

PENGAMATAN DEGRADASI UNJUK KERJA DETEKTOR AKIBAT PENUAAN DENGAN ANALISIS SPEKTRUM

Jupiter S. Pane, Rokhmadi, Kristedjo, Azriani A., Teddy Syawal, Nanang Sunarya

ABSTRAK

PENGAMATAN DEGRADASI UNJUK KERJA DETEKTOR AKIBAT PENUAAN DENGAN ANALISA SPEKTRUM. Telah dilakukan pengukuran terhadap sinyal fluks neutron yang dideteksi oleh detektor JKT03 CX811 - CX841. Dari hasil pemrosesan data dengan analisa statistik dan spektrum energi sinyal diketahui bahwa sinyal yang berasal dari detektor JKT03 CX831 mengalami penyimpangan spektrum yang cukup berarti. Dari penyimpangan ini diindikasikan adanya penurunan unjuk kerja (degradasi) detektor JKT03 CX831. Setelah dilakukan penggantian terhadap detektor JKT03 CX831 dan dilakukan pengukuran ternyata hasil spektrum energinya kembali normal. Dari kejadian ini dapat disimpulkan bahwa dengan analisa spektrum kita dapat mengamati terjadinya perubahan unjuk kerja sistem.

ABSTRACT

MONITORING DETECTOR PERFORMANCE DUE TO AGEING PROCESS USING SPECTRUM ANALYSIS. Neutron flux measurement using JKT03 CX811 - CX841 had been done. The diagnosis using statistical and spectrum energy methods resumed that signal from JKT03 CX831 deviate from its original significantly. This deviation may indicate that there is some performance degradation on detector JKT03 CX831. After replacing that detector, neutron flux signal showed a normal pattern of spectrum energy as required. From this condition, it can be concluded that spectrum energy can be used to detect the degradation of detector performance.

PENDAHULUAN

Detektor merupakan bagian dari sistem alat ukur yang langsung berhubungan secara fisik dengan parameter yang diukur. Pengukuran dilakukan dengan mengkonversi besaran fisik menjadi besaran listrik. Kemampuan mengkonversi ini dapat saja menjadi menurun oleh karena lamanya pemakaian dan perubahan-perubahan lain dalam detektor. Detektor yang sudah mengalami penurunan unjuk kerja akan memberikan hasil pengukuran yang bias dari kondisi sebenarnya. Untuk menghindari kejadian ini maka kondisi detektor perlu diamati secara berkala

Pada makalah ini disajikan teknik pengamatan unjuk kerja detektor neutron dengan analisis spektrum. Pada analisis ini digunakan metoda statistik dan spektrum energy. Metoda ini dapat dipilih karena umumnya pengukuran yang didasarkan pada pengamatan hasil pancaran

peluruhan bahan nuklir sangat berkaitan dengan tingkat fluktuasi statistik secara inheren. Fluktuasi inherent ini merupakan sumber ketidakpastian yang tidak dapat dihindari dalam semua pengukuran nuklir.

Dari uraian di atas, hasil perhitungan statistik dapat dibagi dalam dua kategori. Pertama adalah untuk melihat normal tidaknya fungsi alat ukur dan kedua berkaitan dengan situasi pada saat melakukan satu pengukuran. Kita dapat menggunakan pengukuran statistik untuk memprediksi ketidakpastian statistik inherent dan kemudian mengestimasi kepresisian yang berkaitan satu pengukuran.⁽¹⁾

Dari aplikasi pertama dapat disimpulkan bahwa analisa statistik pengukuran dapat digunakan untuk memeriksa degradasi peralatan karena adanya kerusakan maupun penuaan. Dalam makalah ini dibahas metode menggunakan

kerapatan spektrum energi untuk memperkirakan kecenderungan unjuk kerja detektor.

