

PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN SISTEM AKUISISI DATA PARAMETER PROSES REAKTOR KARTINI

Prajitno

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN, Yogyakarta. Email : prajit@batan.go.id.

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN SISTEM AKUISISI DATA PARAMETER PROSES REAKTOR KARTINI. Telah dilakukan perancangan dan pengembangan program komputer untuk sistem akuisisi data parameter proses reaktor Kartini. Sistem dirancang menggunakan komputer tipe industri yang dilengkapi dengan modul elektronik PCL-812PG. Komputer berfungsi untuk mengambil data parameter proses reaktor, memproses dan menampilkan dalam bentuk angka dan diagram batang tegak. Modul elektronik Advantech PCL-812PG dipasang di salah satu slot komputer, berfungsi untuk mengubah masukan sinyal analog menjadi bentuk digital, menerima status sinyal digital dan menghasilkan keluaran digital. Sinyal analog dan status digital didapatkan dari kanal daya logaritmik, kanal daya linier dan tiga buah posisi batang. Data hasil akuisisi digabungkan dalam bentuk blok karakter ASCII, dikirimkan ke komputer utama secara serial melalui protokol komunikasi RS-232. Program komputer yang dikembangkan telah diujicobakan dan digunakan untuk memonitor aktivitas reaktor Kartini saat beroperasi dan memberikan hasil unjuk kerja yang baik.

Kata kunci : sistem akuisisi data, parameter proses reaktor

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF DATA ACQUISITION SYSTEM PROCESS PARAMETERS OF KARTINI REACTOR. Design and development of computer program for data acquisition system of process parameters of the Kartini reactor have been done. Sistem was designed using industrial computer which equipped with electronic module PCL-812PG. The function of computer is to take parameter data of reactor process, processing the data and displaying on the numeric form and bar graphic. Electronics module PCL-812PG was installed in one of computer slot, functions to convert from analog signal to digital, received digital status signal and produce digital output. The analog signal and digital status got from logarithmic power channel, linier power channel dan three control rod. Result of data acquisition is merged in the form of ASCII characters block, send to the master computer serially with communications protocols RS-232. Computer program which has been developed was tested and used for monitoring Kartini reactor operation and give good performance result.

Keywords : data acquisition system, reactor process parameter.

PENDAHULUAN

Sistem Instrumentasi dan Kendali (I & K) yang digunakan untuk mengontrol reaktor Kartini Yogyakarta dirancang untuk dapat memberikan indikasi seluruh keadaan tingkat daya reaktor mulai dari tingkat sumber, reaktor *start-up*, reaktor daya tetap dan reaktor dalam keadaan *shut-down* ^[1].

Metode perlindungan kegagalan sistem proteksi dilakukan dengan metode *diversiter*, yaitu: daya reaktor diukur, dideteksi kegagalannya oleh kanal daya logaritmik (*Wide-Range Log Power Channel*) NLW-2 dengan detektor FC (*Fission Chamber*) dan kanal daya linier NP-1000 dengan detektor CIC (*Compensated Ionization Chamber*), kedua alat ukur tersebut buatan *General Atomic*.

Pengendalian reaktor adalah pengaturan posisi batang kendali sedemikian rupa sehingga reaksi inti berantai terjadi pada suatu tingkat daya yang dikehendaki. Pengaturan dilakukan oleh sub sistem penggerak batang kendali yang dilengkapi deteksi posisi batang kendali.

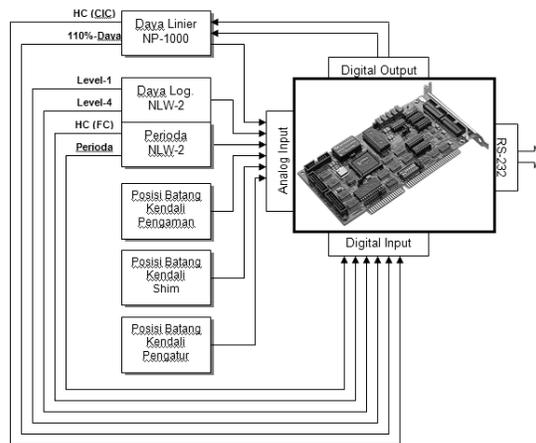
Untuk membantu operator saat mengoperasikan reaktor, sistem dirancang berbasis komputer. Oleh karena itu perlu dikembangkan program komputer yang mendukung sistem tersebut. Tujuan dari pembuatan program komputer adalah agar dapat memberikan gambaran visual dari proses yang terjadi saat reaktor dioperasikan. Perangkat lunak yang mendukung sistem ini tidak dipergunakan untuk aktuasi sistem keselamatan, namun fungsi utamanya adalah akuisisi, mengolah dan menampilkan parameter yang penting bagi operator.

