

## EVALUASI KINERJA PORTABLE GAMMA ANALYZER MICRONOMAD

**SUBIHARTO, NUGROHO LUHUR**  
*Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN*  
*Kawasan Puspitek Serpong,*  
*Tangerang 15310, Banten*  
*Telp. 021.7560908, Faks. 7560573*

### **Abstrak**

**EVALUASI KINERJA PORTABLE GAMMA ANALYZER MICRONOMAD.** Telah dilakukan evaluasi kinerja portable gamma analyzer micronomad. Portable gamma analyzer micronomad adalah satu-satunya peralatan survey lingkungan yang dimiliki PRSG, yang digunakan untuk mengukur radioaktivitas lingkungan dan buatan. Setelah dioperasikan selama 10 tahun alat ini power suplainya mengalami kerusakan. Setelah dilakukan perbaikan maka perlu dilakukan evaluasi kinerja dari alat tersebut agar diketahui secara pasti kemampuan kinerjanya. Evaluasi dilakukan dengan melakukan pemeriksaan Hardware, Software dan diikuti dengan pengukuran sample lingkungan. Dari hasil pelaksanaan evaluasi yang dilakukan, ditemukan adanya penurunan fungsi Hardware dan Softwarentya, namun masih dalam batas yang diijinkan.

*Kata kunci : Evaluasi dan MCA portabel*

### **Abstract**

**PERFORMANCE EVALUATION OF MICRONOMAD PORTABLE GAMMA ANALYZER.** Performance evaluation of micronomad portable gamma analyzer has been done. Micronomad portable gamma analyzer is the only equipment for environment survey belong to PRSG, which is used to measure environment radioactivity and creation. It has been operated for 10 years, this equipment has a problem with its power supply. The repair has been done, therefore its performance has to be evaluated in order to make sure that it works properly after being repaired. The evaluation was done by checking the hardware, software and following by measuring environment sample. Degradation of functionality of hardware and software was found after the evaluation, even if it is still within tolerance.

*Keywords : Evaluation and MCA portable*

### **PENDAHULUAN**

Reaktor Serba Guna GA. SIWABESSY (RSG-GAS) merupakan suatu bagian yang sangat vital dan strategis, namun dalam pengoperasiannya selain banyak manfaatnya juga ada resiko bahaya pelepasan radiasi. Radioaktivitas yang terlepas kedalam lingkungan dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan kita, oleh karena itu untuk meyakinkan bahwa suatu kegiatan yang menggunakan bahan radioaktif berlangsung sesuai dengan ketentuan yang berlaku, perlu dilakukan pembuktian diantaranya melalui

pemantauan radioaktivitas di sekitar lokasi kegiatan.

Portable gamma analyzer micronomad adalah peralatan Multi Channel Analyzer (MCA) portable yang dipergunakan untuk survey lingkungan yang satu-satunya dimiliki PRSG. Alat ini digunakan untuk mengukur radioaktivitas lingkungan dan radioaktivitas buatan. Sitem MCA portable ini tersusun atas detektor NaI Tl, power suplay pre-Amp  $\pm 12$  V, spektrometer gamma micronomad, software GABATAN (Gamma Analyzer of Batan)

dan NAGABAT (*Natural Gamma Analyzer of Batan*), serta Laptop pengolah data. Spesifikasi spektrometer gamma micromad tersebut adalah sebagai berikut : mempunyai data 128 kRAM,  $2^{31} - 1$  cacah perkanal, dapat menyimpan sampai 127 file untuk spektrum 256 kanal, 63 file untuk spektrum 512 kanal, 31 file untuk spektrum 1024 kanal, 15 file untuk spektrum 2048, waktu pengoperasian 8 jam dengan 8 buah baterai alkaline ukuran AA, dan bisa di set ke moda lapangan serta dilengkapi dengan *software* yang dapat mengolah menjadi besaran dosimetri dan fisika yang mudah diamati.

Alat ini telah beroperasi selama  $\pm 10$  tahun, tetapi sejak 3 tahun terakhir alat ini tidak dioperasikan karena beberapa alat pendukungnya tidak berfungsi lagi yaitu power suplainya dan laptop untuk pengolah datanya. Setelah dilakukan perbaikan pada power suplainya maka perlu dilakukan evaluasi kinerja dari alat tersebut agar diketahui secara pasti kemampuan kinerjanya. Evaluasi dilakukan dengan melakukan pemeriksaan *Hardware, software* dan uji fungsi terhadap sistemnya. Untuk laptop sementara diganti dengan menggunakan personel komputer *desk top*.

