

## RANCANGAN PERANGKAT LUNAK MONITORING RADIOAKTIVITAS LINGKUNGAN INSTALASI NUKLIR

Benar Bukit<sup>1</sup>, A. Rifai<sup>1</sup>, Jos Budi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PRPN-BATAN, Komplek Puspiptek Gd.71 Serpong, Tangerang 15310

### ABSTRAK

*RANCANGAN PERANGKAT LUNAK MONITORING RADIOAKTIVITAS LINGKUNGAN KAWASAN INSTALASI NUKLIR BATAN. Telah dirancang perangkat lunak sistem monitoring radioaktivitas lingkungan di kawasan Batan. Perangkat keras yang menggunakan perangkat lunak ini adalah pemantau radioaktivitas udara di kawasan instalasi nuklir BATAN Serpong. Program aplikasi ini bekerja pada perangkat keras berbasis mikrokontroler AT89S8253 yang berkomunikasi dengan suatu komputer master melalui modem nirkabel. Selanjutnya data yang diterima komputer akan disimpan dalam bentuk basis data, dan diolah untuk tampilan dalam sistem monitoring berupa grafik dan data. Basis data yang dihasilkan meliputi tanggal, bulan, tahun dan laju dosis. Pengontrolan sistem ini dilakukan dengan menekan tombol-tombol control panel yang telah disediakan.*

*Kata kunci : stasiun pengukur, stasiun pengendali, pemantauan radioaktivitas.*

### ABSTRACT

*THE DESIGN OF ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY MONITORING SYSTEM SOFTWARE FOR BATAN NUCLEAR INSTALLATIONS AREA. The software for the environmental radioactivity monitoring system for use in the BATAN area has been designed. This software was written in the assembly language for the MCS51. The software is designed to run on the atmospheric radioactivity monitor in the Serpong BATAN nuclear installation area. The hardware is based on the AT89S8253 microcontroller and communicates with a master computer using a wireless modem. The data received by the master computer is to be stored in a database to be processed and displayed in the monitoring system in the form of graphs and data. The database includes date, month, year, and dose rate. The system is controlled through a provided control panel.*

*Keywords : measurement station, control station, radioactivity monitoring.*

## 1. PENDAHULUAN

Sistem instrumentasi pengukuran radiasi nuklir lingkungan sangat diperlukan pada pengoperasian suatu instalasi nuklir seperti reaktor riset atau PLTN. Pengukuran dan pemantauan radiasi lingkungan di sekeliling instalasi nuklir merupakan langkah antisipasi yang sangat diperlukan untuk mengetahui penyebaran radiasi seandainya terjadi kebocoran radiasi dari fasilitas nuklir tersebut.

Karena pentingnya peran sistem instrumentasi pengukur radiasi, maka sangat penting bagi PRPN BATAN untuk menguasai teknologi ini dalam mendukung penguasaan teknologi energi nuklir.

Batas dosis yang diizinkan untuk masyarakat umum adalah 1 mSv/tahun (ICRP). Untuk memastikan batas dosis ini tidak dilampaui dalam operasi suatu instalasi nuklir, harus dilakukan pemantauan lingkungan secara kontinyu di sekitar instalasi tersebut. Suatu jalan untuk melakukan pemantauan ini adalah secara manual, dengan mengirim petugas pemantau lingkungan, baik dengan membawa instrumen pengukur radiasi ataupun untuk membaca instrumen pengukur radiasi yang dipasang secara permanen. Akan tetapi, frekuensi pemantauan manual ini terbatas karena seorang petugas tidak bisa terus-menerus berada di lapangan, serta lembaga pengoperasian instalasi tidak dapat terus-menerus mengirim personil ke lapangan. Karena itu, diperlukan perangkat untuk memantau radiasi secara on-site dan on-line (langsung di tempat pada saat radiasi itu timbul) dan terus menerus. Alat itu harus selalu dapat diakses dari jarak jauh, serta data yang diperoleh dari pengukuran harus dapat disimpan, sehingga dapat diproses secara otomatis bila diperlukan.

