

PEMBUATAN SISTEM AKUISISI DAN PENGOLAHAN DATA UNTUK TUJUAN PEMANTAUAN, DIAGNOSIS, DAN PREDIKSI PERAWATAN. ANALISA SPEKTRUM SINYAL DETEKTOR NEUTRON RSG-GAS

Jupiter Sitorus Pane,
Setiyono, Kristedjo, Azriani

ABSTRAK

PEMBUATAN SISTEM AKUISISI DAN PENGOLAHAN DATA UNTUK TUJUAN PEMANTAUAN, DIAGNOSIS, DAN PREDIKSI PERAWATAN. ANALISA SPEKTRUM SINYAL DETEKTOR NEUTRON RSG-GAS Salah satu teknik yang digunakan untuk memantau dan mendiagnosis unjuk kerja sistem maupun komponen adalah dengan analisis spektrum derau. Sinyal yang berasal dari detektor dikualifikasi dengan memperhatikan sifat statistiknya dan dianalisis dengan mempelajari spektrum energi sinyal yang dihasilkan. Pengambilan dan pengolahan data sinyal yang berasal dari sinyal detektor neutron JKT03 CX 811-814 telah dilakukan dengan menggunakan peralatan ECN-DSA. Hasil analisis membuktikan bahwa anomali yang teramati pada spektrum energi detektor JKT03 CX 831 adalah disebabkan adanya perubahan unjuk kerja atau kerusakan pada detektor beserta rangkaian yang terkait. Pembuatan sistem akuisisi dan pengolahan data, dalam kapasitas terbatas, telah berhasil dikembangkan. Perangkat akuisisi data dibuat dengan menggunakan kartu akuisisi data AT2150C dengan program pengendali NI-DAQ. Program pengolah data dibagi dalam dua bagian yaitu pengolah statistik, yang digunakan untuk kualifikasi sinyal, dan program Transformasi Fourier Diskrit, yang digunakan untuk menganalisis spektrum energi sinyal. Seluruh program perangkat lunak dibuat dengan menggunakan bahasa program Pascal.

ABSTRACT

DEVELOPING DATA ACQUISITION AND PROCESSING SYSTEM FOR MONITORING, DIAGNOSIS, DAN PREDICTIVE MAINTENANCE. ANALYSIS OF NEUTRON DETECTOR SPECTRUM SIGNAL OF RSG-GAS. One of several techniques used to monitor and diagnose signal spectrum is noise spectrum analysis. Signal from detectors were qualified by considering their statistical behavior, and analyzed by investigating their power spectrum. Acquiring and processing data of neutron detector JKT03 CX 811-814 had been performed using ECN-DSA. Analysis result proved that a power spectrum anomaly of JKT03 CX 831 was caused by the changing of detector and its circuit performance. A new data processing and acquisition system, in limited capacity, has been successfully established. The acquisition tool is built using AT2150C card and NI-DAQ software. The data processing software is divided into two sections i.e. Statistical analysis, which is used to qualifying data, and Discrete fourier transformation, which is used to analyze power spectrum of the data. The software is made using Pascal Language.

I. PENDAHULUAN

Dalam mengembangkan penguasaan terhadap teknologi pemantauan dan diagnosis dan perawatan prediksi telah dilakukan beberapa pengukuran terhadap sinyal yang berasal dari berbagai detektor seperti detektor tekanan, vibrasi dan neutron, dengan menggunakan peralatan akuisisi dan pengolahan data komersial. Pengukuran ini dimaksudkan untuk mempelajari pemanfaatan analisis derau pada sistem dan komponen RSG-GAS, untuk mendukung secara

konseptual pembuatan sistem akuisisi dan pengolahan data untuk tujuan monitoring, diagnosis, dan perawatan prediksi.

Beberapa pemodelan sistem dan komponen yang telah dibuat dan hasil pengamatan terhadap sinyal yang dihasilkannya menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara model sistem dan hasil pengukuran [1,2].