Dari hasil evaluasi yang dilakukan diharapkan dapat diyakinkan bahwa kinerja *Portable gamma analyzer micromad* tersebut masih dapat berfungsi dengan baik dan kebenaran pengukuran dapat dicapai dan standar pengukuran radioaktivitas dapat memenuhi ketentuan keselamatan kerja yang berlaku.

## TEORI

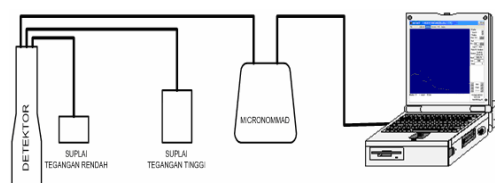
Program NAGABAT (*Gamma Analyzer of Batan*) dan GABATAN (*Gamma Analyzer of Batan*) telah dibuat oleh peneliti terdahulu (DR. Yus Rusdian Akhmad dan Ir. Pudjijanto, MS). Program ini dirancang agar dapat dieksekusi dengan personel computer menggunakan bahasa pemrograman FORTRAN 77. Program bersifat interaktif sehingga dapat memberi

kemudahan kepada pemakai dalam menelusuri kekeliruan pada data file masukan. Data masukan disiapkan dalam bentuk file di dalam disket atau harddisk yang ditulis dengan format ASCII dan dikelompokkan menjadi dua kelompok data file yaitu file pertama memuat antara lain data matriks respon, kelompok energi, koefisien absorpsi energi udara, dan data indeks taradosis. Data file kedua memuat data laju cacah perkelompok energi (distribusi tinggi pulsa atau spektrum luaran dari spectrometer gamma NaI(Tl)).

Untuk program GABATAN (*Gamma Analyzer of Batan*) mensyaratkan bahwa spektrum luaran spektrometer gamma sebelum diinputkan harus terkalibrasi dan dikelompokkan menjadi 46 kelompok energi dengan rentang dari 0,01 sampai 9,2 MeV. Dengan memanfaatkan program GABATAN, medan radiasi gamma dapat dispesifikasi meliputi distribusi fluks, fluks total, distribusi paparan, paparan total, energi rerata, indeks taradosis-dalam, dan indeks taradosis-permukaan.

Untuk program NAGABAT (*Gamma Analyzer of Batan*) algoritme secara garis besar mirip dengan GABATAN tetapi pengelompokkan energinya terdiri dari 22 kelompok dengan rentang dari 0,05 sampai 3,2 Mev. Besaran yang dihitung selain paparan total dan fluks total juga meliputi sumbangan dari radiasi gamma alam dan perhitungan.

MicroNOMAD dapat dihubungkan ke PC melalui *high-speed* parallel port. *Software* " MikroMCBTM" (setiap pembelian MicroNOMAD akan diberikan). Secara garis besar sistem *Portable gamma analyzer micromad* dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Rangkaian MCA Portabel MicroNOMAD

## HASIL PENGUJIAN *HARDWARE*

Pengujian terhadap *hardware* dilakukan dengan cara mengukur tegangan power suplai, HV, Pre-Amp, dan impulse test pada detektor. Data yang diperoleh hasilnya disajikan pada Tabel 1 di bawah ini :

Table 1. Data Hasil Pengujian *Hardware*

NO	KOMPONEN YANG DIUJI	DATA SETTING	HASIL UJI
1	Tegangan Pre-Amp	$\pm 12$ volt	$\pm 12$ volt
2	HV detektor	500V – 550V	525V
3	Power suplai Micronomad	18V	18V
4	Detektor	Test Pulsa	OK
5	Tombol otomatis <i>field mode</i>	Off secara otomatis	OK

## HASIL PENGUJIAN *SOFTWARE*

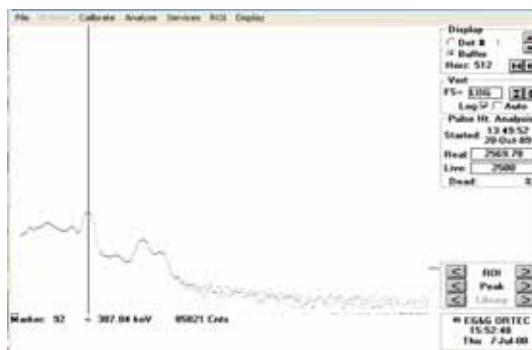
Pengujian terhadap *software* dilakukan dengan dua (2) yaitu :

Cara pertama dengan melakukan pencacahan terhadap sumber standard Co-60 dan Cs-137 dan pengukuran radioaktivitas lingkungan.