Berdasarkan pertimbangan diatas, perangkat tersebut hendaknya berupa suatu jaringan yang terdiri dari sejumlah instrumen pemantau yang dapat dibaca dari jarak jauh oleh suatu pengendali

terpusat, semisal suatu komputer master. Instrumen-instrumen pengukur itu akan bertindak sebagai slave.

Fokus makalah ini adalah membahas rancangan perangkat lunak slave. Namun demikian, bagian lain dari sistem, semisal rancangan sistem keseluruhan dan rancangan perangkat keras berbasis mikroprosesor yang menjalankan perangkat lunak itu juga akan dibahas sejauh diperlukan untuk memahami perangkat lunak.

Isi makalah ini selanjutnya ditata sebagai berikut. Seksi II akan memaparkan langkah-langkah yang ditempuh dalam merancang sistem keseluruhan maupun slave, khususnya perangkat kerasnya. Seksi III secara sekilas akan membahas perangkat keras slave, kemudian membahas rancangan perangkat lunaknya. Seksi IV menyimpulkan makalah ini.

## 2. TATA KERJA

Secara garis besar, tahap-tahap yang diikuti dalam merancang sistem keseluruhan adalah:

1. Pemilihan jenis medium komunikasi.
2. Pemilihan jenis mikrokontroler yang digunakan.
3. Penentuan bahasa pemrograman yang digunakan.
4. Perancangan perangkat keras master.
5. Perancangan perangkat keras slave.
6. Perancangan perangkat lunak master.
7. Perancangan perangkat lunak slave.

Karena fokus makalah ini adalah pada langkah terakhir, makalah ini hanya akan membahas langkah-langkah sebelumnya secara sekilas.

Pada tahap pertama, diputuskan bahwa komunikasi antara slave dan master akan dilakukan secara nirkabel melalui Short Message Service (SMS). Penggunaan medium komunikasi nirkabel memungkinkan pengukuran dilaksanakan tanpa mendatangi lokasi instrumen; dengan demikian, radioaktivitas udara yang keluar dari *stack monitor* suatu instalasi nuklir dapat dipantau dari jauh.

Pada tahap kedua, diputuskan bahwa mikrokontroler yang digunakan adalah seri AT89S8253, karena selain kemampuannya sesuai keperluan, mikrokontroler ini juga mudah didapat dan kompatibel dengan Intel 8051 yang sudah banyak dikenal. Prosesor ini memiliki tiga buah counter/timer 16 bit yang masing-masing dapat digunakan sebagai pencacah sinyal detektor, pewaktu (timer), ataupun pembangkit laju *baud* untuk komunikasi serial. Untuk melakukan komunikasi serial RS-232, rangkaian ini menggunakan MAX232 sebagai interface yang mengkonversi sinyal TTL (5V logic) menjadi sinyal standard RS-232 (12V dan -12V).

Pada tahap ketiga, diputuskan untuk menggunakan bahasa rakitan (*assembly*) untuk 8051 untuk perangkat lunak slave, karena bahas ini sudah dimengerti dengan baik.

Tahap keempat dan kelima dapat ditukar urutannya, atau dilakukan bersamaan; demikian pula tahap keenam dan ketujuh. Hasil penting yang didapatkan adalah rangkaian prosesor untuk slave yang ditampilkan pada Gambar 1.

Perangkat lunak dirancang dan ditulis pada tahap ketujuh.

Rancangan perangkat lunak akan dibahas secara lebih rinci pada seksi berikut.

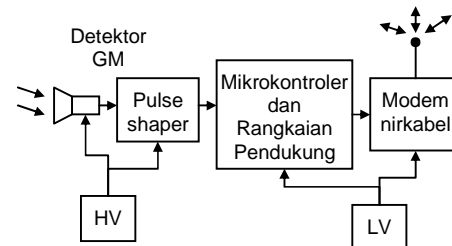
### 3. RANCANGAN SLAVE

Seksi ini ditujukan untuk membahas rancangan perangkat lunak slave. Namun demikian, rancangan perangkat keras juga dibahas seperlunya untuk mengapa perangkat lunak dirancang sebagaimana dilakukan disini.