Penelitian terhadap power spektrum yang dihasilkan detektor neutron JKT03 CX 811-841 ditujukan untuk mempelajari karakteristik spektrum yang dihasilkan oleh detektor neutron

tersebut dan membandingkan hasilnya. Dari hasil perbandingan tersebut dapat diketahui unjuk kerja masing-masing detektor neutron yang diamati.

Secara umum juga dilaporkan hasil pembuatan program akuisisi dan pengolahan data yang akan digunakan untuk pemantauan dan diagnosis dan perawatan prediksi. Dalam program ini digunakan analisa statistik untuk mengkualifikasi sinyal, dan Transformasi Fourier Diskrit untuk mempelajari spektrum energi sinyal. Kartu akuisisi data AT2150C digunakan sebagai perangkat akuisisi dengan program NI-DAQ sebagai pengendali.

II. LATAR BELAKANG TEORI

Pengamatan dan diagnosis terhadap parameter proses dari suatu sistem proses merupakan langkah pengamatan yang sangat diperlukan karena melalui parameter proses tersebut dapat diketahui keandalan maupun unjuk kerja sistem maupun alat ukur yang digunakan, khususnya bagian alat ukur sensor. Detektor akan menerima segala informasi dan mengkonversinya menjadi sinyal listrik sesuai dengan kondisi detektor itu sendiri. Apabila detektor berada dalam kondisi yang baik maka hasil pencatatannya akan benar, sebaliknya apabila detektor dalam kondisi yang tidak baik maka hasil pengamatannya tidak dapat menunjukkan keadaan yang sebenarnya. Dalam penelitian ini, untuk mengamati baik tidaknya unjuk kerja detektor dilakukan dengan cara membandingkan spektrum energi detektor sejenis pada saat mengukur sumber yang sama.

Spektrum derau merupakan salah satu sumber yang mengandung informasi mengenai kejadian-kejadian kondisi dinamik yang ada pada suatu sistem proses maupun komponen, baik dalam keadaan normal maupun abnormal [3].

Karakteristik spektrum derau ini bersifat unik sesuai dengan kondisi dinamik proses itu sendiri dan alat ukur yang digunakan dari sensing line sampai *transmitter*nya. Perubahan-perubahan yang terjadi pada spektrum tersebut dapat merupakan indikator adanya kelainan pada sistem dan komponen, maupun detektor dan *transmitter*nya.

Dengan mempelajari hasil pengolahan data, yaitu berupa karakteristik parameter yang diamati, dapat dilakukan beberapa analisis atau diagnosis terhadap sifat-sifat maupun perubahan sifat fisik sistem dan komponen maupun sensor dan *transmitter*nya.

2.1 Model Dinamik Sensor

Dalam suatu pengukuran keluaran kerapatan spektrum energi sensor yang dihasilkan merupakan fungsi dari fungsi alih sensor (H_d), fungsi alih jalur transmisi (H_T), fungsi alih instrumentasi pengukuran, dan fungsi alih reaktor (H_k), derau ekivalen sumber neutron G_{ss} , derau elektromagnetik (G_{em}), derau deteksi radiasi (G_{dd}), dan derau alat ukur (G_{mm}). Dalam persamaan dituliskan sebagai :

$$G_{yy}(\omega) = G_{ss}(\omega) H_k(\omega) H_d(\omega) H_m(\omega) + G_{dd}(\omega) H_{dd}(\omega) H_T(\omega) H_m(\omega) + G_{em}(\omega) H_d(\omega) H_T(\omega) H_m(\omega) + G_{mm}(\omega) H_m(\omega) \quad (2.1.1)$$

Terjadinya perubahan sifat/besaran dari tiap fungsi transfer baik oleh kerusakan atau degradasi dapat menyebabkan perubahan kepada fungsi transfer total. Dengan demikian hasil pengamatan spektrum yang dikeluarkan oleh sistem

pengukuran secara keseluruhan akan berubah pula. Perubahan ini disebut anomali.