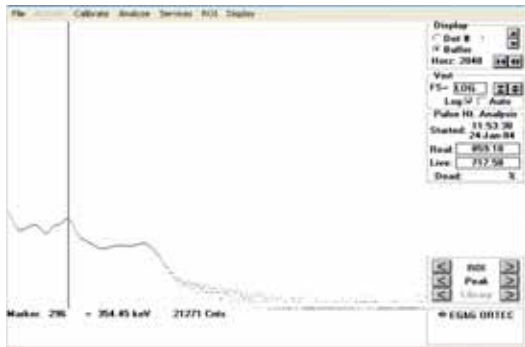
1. Pengujian software dilakukan dengan mengikuti Prosedur pengoperasian MCA portable sebagai berikut :
2. Hubungkan kabel out dari detektor ke in/out Nomad
3. Hubungkan kabel Pre-Amp dari detektor ke penyedia daya  $\pm 12V$
4. Hubungkan kabel HV dari detektor ke penyedia HV ASP-1 Type 448 No. seri 2905
5. Hubungkan kabel paralel (female 25-pin D) dari  $\mu$ Nomad ke Laptop
6. Hidupkan Laptop
7. Hidupkan  $\mu$ Nomad
8. Chek bateray HV jika OK hidupkan HV (550V)
9. Pada task-bar didasar layar klik START (akan tampil menu Window)
10. Klik PROGRAM (akan tampil menu Program)
11. Klik MicroMCB, klik MicroMCB (akan tampil program MicroMCB)

12. Klik ACQUIRE
13. Untuk menentukan waktu pencacahan klik PRESET (akan tampil Acquisition Setting, pada REAL TIME : ketik waktu pencacahan sesuai dengan yang dikehendaki mis : 600 detik), Klik OK (kembali ke menu Micro MCB)
14. Untuk menentukan jumlah kanal pada tiap spektrum yang diinginkan klik ADC SETUP; (akan tampil ADC SETUP dan pada Conversion Gain pilih salah satu diantara angka jumlah kanal berikut : 256 (mampu menyimpan 127 spektrum), 512 (63 spektrum), 1024 (31 spektrum), 2048 (15 spektrum).
15. Setelah dipilih misalkan 512 klik OK (akan kembali ke menu Micro MCB)
16. Untuk memulai pencacahan klik ACQUIRE, klik START
17. Setelah selesai mencacah, untuk menyimpan spektrum klik FILE, klik SAVE (pada File Name tulis nama file sesuai dengan yang dikehendaki mis labfis.chn)
18. Menghapus spektrum klik ACQUIRE, klik CLEAR
19. Keluar dari program Micro MCB klik FILE, klik EXIT

Data hasil pengukuran sumber standard Co-60 dan Cs-137, disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3 di bawah ini :



Gambar 2. Spektrum Cs-137 dan Co-60



Gambar 3. Spektrum Data Lingkungan Di Depan Gedung Reaktor

Cara yang kedua dengan melakukan analisa spektrum yang dikonversi dengan menggunakan program GABATAN untuk spektrum sumber standard.

Cara melakukan analisa spektrum standard dengan mengikuti prosedur sebagai berikut :