#### 3.1. Rancangan Perangkat Keras

Slave yang digunakan berupa suatu pengukur yang dirancang untuk bekerja dalam suatu jaringan pengukuran berpusat pada suatu master, tetapi bisa berfungsi secara berdiri sendiri (*stand-alone*). Hal ini diperlukan agar personil perawatan yang datang untuk pemeriksaan rutin dapat mengetahui

tingkat radiasi. Selain itu, bilamana master gagal berfungsi, pemantauan dosis radiasi tetap dapat dilakukan secara manual oleh personil yang dikirim ke lokasi slave, sementara menunggu master kembali berfungsi. Gambar 1 menunjukkan diagram blok slave, sedangkan rancangan prosesor slave ditunjukkan pada Gambar 2 (lampiran 1).



Gambar 1. Diagram Blok Slave

Unit-unit dalam diagram blok berfungsi sebagai berikut:

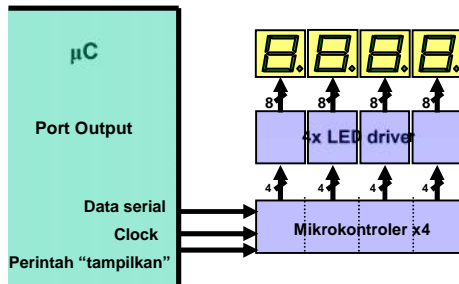
Slave menggunakan detektor GM. Pulsa keluaran GM kemudian dibentuk oleh pembentuk pulsa (*pulse shaper*) agar bentuk *rise/fall* dan tingginya sesuai dengan runtutan mikrokontroler. Detektor GM dan pembentuk pulsa memerlukan tegangan tinggi yang disediakan oleh *High Voltage* (HV).

Blok mikrokontroler dan rangkaian pendukung terdiri dari mikrokontroler yang dilengkapi dengan interface standar komunikasi serial RS-232 beserta rangkaian pendukungnya. Rangkaian prosesor ini bertugas menyediakan basis waktu (*time base*) pencacahan, mencacah (*event counter*), berkomunikasi dengan master, dan menjalankan pengaturan (*setting*) pengukuran. Pengaturan di sini mencakup menyiapkan beberapa fungsi penerimaan dan penyimpanan parameter kalibrasi, mengatur basis waktu pencacahan, dan menampilkan hasil pencacahan di tampilan LED. Tampilan data ini autoranging, dan satuannya pun ditentukan berdasarkan besar dosis yang terukur.

Slave ini memiliki suatu tampilan lokal LED tujuh segmen. Selain itu, modem nirkabel memungkinkan komunikasi dengan master menggunakan *Short Message Service* (SMS).

Modem nirkabel yang digunakan adalah jenis Xstream™-PKG RF [2].

Modem nirkabel ini digunakan untuk berkomunikasi dengan PC master. Prosesor, rangkaian pendukung dan modem nirkabel memerlukan daya tegangan rendah yang disediakan oleh unit *Low Voltage* (LV).



Gambar 3. Hubungan mikrokontroler master, slave, dan tampilan LED

Tampilan LED menggunakan mikrokontroler tambahan sebagai pengendali, sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 3. Masing-masing digit LED dihubungkan dengan satu mikrokontroler yang merupakan slave tampilan dari mikrokontroler pusat yang berfungsi sebagai master tampilan; disini istilah "master tampilan" dan "slave tampilan" mengacu pada mikrokontroler yang berada pada modul slave dari sistem, tetapi berperanan berbeda dalam penampilan data. Bila shift register digunakan sebagai pengganti mikrokontroler, tampilan LED akan berkedip (*flicker*) selama data dikirim secara serial dari mikrokontroler ke LED. Di sini mikrokontroler slave tampilan diprogram untuk menyimpan data terlebih dahulu, dan baru secara serentak menampilkannya menurut perintah mikrokontroler master tampilan. Jauh lebih sukar untuk merancang perangkat keras tanpa mikrokontroler slave tampilan untuk melakukan hal yang sama. Penggunaan mikrokontroler ini menuntut perangkat lunak tambahan, baik untuk mikrokontroler slave tampilan maupun untuk master tampilan, tetapi perangkat lunak slave tampilan tidak akan dibahas di artikel ini.