2.2 Analisis Sinyal

Dalam melakukan analisis sinyal, pertama sekali dilakukan pengamatan besaran-besaran statistik sinyal random dengan menghitung harga-rata-rata, deviasi standard, variansi, dan kerapatan amplitudo (APD) sinyal. Hanya sinyal-sinyal yang memenuhi syarat random dan stasioner yang dapat digunakan untuk pengolahan data dengan analisa Fourier.

Kerapatan spektrum energi (Power Spectrum Density, PSD) akan menggambarkan sifat energi dari masing-masing masing-masing sinyal. Oleh karena itu, spektrum energi inilah yang selanjutnya dijadikan dasar untuk mengetahui adanya perubahan-perubahan pada sifat spektrum sinyal yang keluar dari masing-masing detektor. Berikut ini diuraikan secara teori program analisis sinyal Fourier yang digunakan dalam penelitian ini dan merupakan rumusan-rumusan yang digunakan dalam membuat perangkat lunak sistem akuisisi dan pengolahan data yang sedang dikembangkan.

2.2.1 Transformasi Fourier Sinyal

Setiap fungsi yang periodik dapat dinyatakan sebagai hasil penjumlahan fungsi-fungsi sinusoidal dalam suatu persamaan yang disebut deret fourier. Untuk mengetahui periode atau frekuensi dari fungsi-fungsi yang terlibat maka para peneliti ataupun teknolog banyak menggunakan teknik analisa fourier.

Dalam melakukan analisis terhadap spektrum sinyal, Transformasi Fourier digunakan

untuk menganalisa spektrum frekuensi yang dikandung oleh sebuah sinyal. Karena sesungguhnya suatu sinyal merupakan kumpulan dari sinyal-sinyal dengan frekuensi yang berbeda. Dengan diketahuinya frekuensi sinyal yang diamati mudalah bagi kita mengidentifikasi frekuensi suatu sistem. Selanjutnya perubahan-perubahan gejala-gejala fisik dari sistem tersebut dapat dipelajari dengan mengamati spektrum energi sistem tersebut. Pengamatan dengan transformasi fourier ini disebut sebagai pengamatan dalam domain frekuensi.

Suatu sinyal yang dinyatakan dengan fungsi waktu $f(t)$ dapat ditransformasikan kedalam domain frekuensi dengan menggunakan persamaan berikut :

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{j\omega t} dt.$$

2.2.1

Selanjutnya dengan transformasi ini dapat dilakukan berbagai analisa tentang kerapatan spektrum, dari sebuah sistem proses yang sedang diamati.

2.2.2 Transformasi Fourier Diskrit

Secara diskrit bentuk transformasi fourier di atas dapat ditulis sebagai :

$$F_m = \sum_{n=0}^{N-1} f_n e^{-j(2\pi m n / N)}$$

2.2.2

dimana :

f_n = adalah himpunan data diskrit

N = jumlah data diskrit

2.2.4

2.2.3 Fungsi Korelasi

Hubungan antara peubah-peubah dalam suatu fungsi dapat ditentukan dengan menguji sifat ke-ortogonal-an antara peubah tersebut. Bila nilai ke-ortogonal-an kedua peubah nol, maka kedua peubah tersebut saling bebas, bila tidak, kedua peubah saling bergantung. Sifat ini dimanfaatkan pada fungsi korelasi. Bila nilai korelasi antara dua peubah ada, maka salah satu diantara peubah dapat dinyatakan dengan peubah lain. Fungsi ini dapat dibedakan atas dua jenis yaitu fungsi korelasi diri (Autocorrelation function) dan fungsi korelasi silang (Cross-correlation function).