1. Pada task-bar didasar layar klik START (akan tampil menu Window)
2. Klik PROGRAM (akan tampil menu Program)
3. Klik FORTRAN POWER STATION
4. Klik FORTRAN VISUAL WORK BENCH (akan tampil menu Microsof Fortran)
5. Klik PROJECT
6. Klik OPEN (akan tampil Open Project)
7. Pada Folders klik GAMMCA, klik OK, Pada List Files of Type klik ALL FILES, kemudian pada File Name pilih GABATAN.EXE, klik OK (akan tampil tulisan : is the file 'C:\F32\GAMMCA\GABATAN.EXE' an external make file?) y/n
8. Klik YES (akan kembali ke Menu Open Project)
9. Klik PROJECT, klik EXECUTE GABATAN.EXE (akan muncul perintah: Masukkan file data sistem spektrometer Gamma NaI(Tl), ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext! : )
10. Ketik C:\F32\gabatinp\otcnom46.inp, enter (akan muncul perintah: Masukkan Nama File Out Put dari Eksekusi program, ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext! : ) Misalkan nama file yang dikehendaki LABFIS.OUT, maka ketik C:\f32\GABATOUT\LABFIS.OUT, ENTER (akan muncul perintah: Masukkan file data Pengukuran spektrum Gamma, ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext! : )
11. Misalkan nama file yang dikehendaki LABFIS.CHN ketik C:\USER\LABFIS.CHN, ENTER (akan muncul perintah : Masukkan Versi MCA; jika micronomad = -102 jika bukan -101)
12. Ketik -102, ENTER (Muncul perintah : Tuliskan mengenai identitas Spektrum ini. Sesuaikan dengan tempat yang diukur contoh : Pengukuran radiasi gamma di lab Fis.Kes BK pada tanggal 10 Juli 2008)
13. ENTER (muncul pertanyaan : Cetak Info Data di Printer (P), File Disket/Hard Disk (F) tidak (N)?
14. Pilih No (N), ENTER (Muncul pertanyaan : Perlu Penghalusan Data ? (Y/N)
15. Pilih No (N), ENTER (Muncul pilihan : Periksa Data (+), Kalibrasi Ulang (-), Tidak (0)
16. Jika tidak perlu kalibrasi Ketik 0, dan program GABATAN selesai (muncul pertanyaan : Apakah akan meneruskan kerja lagi ? (Y/N), pilih Y jika ingin meneruskan program Gabatan lagi dan akan muncul perintah: Masukkan file data Pengukuran spektrum Gamma, ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext! : dan seterusnya. Jika tidak ingin meneruskan lagi pilih N akan muncul Press any key continue, enter akan kembali ke menu Microsof Fortran dengan klik FILE, klik OPEN, pada List File of Type : pilih ALL FILE, dan pada File Name : pilih File Hasil Eksekusi, klik OK selanjutnya dapat dilihat keluaran hasil analisis dalam besaran fisis).
17. Jika Spektrum akan di rekalibrasi Ketik - (akan muncul perintah : Ketik dan Enter Nomor Kanal awal (> 0, < 512)
18. Masukkan nomor kanal yang sesuai dengan energinya : contoh -67, ENTER (Muncul perintah : Ketik dan Enter E baru di Kanal ini (E lama = 1432,6590 kev)
19. Masukkan Energi spektrum yang sesuai dengan nomor kanalnya : contoh 1460, ENTER (akan muncul perintah : Ketik dan Enter Nomor Kanal akhir (> 67, < 512) :
20. Masukkan nomor kanal yang sesuai dengan energinya : contoh 119, ENTER (Muncul perintah : Ketik dan Enter E baru di K anal ini (E lama = 2616,3650 kev)
21. Masukkan Energi spektrum yang sesuai dengan nomor kanalnya : contoh 2615,

ENTER (akan muncul perintah : Simpan data Ascii ROI CCH Vs CHN) (Y/N)  
22. Pilih No (N), ENTER (akan muncul pertanyaan : Apakah akan meneruskan kerja lagi ? (Y/N) pilih Y jika ingin meneruskan program Gabatan lagi dan akan muncul perintah: Masukkan file data Pengukuran spektrum Gamma, ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext!: dan seterusnya. Jika tidak ingin meneruskan lagi pilih N akan muncul Press any key

continue, enter akan kembali ke menu Microsof Fortran dengan klik FILE, klik OPEN, pada List File of Type : pilih ALL FILE, dan pada File Name : pilih File Hasil Eksekusi, klik OK selanjutnya dapat dilihat keluaran hasil analisis dalam besaran fisis).

Data hasil analisa sumber standard Co-60 dan Cs-137, disajikan disajikan pada Tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2. Hasil Olahan Data Spektrum Menggunakan Program GABATAN, Pengukuran Paparan Gamma Di Exp Hall Dekat S6 Daya Reaktor 15 MW 090708