Program yang dikembangkan harus dapat meng-akses modul elektronik PCL-812PG yang dipasang pada slot EISA dan perlu kecepatan yang tinggi (*real time*) sehingga sistem operasi yang digunakan masih menggunakan DOS dan dikembangkan dengan bahasa pemrograman TURBO PASCAL 7.0. Selain itu untuk meningkatkan kehandalan sistem dan menghindari adanya bagian penyimpanan data dan program yang berputar (*disk drive* atau *hard-disk*), sistem dikembangkan dengan menggunakan *IDE-FlashDisk*.

Data parameter pengukur daya, perioda dan posisi batang kendali oleh komputer diproses dan ditampilkan pada layar monitor dengan skala sesuai tampilan meter penampil. Selain ditampilkan pada layar monitor, data hasil akuisisi dalam format ASCII digabungkan dalam bentuk blok karakter dan dikirimkan ke komputer utama secara serial melalui protokol komunikasi RS-232.

Sistem akuisisi data telah diuji coba di laboratorium dengan memberi masukan tegangan DC yang berasal dari kalibrator tegangan dan juga telah digunakan untuk memonitor aktivitas reaktor Kartini saat beroperasi dan memberikan hasil unjuk kerja yang baik.

Blok diagram sistem akuisisi data dan penampil parameter proses reaktor Kartini seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem akuisisi data dan penampil parameter proses reaktor.

TATA KERJA

Advantech PCL-812PG [2]

PCL-812PG adalah modul elektronik multi fungsi; dapat digunakan untuk mengubah masukan analog (16 kanal) menjadi digital 12 bit atau sebaliknya (ADC/DAC), mengeluarkan keluaran digital (*digital output*), membaca masukan digital (*digital input*). Keluaran dan masukan digital adalah 16 bit, yang dibagi menjadi 2 bagian yaitu 8 bit pertama (*port 0*) dan 8 bit kedua (*port 1*). PCL-812PG juga menyediakan fungsi-fungsi *driver* perangkat lunak yang mudah digunakan serta tangguh yang dapat diakses dengan menunjuk tabel parameter yang ditentukan pengguna. Fungsi-fungsi *driver* ini menyederhanakan pemrograman, terutama ketika kita ingin menggunakan sebagian dari fitur rumit yang tersedia pada PCL-812PG. Tegangan analog maksimum yang masuk ke PCL-812PG adalah 5 Volt yang setara dengan 360 titik (*pixel*) tampilan di layar monitor.

Async

Async adalah suatu unit Turbo Pascal yang menerapkan secara penuh *interrupt-driven* (masukan dan keluaran) komunikasi tak serempak untuk PC dan perangkat keras *compatible* sistem.

Kanal daya linier

Kanal daya linier menggunakan detektor jenis kamar ionisasi terkompensasi CIC, dipergunakan untuk mengukur fluks neutron pada tingkat daya. Arus yang sebanding dengan fluks neutron dari detektor CIC tersebut diukur oleh NP-1000 *Percent Power Channel* buatan *General Atomic*, sehingga besarnya daya reaktor dapat ditampilkan dalam satuan % daya.

NP-1000 *percent power channel* mempunyai jangkauan ukur 0-100 K, yang pengukurannya dibagi menjadi 3 jangkauan ukur yaitu : 0-1K, 0-10K, 0-100K. Untuk mengubah jangkauan ukur tersedia masukan digital, sehingga perubahan jangkauan ukur ini dapat dilakukan oleh komputer secara otomatis dengan memantau tegangan keluaran dan komputer mengirimkan data digital ke NP-1000 [3].

Kanal daya logaritmis

Kanal daya logaritmis atau *Wide Range Nuclear Channel* (NLW-2) buatan *General Atomic* menggunakan detektor *Fission Chamber*, perangkat ini dapat menjangkau pengukuran dari level sumber sampai dengan daya penuh serta mengukur periode reaktor [4].

Secara sederhana daya reaktor sebagai fungsi waktu dan penyisipan reaktivitas dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$P = P_0 \cdot e^{\alpha t} \quad (1)$$

Dengan P_0 adalah daya reaktor pada saat $t = 0$, $e = 2,718$ dan $1/\alpha$ didefinisikan sebagai *rate-of-charge* atau periode dari daya reaktor, atau $\alpha = 1/T$, $T =$ periode reaktor.