2.2.4 Fungsi Korelasi diri (Autocorrelation function)

Korelasi antara satu jenis peubah terhadap dirinya sendiri pada waktu yang berbeda disebut fungsi korelasi diri. Fungsi ini dapat dituliskan dengan

$$C_{xixi}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x_i(t)x_i(t+\tau)dt$$

2.2.3

dimana $x_i(t)$ adalah peubah pada saat t dan $x_i(t + t)$ peubah yang sama tetapi telah bergeser sejauh t detik.

Untuk sinyal diskrit bentuk pendekatan dari fungsi korelasi diri dinyatakan dengan menggantikan tanda integral dengan tanda penjumlahan berikut

$$C_{xx}(\tau) = \frac{1}{2T} \sum_{i=0}^{N-1} x_i(t)x_i(t+\tau)$$

2.2.5 Fungsi Korelasi Silang (Crosscorrelation function)

Untuk mengetahui hubungan antara dua peubah yang tidak sejenis, misalnya antara nilai masukan dengan nilai keluaran sebuah sistem, atau antara dua sumber yang berbeda di dalam satu sistem, dapat ditentukan dengan cara mencari hubungannya melalui fungsi korelasi silang. Fungsi korelasi silang dapat dituliskan sebagai

$$C_{x_i y_i}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x_i(t)y_i(t+\tau)dt$$

2.2.5

dimana $x_i(t)$ satu peubah saat t dan $y_i(t)$ peubah lain yang mengalami translasi sejauh t detik.

Untuk sinyal diskrit pendekatan dilakukan seperti di atas dengan menuliskan rumus menjadi

$$C_{xy}(\tau) = \frac{1}{2T} \sum_{i=0}^{N-1} x_i(t)y_i(t+\tau)$$

2.2.6

2.2.6 Fungsi Rapat Spektrum Daya Sinyal (Power Spektral Density, PSD)

Pada hakekatnya fungsi korelasi tidak memiliki arti fisis di dalam praktek yang sebenarnya, tetapi dapat menjadi alat bantu untuk menurunkan suatu fungsi fisis lain yang disebut fungsi rapat daya spektrum. Dari segi makna

fisisnya rapat daya spektrum menyatakan jumlah energi yang dikandung oleh sinyal dalam suatu jangkauan frekwensi tertentu. Daerah luasan di bawah kurva fungsi ini menyatakan energi total dari seluruh komponen yang terkandung di dalam sinyal. Timbulnya perubahan kondisi suatu sistem yang mengeluarkan derau dapat dipantau dengan mengamati perubahan luas total daerah di bawah kurva. Pertambahan luas di bawah kurva PSD dari keadaan semula menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan kondisi komponen-komponen di dalam sistem.

Fungsi Rapat Daya Spektrum dapat dibedakan atas dua bagian, yaitu fungsi rapat daya spektrum diri (*auto power spectrum density*) dan fungsi rapat daya spektrum silang (*cross power spectrum density*).

2.2.7 Fungsi Rapat Spektrum Diri (APSD)

Fungsi ini menyatakan rapat energi sinyal dari sebuah sinyal tunggal. Fungsi rapat daya spektrum diri dapat dinyatakan dengan

$$\phi_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} C_{xx}(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

2.2.7

bentuk fungsi ini adalah merupakan transformasi fourier dari fungsi korelasi diri C_{xx} .

2.2.8 Fungsi Rapat Spektrum Silang (CPSD)

Rapat daya spektrum silang antara dua sinyal yang berlainan dapat ditentukan dari persamaan berikut

$$\phi_{xy}(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-\infty}^{+\infty} C_{xy}(t) e^{-j\omega t} dt$$

2.2.8

Jadi seperti pada fungsi rapat daya spektrum diri, fungsi rapat daya spektrum silang juga merupakan transformasi fourier dari nilai korelasi silang antara dua sinyal yang berlainan. Bila persamaan (2.2.8) diselesaikan dengan mengubah bentuk peubahnya akan diperoleh hasil sebagai

$$\phi_{xy}(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} [F_T(\omega) F_2(\omega)] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} [F_1(\omega) F_2(\omega)]$$

2.2.9

dimana :

F_1 = fourier transfer sinyal x ,

F_2 = fourier transfer sinyal y .