NO.	ENERGY RANGE			P.H.D.	E.D.	EXPOSURE	FLUX (/CM2/MEV/SEC)
1	.050	–	200	1.3924E+03	1.8650E+01	3.6176E+00	1.2433E+02
2	.200	–	400	7.7963E+02	1.3398E+01	7.6765E+00	6.6988E+01
3	.400	–	600	2.6496E+02	5.8800E+00	5.7907E+00	2.9400E+01
4	.600	–	800	1.3392E+02	3.2932E+00	4.4794E+00	1.6466E+01
5	.800	–	1.000	8.4933E+01	2.2135E+00	3.7653E+00	1.1068E+01
6	1.000	–	1.200	6.6312E+01	2.0772E+00	4.1670E+00	1.0386E+01
7	1.200	–	1.400	6.3071E+01	2.7996E+00	6.4201E+00	1.3998E+01
8	1.400	–	1.600	3.2916E+01	1.2549E+00	3.2081E+00	6.2743E+00
9	1.600	–	1.800	3.3391E+01	1.7682E+00	4.9636E+00	8.8408E+00
10	1.800	–	2.000	1.5595E+01	4.3875E-01	1.3323E+00	2.1937E+00
11	2.000	–	2.200	1.6819E+01	6.6922E-01	2.1902E+00	3.3461E+00
12	2.200	–	2.400	1.3745E+01	5.5146E-01	1.9262E+00	2.7573E+00
13	2.400	–	2.600	1.2778E+01	7.1015E-01	2.6256E+00	3.5508E+00
14	2.600	–	2.800	1.1032E+01	6.4836E-01	2.5424E+00	3.2418E+00
15	2.800	–	3.000	7.3074E+00	1.8409E-01	7.5766E-01	9.2046E-01
16	3.000	–	3.200	7.7087E+00	2.8285E-01	1.2211E+00	1.4142E+00
17	3.200	–	3.400	7.3200E+00	2.7128E-01	1.2230E+00	1.3564E+00
18	3.400	–	3.600	7.0507E+00	1.8681E-01	8.7587E-01	9.3404E-01
19	3.600	–	3.800	5.8701E+00	1.4005E-01	6.8385E-01	7.0024E-01
20	3.800	–	4.000	6.5969E+00	3.9216E-01	1.9778E+00	1.9608E+00
21	4.000	–	4.200	6.7144E+00	3.8223E-01	1.9954E+00	1.9111E+00
22	4.200	–	4.400	6.6656E+00	1.9556E-01	1.0596E+00	9.7778E-01
23	4.400	–	4.600	6.9639E+00	2.2449E-01	1.2528E+00	1.1225E+00
24	4.600	–	4.800	7.1519E+00	1.2899E-03	7.4380E-03	6.4495E-03
25	4.800	–	5.000	9.7588E+00	1.3235E-02	7.8702E-02	6.6173E-02
26	5.000	–	5.200	8.8151E+00	2.7892E-01	1.7075E+00	1.3946E+00
27	5.200	–	5.400	1.1006E+01	7.5209E-01	4.7318E+00	3.7605E+00
28	5.400	–	5.600	8.0215E+00	4.3713E-01	2.8221E+00	2.1856E+00
29	5.600	–	5.800	5.3332E+00	3.9992E-01	2.6607E+00	1.9996E+00
30	5.800	–	6.000	5.8520E+00	7.6070E-01	5.2087E+00	3.8035E+00
31	6.000	–	6.200	2.1441E+00	8.7539E-02	6.1264E-01	4.3770E-01
32	6.200	–	6.400	2.0483E+00	1.2554E-01	9.0218E-01	6.2772E-01
33	6.400	–	6.600	1.4192E+00	6.8930E-02	5.0512E-01	3.4465E-01
34	6.600	–	6.800	1.1353E+00	7.5962E-02	5.7041E-01	3.7981E-01
35	6.800	–	7.000	9.9071E-01	8.9922E-02	6.9128E-01	4.4961E-01
36	7.000	–	7.200	5.1886E-01	4.0642E-02	3.1958E-01	2.0321E-01

Tabel 2. Hasil Olahan Data Spektrum Menggunakan Program GABATAN, Pengukuran Paparan Gamma Di Exp Hall Dekat S6 Daya Reaktor 15 MW 090708 (lanjutan)

NO.	ENERGY RANGE		P.H.D.	E.D.	EXPOSURE	FLUX (/CM2/MEV/SEC)
37	7.200	– 7.400	4.7185E-01	7.3980E-02	5.9453E-01	3.6990E-01
38	7.400	– 7.600	1.8079E-01	1.1369E-02	9.2737E-02	5.6845E-02
39	7.600	– 7.800	1.3921E-01	9.7664E-04	8.1291E-03	4.8832E-03
40	7.800	– 8.000	1.1570E-01	1.1234E-03	9.5938E-03	5.6172E-03
41	8.000	– 8.200	1.1028E-01	8.8110E-03	7.6675E-02	4.4055E-02
42	8.200	– 8.400	1.0305E-01	9.9721E-03	8.8373E-02	4.9860E-02
43	8.400	– 8.600	4.8812E-02	6.5637E-04	5.9199E-03	3.2818E-03
44	8.600	– 8.800	4.1581E-02	5.8684E-03	5.3835E-02	2.9342E-02
45	8.800	– 9.000	2.5310E-02	4.1489E-03	3.8935E-02	2.0744E-02
46	9.000	– 9.200	9.0393E-03	1.4688E-03	1.4005E-02	7.3440E-03