Nilai α dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\alpha t = \ln \left(\frac{P}{P_0} \right) = 2,3 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad [2]$$

$$\frac{d(\alpha t t)}{dt} = \frac{d \left\{ \ln \left(\frac{F}{F_0} \right) \right\}}{dt} = 2,3 d \left\{ \frac{\log_{10} \left(\frac{F}{F_0} \right)}{dt} \right\} \quad (3)$$

α biasanya dinyatakan dalam *inverse period* dan diukur dalam satuan dekade per menit (DPM), $1/\alpha$ disebut sebagai periode dan diukur dalam satuan detik untuk perubahan daya sebesar e . Sehingga periode reaktor dalam satuan DPM dinyatakan sebagai :

$$DPM = \frac{\frac{60}{2,3}}{\frac{1}{\alpha}(\text{detik})} = \frac{26,06}{\frac{1}{\alpha}(\text{detik})} \quad (4)$$

Penunjukkan daya hasil pengukuran perangkat NLW-2 ditampilkan pada sebuah meter dalam persen daya dengan skala logaritmis 10 dekade. Sedangkan penunjukkan periode laju perubahan daya dalam DPM.

Berdasarkan Laporan Analisis Keselamatan (LAK) [5] periode reaktor Kartini sudah ditentukan tidak boleh lebih kecil dari 7 detik atau 3,7 DPM.

Posisi batang kendali

Sinyal analog posisi batang kendali berasal dari tegangan *tap* dari potensiometer yang bervariasi dengan naik atau turunnya batang kendali, dimana potensiometer ini posisinya terpasang seporos dengan motor penggerak sambungan batang kendali. Tegangan potensiometer adalah 5 Volt yang ekuivalen dengan posisi batang kendali saat ditarik maksimum keatas (38 cm).

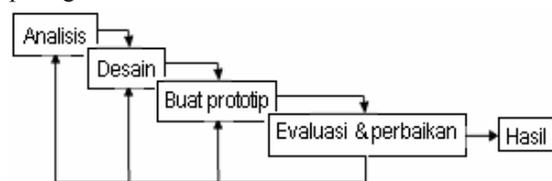
Trip

Rangkaian trip dipergunakan untuk memonitor suatu besaran yang dibatasi dan akan mengubah status trip apabila besaran yang dimonitor berada diluar batas-batas yang telah ditentukan. Batas-batas trip reaktor Kartini yang perlu ditampilkan adalah sebagai berikut :

- Trip satu daya tegangan tinggi CIC.
- Trip daya linier maksimum.
- Trip satu daya tegangan tinggi FC.
- Trip periode daya logaritmis.
- Trip aras sumber.
- Trip aras atas atau 110% daya logaritmis.

Siklus kerja pembuatan prototip perangkat lunak

Secara sederhana siklus kerja pembuatan prototip perangkat lunak dapat digambarkan seperti pada gambar 2 [6].



Gambar 2. Siklus kerja pembuatan prototip perangkat lunak.

Analisis merupakan proses menganalisis keperluan yang terdapat pada permasalahan yang ada. Desain adalah proses perancangan dari prototip permasalahan dengan titik berat dalam hal format pemasukan dan keluaran data yang diharapkan. Buat prototip adalah pembuatan model secara keseluruhan dari rencana pemecahan masalah. Evaluasi dan perbaikan dilakukan terhadap prototip yang telah dibuat, apabila ada perubahan maka perlu diperbaiki

sesuai dengan keinginan pengguna. Hasil merupakan hasil prototip yang dibuat dimana telah disetujui oleh pengguna.

Sistem koordinat layar monitor

Sistem koordinat dari layar monitor ditentukan dengan menandai posisi 0,0 berada pada pojok kiri atas dan posisi maksimum berada pada pojok kanan bawah. Koordinat X adalah posisi mendatar yang nilainya bertambah dari kiri ke kanan, untuk koordinat Y bertambah dari atas ke bawah.

Pseudocode

Program Design Language atau *pseudocode* adalah bahasa pasaran yang menggunakan kosakata dari suatu bahasa (misalnya: bahasa Inggris, Indonesia) dan keseluruhan sintaks dari yang lain misalnya sebuah bahasa pemrograman terstruktur.

Program Akuisisi;

Mulai

Inialisasi PCL-812PG;
Inialisasi komunikasi data RS-232;
Tampilkan kerangka tampilan layar;

ulang

Baca data masukan daya linier;
Jika daya linier >50% **dan** jangkauan ukur <> 3 **maka** ubah jangkauan ukur lebih besar;
Jika daya linier <3% **dan** jangkauan ukur <> 1 **maka** ubah jangkauan ukur lebih kecil;
Baca data masukan daya logaritmis;
Baca data masukan periode;
Baca data posisi batang kendali;
Baca status trip;
Perbarui data tampilan layar monitor;
Gabungkan semua data masukan dan kirimkan ke port serial;

sampai selesai;

Selesai.