Tanda asterisk menyatakan pasangan konjugat kompleks dari bentuk eksponensialnya. Bentuk tersebut bersifat komute seperti pada persamaan tersebut.

Dalam prakteknya pengolahan rapat energi spektrum dilakukan dengan menggunakan Diskrit Fourier.

III. PENGUKURAN SPEKTRUM NEUTRON

Susunan peralatan yang digunakan dalam pengukuran ini terdiri dari :

1. Detektor neutron jenis Compensated Ionization Chamber (CIC)

2. Amplifier dan Filter
3. Panel CWJ 01, sebagai penghubung sinyal yang datang dari detektor.
4. Perangkat analisis Dynamic Analyzer
5. Komputer dan Printer

Secara blok diagram, aliran sinyal dari detektor sampai ke panel CWJ 01 di RCU dan akuisisi data dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2.

IV. HASIL PENGUKURAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pengukuran dilakukan pada daya reaktor rata-rata 25 MW dengan waktu cuplik sample 1/80 detik. Pengukuran dilakukan untuk detektor CIC JKT03 CX 811, CX821, CX831, dan CX841. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.1 s/d 4.4.

Hasil pengukuran ini menunjukkan pola APD dan NAPSD yang sama, dimana pola APDnya menyimpang dari distribusi gauss. Hal ini membuktikan bahwa hasil pengukuran tidak memenuhi persyaratan stationer sehingga data tersebut tidak dapat dianalisis. Artinya spektrum APSD yang dihasilkan tidak menunjukkan gejala yang sebenarnya.

Kemungkinan penyebabnya adalah karena sumber neutron yang diukur telah mengalami gangguan sepanjang sirkuit. Dari gambar 3.1 dan 3.2 jelas terlihat bahwa sinyal dari detektor tidak secara langsung dicuplik oleh peralatan akuisisi. Demikian pula sinyal yang dihubungkan ke panel CWJ 01 telah diperkuat oleh buffer dengan frekuensi patah lebih kurang 10 Hz. Ini berarti sinyal di atas 10 HZ adalah sinyal sebarang dan tidak dapat dianalisis.

Untuk mendapatkan hasil yang benar maka pengamatan harus dilakukan dari ruang Sistem Proteksi Reaktor. Pada lokasi ini sinyal keluaran detektor belum mengalami rugi-rugi sebagai akibat adanya pencabangan dan penambahan sirkuit. Hasil pengukuran yang dilakukan di ruang RPS dapat dilihat pada gambar 4.5 s/d 4.8.*)

Dari hasil pengukuran ini terlihat bahwa sinyal yang berasal dari detektor JKT03 CX811, 821, 841 sangat mendekati Distribusi Gauss, sedangkan sinyal JKT02 CX831 tidak terdistribusi secara normal. Ada dua kemungkinan penyebab terjadinya anomali pada sinyal detektor ke (3) ini antara lain terganggunya distribusi fluks neutron pada lokasi detektor, atau adanya kerusakan pada alat ukur. Dengan mengacu pada hasil pengukuran detektor yang lain maka kemungkinan adanya gangguan pada distribusi fluks neutron tidak dapat diterima karena hasil pengukuran detektor lain tersebut cukup sempurna. Dengan demikian kemungkinan yang kedualah yang menjadi penyebab utamanya. Dari informasi lapangan ternyata detektor CIC JKT03 CX831 memang sedang mengalami kerusakan.

Beberapa kemungkinan bentuk kerusakan detektor telah diamati antara lain kerusakan pada sistem pengkabel detektor, berkurangnya gas isian detektor, dan perubahan bahan sensitif neutron yang ada pada detektor. Dari pengalaman terhadap gejala kerusakan detektor JKT03 CX831 dicurigai telah terjadi gangguan pada sirkuit transmitter detektor.