Pencacahan radiasi dilakukan dengan detektor GM jenis Ludlum 44-25/LND 7311. Suatu karakteristik yang perlu diketahui adalah dead time sepanjang 80  $\mu$ s, yang berarti bahwa laju pulsa tertinggi

yang bisa dicacah adalah  $1/\text{dead time} = 12,5$  kcps. Bahkan, laju pulsa tertinggi yang masih bisa dicacah secara akurat jauh kurang dari itu. Dengan demikian, pencacah 16 bit pada mikrokontroler akan lebih dari cukup untuk mencacah dalam satu detik terakhir, karena dengan 16 bit, kita bisa mencacah hingga  $65535 (= 2^{16} - 1)$  event sebelum timbul overflow.

### 3.2. Rancangan Perangkat Lunak

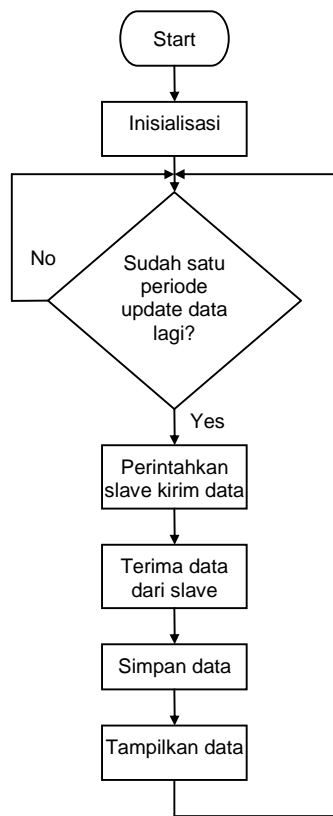
Perangkat lunak slave bekerja berdasarkan interupsi. Gambar 4 dan 5 menggambarkan diagram alir perangkat lunak untuk master dan slave. Perangkat lunak untuk master tidak akan dibahas lebih lanjut.

Perangkat lunak untuk slave ini dapat dianggap terdiri dari tiga bagian:

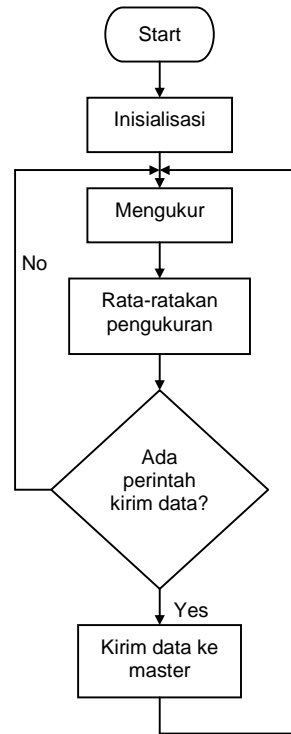
1. Rutin utama
2. Rutin-rutin pelayan interupsi (yang selanjutnya akan kita sebut "pelayan" saja)
3. Rutin-rutin pendukung (yang selanjutnya kita sebut "pendukung" saja).

Dalam pembahasan berikut, rutin-rutin itu akan dirinci. Secara umum, tugas yang merka jalankan adalah:

- Mengatur / menentukan setting operasi cip; hal ini dilakukan oleh rutin utama;
  - Melakukan pencacahan; oleh pelayan;
  - Menjalankan komunikasi data dengan master; oleh pelayan;
  - Menampilkan hasil cacahan di tampilan LED lokal; oleh pendukung;
- Berikut adalah penjelasan tentang rutin-rutin itu adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Blok Diagram alir Konseptual Perangkat lunak Master