DASAR TEORI

Persamaan yang menggambarkan kerapatan spektrum energy keluaran sensor dapat dilihat pada persamaan (1).^[2,3]

$$G_{yy}(\omega) = G_{ss}(\omega) H_R(\omega) H_d(\omega) H_T(\omega) H_m(\omega) + G_{dd}(\omega) H_d(\omega) H_T(\omega) H_m(\omega) + G_{em}(\omega) H_d(\omega) H_T(\omega) H_m(\omega) + G_{mm}(\omega) H_m(\omega) \dots\dots\dots(1)$$

G_{yy} adalah spektrum energi keluaran dimana spektrum ini merupakan fungsi dari H_d sebagai fungsi transfer detektor, H_T sebagai fungsi transfer kawat transmisi, H_m sebagai fungsi transfer instrumentasi pengukur, H_R sebagai fungsi transfer reaktor, G_{ss} sebagai derau ekivalen sumber neutron, G_{em} sebagai derau gelombang elektromagnetik, G_{dd} sebagai derau deteksi radiasi dan G_{mm} sebagai derau pengukuran.

Dalam perhitungan ini G_{ss} diambil sebagai "white noise" dan fungsi transfer sensor, sensing line dan instrumentasi pengukuran sama dengan satu pada frekuensi rendah. Oleh karena itu spektrum energi sangat ditentukan oleh fungsi transfer reaktor, sedangkan derau deteksi radiasi dan elektromagnetik ditentukan secara sendiri atau merupakan bagian yang akan diamati.

Persamaan dalam domain waktu yang menggambarkan kombinasi detektor, transmisi dan pengukuran dijelaskan dalam persamaan (2).

$$R(x) C(x) \frac{dV_m(t)}{dt} + V_m(t) = R(x) I(t) \quad (2)$$

dimana $I(t)$ adalah arus dinamis yang dihasilkan pada detektor, $R(x)$ adalah resistan kawat transmisi, dan C adalah kapasitansi detektor.

$$I(t) = \frac{2 \pi e I [V(t) - V_m(t)]}{d \left[\ln \frac{b}{a} \right]^2} \sum \int \mu_i \frac{n_i(r, t)}{r} dr \quad (3)$$

Dapat disimpulkan dari persamaan (1) bahwa fluktuasi spektrum sangat ditentukan oleh dinamika sumber neutron.

Dalam kondisi yang normal, maka hasil pengukuran terhadap spektrum energi sinyal

detektor akan menunjukkan pola standar tertentu. Akan tetapi apabila terjadi kerusakan dalam salah satu komponen sistem maka spektrum energi keluaran akan berubah sesuai dengan kerusakan komponen ukur tersebut.

ANALISA STATISTIK

Dalam kenyataannya ada 3 kategori untuk menggambarkan sifat statistik sinyal yaitu : (1) kerapatan amplitudo, (2) domain waktu, dan (3) domain frekuensi. Melalui pola sifat statistik ini seseorang dapat menganalisa unjuk kerja peralatan ukur maupun sifat sumber derau itu sendiri.

Fungsi Kerapatan Amplitudo

Fungsi kerapatan amplitudo (Amplitudo Probability Function Density, APD) parameter x_i dapat diturunkan dari persamaan :

$$\bar{X}_{Rata} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (4)$$

$$\sigma_x^2 = C_x(0) = \frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{X}_{Rata})^2 \quad (5)$$

$$APD(x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp \left\{ -\left(\frac{x_i - \bar{X}_{rata}}{2\sigma_x^2} \right)^2 \right\} \quad (6)$$

Fungsi Kerapatan Spektrum Energy

Data yang diambil dari kolam reaktor sebelumnya diakusisi dengan laju pencuplikan yang sesuai dan dikonversikan ke nilai digital. Selanjutnya data digital tersebut dikonversikan dari informasi bentuk domain waktu ke bentuk domain frekuensi dengan menggunakan

Transformasi Fourier Cepat (Fast Fourier Transform, FFT) sekaligus untuk menghitung kerapatan spektrum energi diri (APSD) maupun kerapatan spektrum energi silang (CPSD).