Dari hasil penelitian ini jelas terlihat bahwa pengukuran derau yang dilakukan terhadap sinyal detektor telah dapat menunjukkan gejala degradasi terhadap untuk kerja detektor. Secara lebih umum dapat dikatakan bahwa metode analisis derau dapat digunakan untuk tujuan

pemantuan dan diagnosis parameter proses. Dengan membandingkan laju perubahan suatu bentuk spektrum lainnya akan dapat diprediksi kecenderungan waktu rusaknya.

V. PEMBUATAN SISTEM AKUISISI DAN PENGOLAHAN DATA

Perangkat lunak sistem akuisisi dan pengolahan data telah berhasil dikembangkan pada batas-batas kemampuan tertentu. Perangkat lunak ini dibuat dengan menggunakan bahasa Pemrograman Pascal 7.0. Secara garis besar program ini bekerja dalam dua (2) program utama yaitu program untuk akuisisi data dan program untuk pengolahan data. Pada saat program dibuka akan tampil menu pilihan

1. Akuisisi data
2. Olah Data Domain Waktu
3. Olah Data Domain Frekuensi
4. Selesai

Pilihan akuisisi data memerintahkan peralatan untuk melakukan akuisisi data. Data yang diambil kemudian disimpan dalam File Data. Selanjutnya data yang sudah diambil dapat diolah dengan menekan menu olah data (2) dan (3). Pengolahan data dapat dilakukan untuk mengolah data lama tanpa harus melakukan akuisisi data terlebih dahulu.

Untuk peralatan akuisisi data digunakan kartu akuisisi data AT2150C yang digerakkan oleh program pengendali NI-DAQ. AT2150C merupakan kartu akuisisi yang dirancang untuk keperluan DSA (Dynamics Signal Acquisition) dengan menggunakan PC. Kartu ini memiliki empat kanal masukan 16-bit yang dapat dicuplik secara simultan. ADC dari AT2150C juga

dilengkapi dengan filter anti aliasing digital. ADC dapat dioperasikan mencuplik data pada laju maksimum 512 Khz. Kartu akuisisi ini juga dilengkapi dengan rangkaian penyangga FIFO-256-word.

Untuk mengendalikan karu AT2150C digunakan perangkat lunak NI-DAQ untuk komputer berbasis DOS maupun windows. NI-DAQ dilengkapi dengan pustaka fungsi untuk inialisasi, pengendalian pencuplikan data maupun pengolahan data signal (DSA). Pustaka fungsi ini dapat dipanggil programmer dengan menggunakan bahasa pemograman biasa (Visual Basic, Borland C++, dll). Dalam penelitian ini digunakan bahasa pemograman Turbo Pascal versi 7.0.

Perangkat lunak pengolahan data dirancang untuk dapat membaca data yang telah dicuplik dan disimpan dalam File Data dalam bentuk pasangan data variabel bebas dan variabel tak bebas. Selanjutnya bila dikehendaki data tersebut dapat ditampilkan pada screen. Selanjutnya data diolah untuk mencari sifat-sifat statistiknya berupa harga rata-rata, variasi, dan distriusi normalnya. Pengolahan data ini dimaksud untuk menentukan keabsahan apakah data bersifat stationer atau tidak. Dengan menggunakan prosedur Diskrit Fourier dapat dihitung kerapatan Spektrum Energi sinyal.

Pada pengolahan data ini jumlah data yang diolah masih terbatas mengingat waktu hitung program masih sangat lama. Percepatan terhadap program hitung masih dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma yang lebih efisien. Dari hasil pengamatan dengan menggunakan data-data yang terbatas terlihat bahwa program-program yang dibuat telah menunjukkan hasil yang memadai.

Dengan dikuasainya teknik pemrograman ini maka pengembangan lebih lanjut untuk memanfaatkan fungsi analisis lain dapat dilakukan dengan mudah.