Gambar 5. Blok Diagram Alir Konseptual Perangkat Lunak Pengukur / Slave

### 3.2.1. Rutin Utama

Rutin utama, yang dicapai prosesor segera setelah reset, bertugas menginisialisir sistem. Tugas pertama subrutin ini adalah menginisialisir interupsi. Penggunaan sumberdaya cip dan interupsi itu adalah sebagai ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan Timer dan Interupsi

Fitur	Penggunaan	Interupsi
Timer 0	Pewaktu	Ya
Timer 1	Baud rate	Tidak
Timer 2	Pencacah	Ya
External 0	Tampilan LED	Ya
External 1	Lowong	Tidak
Port Serial	Komunikasi	Ya

Catatan :

1) hanya pada slave tampilan, untuk master tidak digunakan

Lebih lanjut, setting lain yang diberikan adalah:

Timer 0: pewaktu atau jam waktu sebenarnya (*real-time clock*, RTC) yang bergerak terus dengan reload (*free-running timer with reload*), mode 2.

Timer 1: pewaktu, pembangkit laju baud, mode 2.

Timer 2: pencacah 16 bit, mode 0.

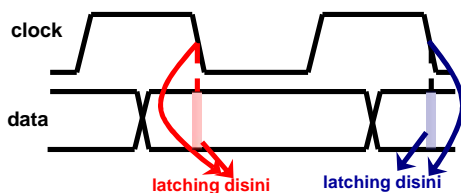
### 3.2.2. Rutin-rutin Pelayan Interupsi

Pelayan Timer 0 mengisi ulang timer untuk menimbulkan tenggat waktu 0,125 detik antara interupsi. Kemudian, subrutin ini memeriksa apakah isi timer buffer 3-byte "tm" sudah dikurangi sampai nol. Bila sudah nol, maka timer 0 dan 2 distop dan isi timer 2 (yang difungsikan sebagai pencacah) ditampilkan di display LED serial.

Timer 1 tidak memerlukan pelayan karena timer yang digunakan sebagai pembangkit baud rate tidak menghasilkan interupsi.

Pelayan timer 2 tidak dibuat karena tidak diperlukan, karena overflow tidak dapat terjadi.

Pelayan External 0 mengatur komunikasi antar-mikrokontroler selama penampilan data di LED. Perhatikan lagi Gambar 3 untuk hubungan antara mikrokontroler master, para slave, dan tampilan LED. Mikrokontroler Master akan memerintahkan para slave untuk menampilkan data di LED. Subrutin pelayan interupsi External 0 digunakan untuk membangkitkan pulsa "clock sintetis" yang digunakan. Diagram timing yang diikuti ditampilkan pada Gambar 6. Perhatikan bahwa data serial bukan dikirim melalui port serial mikrokontroler, melainkan melalui suatu pin input/output biasa.



Gambar 7. Diagram Timing Sinyal Tampilan

Port serial digunakan untuk berkomunikasi dengan master. Slave mengirim data ke master hanya bila diperintahkan oleh master. Karena itu, rutin pelayan port serial, serial\_svc, juga bertugas memilah (*parsing*) perintah dari master. Subrutin ini terutama bertugas melayani interupsi port serial, tetapi sekaligus menemukan perintah yang datang dari PC. Satu-satunya tugasnya

adalah menemukan perintah dalam *array cmd\_buffer*, dan menentukan lokasinya untuk disimpan di *pointer cmd\_pbuffer*. Subrutin ini tidak menjalankan perintah tersebut. Tugas menjalankan perintah, atau menentukan kalau perintah itu tidak valid, menjadi tugas rutin utama. Ada empat perintah yang saat ini digunakan, yang masing-masingnya dinyatakan dengan satu byte. Keempat perintah disimpan dalam suatu tabel lookup 5-byte yang isinya adalah dalam Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Lookup untuk Pemilahan Perintah.