Unit Kerangka tampilan layar;

Mulai

Tampilkan Kotak_Tanggal;
Tampilkan Kotak_Logo;
Tampilkan Trip;
Tampilkan Manual_auto;
Tampilkan kerangka diagram batang daya logaritmis NLW2;
Tampilkan kerangka diagram batang periode NLW2;
Tampilkan kerangka diagram batang daya_linier NP-1000;
Tampilkan gambar tangki reaktor;
Tampilkan kerangka batang kendali;
Tampilkan kotak_Temperature;
Tampilkan Identitas institusi;

Selesai.

Unit Memperbarui data tampilan layar monitor :

Mulai

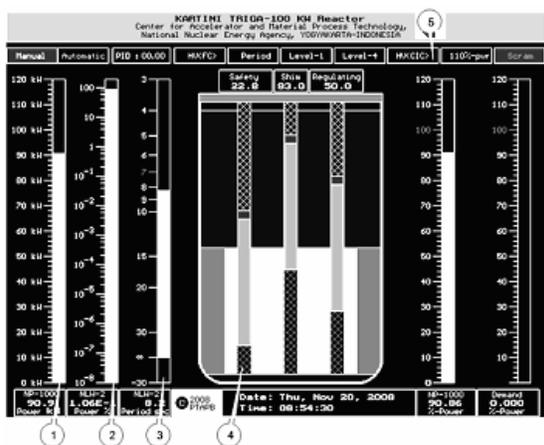
Perbarui tanggal;

ambil_data;
 Perbarui daya;
 Perbarui batang_kendali;
 Perbarui perioda_reaktor;
 Perbarui persendaya_linier;
 Jika terjadi trip maka ubah warna sesuai lokasi trip;

Selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan pengembangan yang telah dicapai saat ini merupakan sebuah paket program aplikasi reaktor yang telah diujicobakan dan digunakan untuk memonitor aktivitas reaktor Kartini, dengan tampilan di layar monitor seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan sistem akuisisi data parameter proses reaktor Kartini.

Pada bagian paling kiri tampilan 1 adalah diagram batang tegak daya linier NP-1000 dengan warna *lightgreen*, dibagi menjadi 12 bagian skala linier dan diberi label dari 0 sampai 120, dimana pada keterangan satuan akan secara otomatis berubah sesuai dengan daya reaktor yang dipantau yaitu: mW (milli Watt), W (Watt) dan KW (Kilo Watt). Apabila daya reaktor lebih besar dari 100 KW warna batang akan berubah menjadi kuning dan bila daya lebih besar dari 110 KW berubah menjadi merah.

Tampilan 2 adalah persen daya logaritmis NLW-2, dibagi menjadi skala linier 10 dekade yang mana tiap dekade-nya adalah 35 titik, sisanya skala 10 titik untuk menunjukkan daya reaktor lebih besar dari 100%. Setiap dekade dibagi dengan 5 skala logaritmis, oleh karena itu data per dekade harus di-*log*-kan namun karena Turbo Pascal tidak memiliki fungsi *log* maka fungsi diubah menjadi: $\log(n) = \ln(n)/\ln(10)$. Tampilan 3 perioda reaktor yang ditampilkan dalam satuan detik yang merupakan hasil konversi dari DPM. Apabila perioda reaktor lebih kecil dari 8 detik atau setara dengan 3,26 DPM warna batang tegak akan berubah menjadi kuning dan bila lebih kecil dari 7 akan berubah warna merah karena reaktor terjadi

scram. Tampilan 4 adalah posisi batang kendali, dari hasil pengamatan ternyata pada saat posisi paling bawah tegangan potensiometer tidak nol dan berbeda antara batang yang satu dengan batang lainnya, seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Tegangan potensiometer penggerak batang kendali.