EXPOSURE RATE = 8.7553120E+01 (MICRO-R/HR)  
 TOTAL FLUX = 5.9861170E+01 (G/CM2/SEC)  
 AVERAGE ENERGY(FLUX) = 9.7900310E-01 (MEV)  
 AVERAGE ENERGY(ENERGY) = 3.0608690E+00 (MEV)  
 AVERAGE ENERGY(EXPOSURE) = 2.6470740E+00 (MEV)  
 DEPTH INDEX = 5.7462310E-01 (micro Sv/hour)  
 SHALLOW INDEX = 8.1543480E-01 (micro Sv/hour)

Cara yang ketiga dengan melakukan analisa spektrum hasil pengukuran radioaktivitas lingkungan dengan menggunakan program GABATAN.

Cara melakukan analisa spektrum hasil pengukuran radioaktivitas lingkungan dengan mengikuti prosedur sebagai berikut :

1. Pada task-bar didasar layar klik START (akan tampil menu Window)
2. Klik PROGRAM (akan tampil menu Program)
3. Klik FORTRAN POWER STATION
4. Klik FORTRAN VISUAL WORK BENCH (akan tampil menu Microsoft Fortran)
5. Klik PROJECT
6. Klik OPEN (akan tampil Open Project)
7. Pada Folders klik GAMMCA, klik OK, Pada List Files of Type klik ALL FILES, kemudian pada File Name pilih NAGABAT.EXE, klik OK (akan tampil tulisan : is the file 'C:\F32\GAMMCA\NAGABAT.EXE' a n external make file?) y/n
8. Klik YES (akan kembali ke menu Open Project)
9. Klik PROJECT, klik EXECUTE NAGABAT.EXE (akan muncul perintah: Masukkan file data sistem spektrometer Gamma NaI(Tl), ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext! : )

10. Ketik C:\F32\NAGAINP\ORTNOM22.inp, enter (akan muncul perintah: Masukkan Nama File Out Put dari Eksekusi program, ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext! : )
11. Misalkan nama file yang dikehendakai NAGALIAR.OUT, maka ketik C:\f32\NAGAOUT\NAGALIAR.OUT, ENTER (akan muncul perintah: Masukkan file data Pengukuran spektrum Gamma, ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext! : )
12. Misalkan nama file yang dikehendakai LUARRSG.CHN, maka ketik C:\USER\LUARRSG.CHN , ENTER (akan muncul perintah : Masukkan Versi MCA; jika micronomad = -102 jika bukan -101)
13. Ketik -102, ENTER (Muncul perintah : Tuliskan mengenai identitas Spektrum ini. Sesuaikan dengan tempat yang diukur contoh : Pengukuran radiasi gamma alam di depan gedung RSG pada tanggal 10 Juli 2008)
14. ENTER (pilih : Cetak info data di Printer (P), File Disket/Hard Disk (F) tidak (N)?)
15. Pilih No (N), ENTER (Muncul pertanyaan : Perlu Penghalusan Data ? (Y/N))
16. Pilih No (N), ENTER (Muncul pilihan : Periksa Data (+), Kalib Ulang (-), Tidak (0))
17. Jika tidak perlu kalibrasi Ketik 0, dan program NAGABAT selesai (muncul