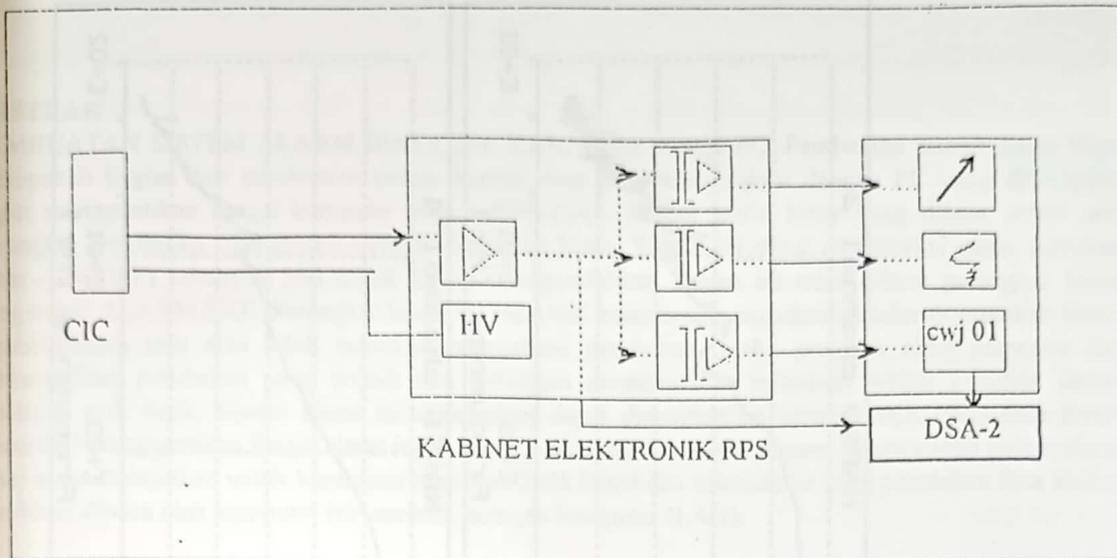
VI. KESIMPULAN

Pengamatan spektrum sinyal derau detektor neutron JKT03 CX 811- 841 telah menunjukkan adanya anomali spektrum energi sinyal pada JKT03 CX 831. Anomali ini menunjukkan adanya perbedaan unjuk kerja detektor JKT03 CX 831 dengan detektor lainnya. Dari hasil pengamatan terhadap kondisi sebenarnya pada detektor JKT03 CX 831, terbukti bahwa anomali tersebut timbul karena adanya kerusakan pada sistem pengukuran detektor yang sedang diamati. Hasil ini membuktikan bahwa analisis sinyal derau dapat digunakan untuk mengamati dan mendiagnosis kecenderungan degradasi unjuk kerja detektor secara khusus maupun suatu sistem dan komponen secara umum.