No.	Nama batang kendali	Teg. maksimum (V)		Teg. minimum (V)	
		Rancangan	Terukur	Rancangan	Terukur
1.	Pengaman	5,00	4,378	0,00	0,710
2.	Kompensasi	5,00	4,399	0,00	0,778
3.	Pengatur	5,00	4,369	0,00	0,696

Agar tegangan yang terukur hasil akuisisi dapat tertampil pada layar monitor dari 0 sampai 100% atau 0 sampai 38 cm, maka perlu dilakukan perhitungan berdasarkan data pada tabel 1 yaitu :

$$\text{Teg. Pengaman} = (\text{Teg. Pengaman} - 0,710) * (5 / (4,378 - 0,710)),$$

$$\text{Teg. Kompensasi} = (\text{Teg. Kompensasi} - 0,778) * (5 / (4,399 - 0,778)),$$

$$\text{Teg. Pengatur} = (\text{Teg. Pengatur} - 0,696) * (5 / (4,369 - 0,696)).$$

Tampilan 5 memantau jika operasi reaktor terjadi trip, proses deteksi trip masih menggunakan sistem pooling yaitu di cek satu persatu, sehingga mungkin terjadi komputer terlambat menanggapi kejadian trip. Semua trip yang terjadi oleh komputer dicatat dan disimpan dalam file yang digunakan untuk sejarah operasi.

Data hasil akuisisi parameter proses reaktor Kartini masing-masing dengan panjang 5 karakter digabungkan menjadi satu blok 30 karakter ASCII, dikirimkan ke *port* serial. Telah dicoba mengirim blok data dengan baut rate mulai 9600 bps sampai 115200 bps dan blok data dapat diterima dengan sempurna.

Program komputer yang dikembangkan telah dikompilasi menjadi file eksekusi (EXE) sebesar 80 Kbyte. Ditambah program *driver* PCL-812PG 12 KB dan program komunikasi serial *async* 28K, sehingga total memori yang diperlukan adalah 120 KB.

KESIMPULAN

Pengembangan perangkat lunak telah berhasil direalisasikan menjadi paket program aplikasi dan telah diujicobakan di reaktor Kartini dengan hasil yang baik.

1. Sesuai dengan siklus pembuatan perangkat lunak masukan-masukan dari pengguna (operator reaktor) masih diperlukan untuk menyempurnakan unjuk kerja.
2. Sistem deteksi trip masih perlu ditingkatkan, bila memungkinkan dengan teknik interupsi agar komputer dapat segera menanggapi bila trip terjadi.
3. Data hasil akuisisi parameter proses reaktor Kartini telah diujicoba dikirimkan ke komputer utama dengan baud rate 115.200 bps dengan hasil yang sempurna.

4. Paket program aplikasi memerlukan memori 120 KB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Dra. Dewita, Djati Gunawan, ST., Wagirin, S.ST. atas bantuannya melakukan pemasangan hardware dan wiring di konsol reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

1. **WIDI SETIAWAN**, Rancangan Dasar Instrumentasi dan Kendali Mesin Berkas Elektron, Dokumen Proyek Rancang Bangun MBE No. RD-1/05/97, Rev.0 (1997).
2. **PCL-812PG** High Performance Data Acquisition Card, PC-LabCard User's Manual (1993) .
3. **TRIGA-Reactor**: Operation and Maintenance Manual NP-1000/NPP-1000 Percent Power Channel, General Atomics (1991).
4. **GA-Technologies**: Wide-Range Log Power Channel NLW-2; Operation and Maintenance Manual, (1983)
5. **Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Kartini**, Pustek Akselerator dan Proses Bahan, BATAN, Rev. 7, (2008).
6. **S.Pressman, Roger S**, Software Engineering A Practitioner's Approach, McGraw Hill Book Company (1997).

TANYA JAWAB

Kristedjo K

- Hal baru apa yang diperkenalkan dalam tulisan ini, melihat teknologi yang digunakan sudah lama dan tidak digunakan di industri pada saat ini?

- Apakah perubahan jangkau ukur memberikan hasil pengukuran yang kontinyu dan tepat dan bagaimana hasil pengukuran pada kondisi *real* operasi reaktor?

Prajitno

- *Tidak ada teknologi yang baru, tetapi lebih memenuhi tuntutan hasil inspeksi INSARR dari IAEA dengan menggunakan modul-modul elektronik yang sudah ada.*
- *Pengujian dilakukan menggunakan pico ampere source (Keithley) dan memberikan hasil yang kontinyu. Pada kondisi real operasi reaktor, perpindahan jangkauan dapat kita amati pada posisi bar graph serta tampilan numerik dan memberikan hasil yang kontinyu.*

Pramudita Anggraita

- Masalah apa yang masih terjadi pada akuisisi data trip dan apa yang akan dilakukan untuk mengatasinya?

Prajitno

- *Akuisisi data digital saat ini masih menggunakan teknik polling, sehingga memungkinkan terjadinya keterlambatan komputer dalam menerima informasi. Cara mengatasinya adalah dengan mencoba modul Advantech yang mempunyai fasilitas interupsi ke komputer.*