- pertanyaan : Apakah akan meneruskan kerja lagi ? (Y/N), pilih Y jika ingin meneruskan program Nagabat lagi dan akan muncul perintah: Masukkan file data Pengukuran spektrum Gamma, ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext!: dan seterusnya. Jika tidak ingin meneruskan lagi pilih N akan muncul Press any key continue, enter akan kembali ke menu Microsof Fortran dengan klik FILE, klik OPEN, pada List File of Type : pilih ALL FILE, dan pada File Name : pilih File Hasil Eksekusi, klik OK selanjutnya dapat dilihat keluaran hasil analisis dalam besaran fisis).
18. Jika Spektrum akan di recalibrasi Ketik – (akan muncul perintah : Ketik dan Enter Nomor Kanal awal (> 0, < 512)
  19. Masukkan nomor kanal yang sesuai dengan energinya : contoh –67, ENTER (Muncul perintah : Ketik dan Enter E baru di Kanal ini (E lama = 1432,6590 kev)
  20. Masukkan Energi spektrum yang sesuai dengan nomor kanalnya : contoh 1460, ENTER (akan muncul perintah : Ketik dan Enter Nomor Kanal akhir (> 67, < 512) :
  21. Masukkan nomor kanal yang sesuai dengan energinya : contoh 119, ENTER (Muncul perintah : Ketik dan Enter E baru di Kanal ini (E lama = 2616,3650 kev)
  22. Masukkan Energi spektrum yang sesuai dengan nomor kanalnya : contoh 2615, ENTER (akan muncul perintah : Simpan data Ascii ROI CCH Vs CHN (Y/N)
  23. Pilih No (N), ENTER (akan muncul pertanyaan : Apakah akan meneruskan kerja lagi ? (Y/N) pilih Y jika ingin meneruskan program Nagabat lagi dan akan muncul perintah: Masukkan file data Pengukuran spektrum Gamma, ketik dan enter Diver:\dir\subdir\nama-file.ext!: dan seterusnya. Jika tidak ingin meneruskan lagi pilih N akan muncul Press any key continue, enter akan kembali ke menu Microsof Fortran dengan klik FILE, klik OPEN, pada List File of Type : pilih ALL FILE, dan pada File Name : pilih File Hasil Eksekusi, klik OK selanjutnya dapat dilihat keluaran hasil analisis dalam besaran fisis).  
Data hasil analisa radioaktivitas lingkungan , disajikan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Olahan Data Spektrum Menggunakan Program NAGABAT, Pengukuran Paparan Gamma Di Depan Gedung Reaktor Serba Guna 090708

NO.	ENERGY RANGE	P.H.D.	E.D.	EXPOSURE	LUX (/CM <sup>2</sup> /MEV/SEC)
1	.050 – .150	-3.6708E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	.150 – .250	-3.6708E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	.250 – .350	2.6296E+00	1.4067E-16	8.0600E-17	1.4067E-15
4	.350 – .450	2.2125E+00	2.8913E-04	2.2626E-04	2.8913E-03
5	.450 – .550	2.6470E+01	7.4574E-01	7.3441E-01	7.4574E+00
6	.550 – .650	6.3272E+00	1.8322E-01	2.1579E-01	1.8322E+00
7	.650 – .750	3.2470E+00	9.6498E-02	1.3125E-01	9.6498E-01
8	.750 – .850	1.8755E+00	5.2406E-02	8.0353E-02	5.2406E-01
9	.850 – .950	1.4750E+00	4.2814E-02	7.2828E-02	4.2814E-01
10	.950 – 1.050	1.3949E+00	4.8967E-02	9.0927E-02	4.8967E-01
11	1.050 – 1.150	1.1546E+00	4.2043E-02	8.4342E-02	4.2043E-01
12	1.150 – 1.250	9.1437E-01	3.3700E-02	7.2680E-02	3.3700E-01
13	1.250 – 1.390	1.1133E+00	4.3590E-02	1.0112E-01	3.1136E-01
14	1.390 – 1.540	7.4251E-01	2.9732E-02	7.4527E-02	1.9822E-01
15	1.540 – 1.690	1.1396E+00	7.3424E-02	1.9896E-01	4.8950E-01
16	1.690 – 1.840	4.4550E-01	2.5600E-02	7.3713E-02	1.7067E-01
17	1.840 – 2.100	4.8855E-01	2.9701E-02	9.2739E-02	1.1423E-01
18	2.100 – 2.310	1.6986E-01	6.2028E-03	2.1043E-02	2.9537E-02
19	2.310 – 2.510	1.5017E-01	5.3385E-03	1.9368E-02	2.6693E-02
20	2.510 – 2.720	1.4984E-01	1.1276E-02	4.3216E-02	5.3695E-02
21	2.720 – 3.000	1.4750E-01	1.6901E-02	6.8921E-02	6.0362E-02
22	3.000 – 3.200	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

CONCENTRATIONS :

K \*\* = 5.0636280E-02 (0/0)  
U \*\* = 8.6863140E-01 (PPM)  
TH \*\* = 5.3607110E-01 (PPM)

EXPOSURE RATE = 2.1764210E+00 (MICRO-R/HR)  
TOTAL FLUX = 1.4874370E+00 (G/CM2/SEC)  
EXCAL = 7.8018160E-01 (MICRO-R/HR)  
FLCAL = 1.0716450E+00 (G/CM2/SEC)  
EOBS/ECAL = 2.7896340E+00  
FOBS/FCAL = 1.3879940E+00

## PEMBAHASAN

Dari Tabel 1 ditunjukkan setingan dan hasil uji fungsinya, yang dapat diuraikan sebagai berikut: untuk tegangan Pre-Amp dan tegangan suplai micronomad, hasil ujinya sesuai dengan setingannya yaitu  $\pm 12$  volt, sedangkan untuk tegangan tinggi setingannya 500V–550V, hasil uji yang diperoleh 525V, untuk tegangan power suplai micronomad hasil uji fungsinya sesuai dengan setingannya 18V, untuk hasil uji fungsi detektor diperoleh respon yang sangat baik begitu juga untuk *switch field mode*. Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1 dan uraian diatas terlihat bahwa *hardware* masih berfungsi sebagaimana mestinya, hal ini ditunjukkan dari setingan dan hasil uji fungsinya masih sesuai dan berada dalam batas toleransinya.