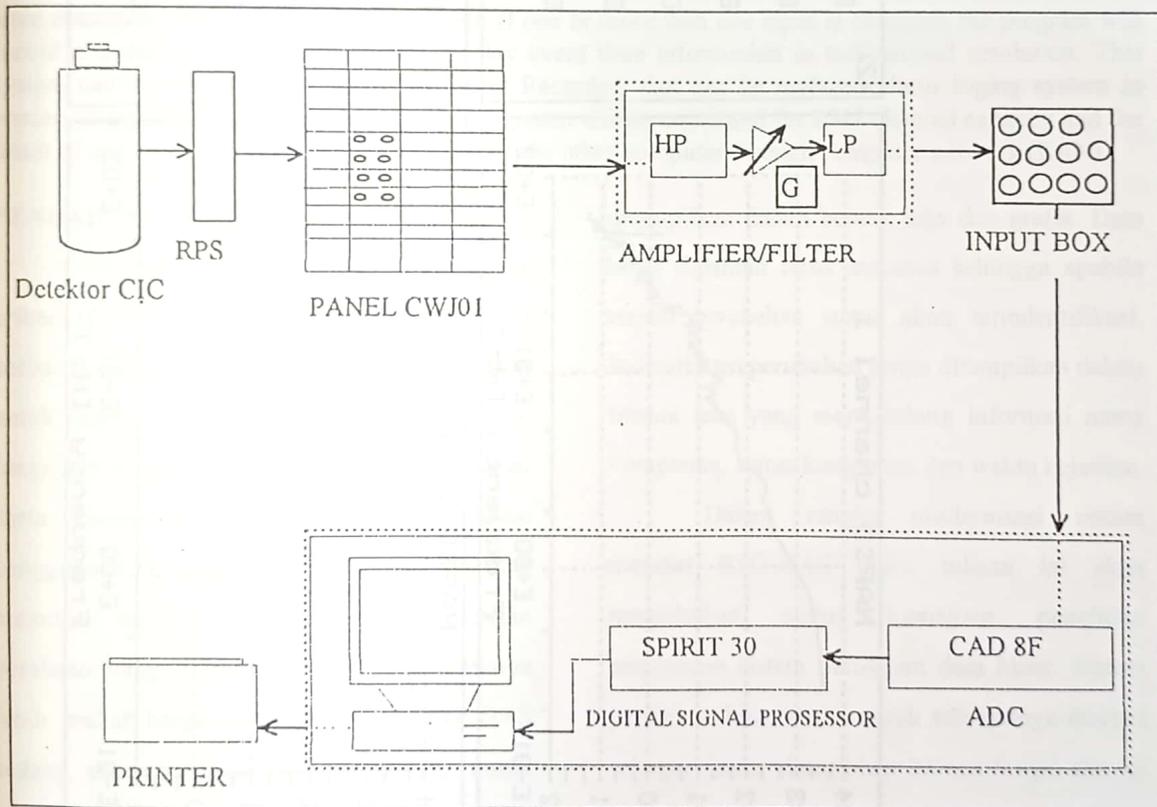
Program akuisisi dan pengolahan data, baik untuk pengolahan data statistik maupun transformasi fourier, telah selesai dilakukan dengan kemampuan jumlah olah data yang terbatas. Pengembangan lebih lanjut perlu dilakukan untuk mencapai efisiensi perhitungan dengan mencari algoritma perhitungan yang lebih efisien, sehingga waktu perhitungan dapat dilakukan lebih cepat, dan peningkatan mutu tampilan. Dengan selesainya program akuisisi dan olah data ini maka pengembangan lebih lanjut untuk menghitung fungsi olah data yang lain akan lebih mudah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pane, J.S,Dkk," Analisa Dinamika Tekanan Air Pendingin Sistem Pendingin Primer Reaktor Serba Guna G.A. Siwabwssy," Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Yogyakarta, April 1994.
- [2] Pane,J.S., Dkk, " Pengamatan Vibrasi Batang Kendali RSG-GAS," Prosiding Hasi Penelitian PRSG, Serpong, Mei 1996.
- [3] G. Por, O. Glocker, " Development and Utilization of an Automated Reactor Noise Analysis Measuring and Processing System," Proceeding of SMORN VI vol. 1, Gatlinburg, Tennessee, USA, 1991.
- [4] Jupiter Sitorus Pane, " Analysis of Coolant Pressure Dynamics in The Primary System of Pressurized Water Reactors," Thesis of Master of Science , University of Tennessee, Dept. of Nuc.Eng., Tennessee, USA, 1993.
- [5] S. Kanemoto, dkk, " Experience with on-line BWR Plant Diagnosis System and Its Technical Support," Proceeding of SMORN VI vol. 1, Gatlinburg, Tennessee, USA, 1991
- [6] Zhang Zuoyi, " Neutron Noise Surveillance in INET Test Heating Reactor, SMORN VI, Vol 2. Gatlinburg, Tennessee, USA, 1991



Gambar 3 .1. Diagram Blok pengambilan sinyal detektor sampai ke RCU



Gambar 3 .2. Diagram Blok Akuisisi Data