Perintah	Karakter
Ready	"%"
Get address	"?"
Store incoming character	"\$"
End of command	0D hex
Sentinel	

Perintah dari master memiliki format berikut:

$%%?C_1C_2C_3C_4C_5C_6C_7$  parameter <CR>

Huruf-huruf yang dicetak miring harus diikuti secara harfiah. Tiga karakter pertama menandakan kepada slave bahwa master bermaksud memberikan perintah itu kepada klien yang alamatnya dinyatakan kemudian. Subrutin pelayan port serial harus memastikan bahwa perintah itu dimulai dari "%??"; kalau tidak, maka pemeriksaan atas perintah dalam string harus direset, dimulai dari huruf pertama lagi.

Selanjutnya,  $C_1...C_7$  adalah perintah yang sebanyak-banyaknya terdiri dari 7 huruf, diikuti white space dan parameter. Perintah ini harus diakhiri dengan suatu carriage return. Setiap string yang menyimpang dari format perintah baku ini harus diabaikan oleh pelayan port serial, dan tugas menemukan perintah harus dimulai lagi dari huruf pertama.

### 3.2.3. Rutin-rutin Pendukung

Rutin-rutin pendukung terutama merupakan rutin-rutin tingkat rendah, yaitu

rutin-rutin yang dipanggil dari rutin-rutin lainnya. Mereka bertugas melaksanakan tugas-tugas yang merupakan bagian dari tugas utama perangkat lunak, terutama tampilan data di LED.

Sejumlah rutin pendukung, beserta tugas mereka, tercantum pada Tabel 3. Daftar rutin-rutin yang memanggil mereka tercantum di Tabel 4.

Tabel 3. Rutin-rutin Pendukung dan Tugasnya

Rutin Pendukung	Tugas
<b>Pengatur Timer</b>	
Timer_Set	Inisialisasi hasil cacahan
Timer_start	Memulai operasi RTC
Timer_stop	Menghentikan operasi RTC dan pencacah
<b>Pengatur Tampilan</b>	
SendDigitsToSerialLED	Mengirim digit data ke LED serial
DisplayDigit	Menampilkan BCD 4 digit di LED
DisplayDigitOnSerialLED	Menampilkan BCD 4 digit di LED berbasis mikroprosesor
LatchDigit	Mengirim sinyal strobe ke mikrokontroler slave display
SendDigitsToDisplay	Mengirim data satu digit ke display serial
SendToSerialDisplay	Mengirim data empat digit ke display serial
SendQuadDisplay	Kirim data empat byte ke display serial berbasis mikrokontroler
SendByteToSerialLED	Kirim data satu byte ke display serial berbasis mikrokontroler
<b>Interupsi Ekstern</b>	
EXT0_svc	Menciptakan pulsa strobe untuk display
<b>Pelayan Port Serial</b>	
set_serial	Set port serial: UART 8 bit, 2400 bit/detik
serial_in	Membaca data yang datang lewat port serial
serial_out	Mengirim data lewat port serial
<b>Konversi Format Bilangan</b>	
binbcdcv	Konversi biner multibyte ke BCD packed
bcdbin	Konversi BCD packed ke biner multibyte
HexToAscii	Konversi satu digit

	heksadesimal ke satu huruf ASCII representasinya
asciitohex	Konversi satu huruf ASCII ke satu digit heksadesimal yang direpresentasinya
bytetoascii	Konversi satu byte biner ke dua huruf ASCII yang mewakili nilai heksadesimalnya
asciitobcd	Konversi teks / string ASCII ke BCD packed
unpackbcdnumber	Konversi packed BCD ke unpacked BCD

#### 4. KESIMPULAN

- Perangkat lunak pada slave bertugas untuk mengambil data pengukuran, mengirim ke master melalui SMS dan menampilkan ke lokasi display dengan dibantu slave tampilan.
- Data-data yang dikirim ke master PC akan disimpan dalam basis data, untuk memperoleh data pemantauan lingkungan dalam jangka waktu dan kontinyu.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Ka. BAPETEN No.7, Tahun 2009, Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Peralatan Radiografi.
- [2] Datasheet " Xstream – PKG RF Modems" MCS-51
- [3] NATS, Bridging American Technical Service, Alpha/Beta/Gamma Hand Monitor, Model 44-25."

