinyal dengan frekuensi tinggi padahal walaupun dengan detektor NaI masih mampu memberikan frekuensi tinggi.

Prayitno :

Apakah *interface* yang dibuat ini pernah dilakukan uji DNL ?

Didi Gayani :

Belum pernah dilakukan DNL, baik untuk komponen ADC atau *interfacenya*, tetapi data *sheet* menyebutkan komponen ADC 574 cukup baik.

M. Faruq :

Bagaimana detektor proporsional membedakan partikel α dan β setelah sinar radioaktif campuran α , β , γ lolos dari antikoinsidens.

Didi Gayani :

Radiasi γ atau yang disebut latar belakang diredam dengan rangkaian antikoindens. Sedangkan pemisahan α dan β dilakukan dengan diskriminasi tinggi pulsa, hal ini dapat dilakukan karena tinggi pulsa yang terjadi pada detektor proporsional tergantung pada jumlah ionisasi yang terjadi dalam detektor proporsional karena jumlah ionisasi yang terjadi akibat partikel α jauh lebih banyak maka tinggi pulsa yang ditimbulkan oleh partikel α jauh lebih tinggi dari tinggi pulsa yang ditimbulkan oleh partikel β .

Suwarno Wiryosimin :

1. Apakah hasil rancangan ini sudah bisa digunakan dalam sistem alat cacah latar rendah yang kita punyai ?
2. Dalam pengujian masih terbaca cacahan β yang terlalu tinggi. Apakah dapat dikurangi?

Didi Gayani :

1. Pada dasarnya sebagai pencacah saja sudah bisa digunakan namun yang belum lengkap adalah perangkat lunak untuk menganalisis data cacahan.
2. Secara prinsip dan dengan pengujian di laboratorium fungsi dari antikoindens sudah baik. Timbulnya cacahan β pada pengukuran latar belakang ada kemungkinan karena kontaminasi dari tempat pendeteksian.