Hasil pencacahan sumber standard disajikan pada Gambar 2, sedangkan untuk Gambar 3 menunjukkan spektrum yang diperoleh dari hasil pencacahan sample. Berdasarkan Gambar 2 dan 3 terlihat bahwa spektrumnya cukup representative, hal ini menunjukkan bahwa sistem MCA portable micronomad masih berfungsi dengan baik.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa hasil analisa dari spektrum yang dilakukan dengan soft ware GABATAN ada beberapa besaran yaitu: *Depth Indext* besaran ini menyatakan laju dosis maksimum yang diterima bagian dalam tubuh, sedangkan *shallow Indext* menyatakan dosis maksimum yang diterima bagian permukaan tubuh.

Mengenai luaran NAGABAT dari table 3 terlihat bahwa ada konsentrasi Potasium (K-40), Uranium (U) dan Thorium (Th). Data konsentrasi ini dapat

menjelaskan bahwa data distribusi tinggi pulsa adalah berasal dari suatu pengukuran di suatu lokasi dengan kondisi radiasi bahwa sumbangan pulsa dari iradiasi gamma artificial berenergi lebih kecil dari 1,69 Mev adalah sangat dominan, dalam hal ini sumbangan dari Uranium yang diwakili oleh kelompok 1,69 – 1,84 MeV dan 2,1 MeV – 2,31 MeV, dan dari Thorium yang diwakili oleh kelompok 2,51 MeV – 2,72 MeV, tidak terdeteksi dan berada diluar kanal terakhir. NAGABAT mensyaratkan bahwa sumbangan pulsa dari radiasi gamma artificial yang masuk ke kelompok energi lebih besar dari sekitar 1,39 MeV harus relative jauh lebih kecil atau diabaikan dibandingkan sumbangan yang berasal dari Potasium, Uranium dan Thorium. Untuk besaran laju paparan (*exposure rate*) dan fluks total tidak dibedakan apakah nilai berasal dari radiasi gamma alam atau artificial, melainkan mencakup seluruh radiasi gamma yang terdeteksi oleh sistem pengukuran.

Besaran lainnya adalah EXCAL dan FLCAL yang masing-masing berarti laju paparan dan fluks yang berasal dari sumbangan radiasi gamma alam, nilainya bisa diterima apabila terdapat sumbangan pulsa dari radiasi gamma artificial terhadap kelompok energi lebih besar dari 1,39 MeV dapat diabaikan. Terakhir adalah luaran ratio EOBS/ECAL dan FOBS/FCAL yang masing-masing berarti ratio antara laju paparan total terhadap laju paparan gamma alam. Pada kondisi pengaruh radiasi artificial diabaikan maka nilai rasio ini berdasarkan pengalaman mendekati 1.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data-data hasil uji fungsi dan pembahasan yang dilakukan diatas, maka hasil evaluasi kinerja MCA Portabel Micronomad dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil uji fungsi uji coba MCA Portabel Micronomad sesuai dengan yang diharapkan.

2. Hardware MCA Portabel Micronomad dan *Software* GABATAN dan NAGABAT berfungsi sebagaimana mestinya

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Micronomad<sup>TM</sup> portable, "Miniature MCA for use with Na(Tl), CZT and other Moderator Resolution Detectors", EG & ORTEC
2. AKHMAD, Y.R dan PUDJIDJANTO, 1997, "SONGMD1: Program Pengolah luaran Spektrometer Gama NaI(Tl) dan Penentuan Taradosis-dalam dan Taradosis permukaan", lokakarya Komputansi dalam Sains dan Teknologi Nuklir VII-PPI Batan, Jakarta.
3. YUS RUSDIAN AKHMAD, dkk, 1998/1999, "Pengembangan paket program komputer pemantauan radiasi gama di sekitar fasilitas nuklir" Prosiding Seminar hasil penelitian PRSG Tahun.