Fungsi Kerapatan Spektrum Energi diri maupun energi silang dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :

$$S_{xx}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \quad (7)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \quad (8)$$

dimana S_{xy} adalah fungsi kompleks frekuensi f .

Dalam prakteknya persamaan di atas dihitung dengan menggunakan Transformasi Fourier terbatas yaitu :

$$x(f, T) = \int_0^T x(t) e^{-jn2\pi f t} dt \quad (9)$$

$$y(f, T) = \int_0^T y(t) e^{-jn2\pi f t} dt \quad (10)$$

Persamaan ini dikonversi ke Transformasi Fourier Diskrit. Selanjutnya APSD dan CPSD diestimasi dengan jumlah data yang bulat.

$$S_{ij}(k) = \frac{\Delta t}{M \cdot N} \sum x_i^{(1)} e^{-\frac{j2\pi i m k}{M}} \sum x_j^{(1)} e^{\frac{j2\pi m k}{M}} \quad \dots(11)$$

$$= 1, 2, \dots, m$$

dimana

m= jumlah sinyal yang diproses

M= jumlah sinyal per blok

N= jumlah blok

k= frekuensi diskrit

Dalam persamaan ini sejumlah N blok data dirata-ratakan terhadap N.

Resolusi frekuensi spektrum energi adalah $\Delta f = 1/M\Delta t$ dimana $\Delta t =$ waktu interval cuplikan.

PENGAMATAN DEGRADASI UNJUK KERJA DETEKTOR

Sesuai dengan model spektrum energi keluaran detektor pada persamaan (1) maka spektrum energi keluaran detektor merupakan fungsi sumber neutron, fungsi transfer detektor, dan kawat transmisi. Dengan asumsi bahwa semua kondisi sempurna kecuali detektor maka perubahan spektrum energi yang muncul akan sangat bergantung dengan fungsi transfer detektor. Dengan perkataan lain degradasi pada detektor akan menimbulkan perubahan spektrum energi keluaran. Berdasarkan fenomena ini maka dilakukan pengamatan sinyal keluaran dari detektor neutron JKT03 CX811 - 841. Konfigurasi lokasi detektor neutron di kolam reaktor dapat dilihat pada gambar 1. Dari hasil pengukuran dan pengolahan data sinyal detektor diperoleh spektrum energi dan kerapatan energi dari masing-masing detektor seperti pada

Spektrum energi antar dua signal x_i dan x_j dihitung dengan persamaan :

Gambar 2 dan 3. Pada pengukuran ini kondisi detektor JKT03 CX831 dalam keadaan rusak. Setelah dilakukan penggantian terhadap detektor yang rusak, maka spektrum energi detektor JKT03 CX831 menjadi serupa dengan spektrum detektor yang lain seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.

DISKUSI

Spektrum energi yang terlihat pada Gambar 2 masing-masing channel dari channel 1 sampai 4 berturut-turut menggambarkan spektrum energi JKT03 CX811, CX821, CX831 dan CX841. Dari gambar tersebut terlihat bahwa spektrum energi JKT03 CX831 berbeda dari spektrum energi detektor lainnya pada frekuensi sekitar 10 - 40 Hz. Ketidaknormalan spektrum sinyal dari JKT03 CX831 bukanlah disebabkan oleh sumber neutron karena keluaran sinyal dari detektor lain tidak menunjukkan ketidaknormalan. Oleh karena kemungkinan kondisi abnormal berasal dari detektor itu sendiri ataupun kawat transmisinya.

Dari fungsi kerapatan amplitudo sinyal detektor itu sendiri dapat dilihat penyimpangan dimana APDnya menyimpang dari distribusi normal. Dengan penyimpangan ini sinyal sudah tidak stationer lagi. Penyimpangan ini dapat saja disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya tidak berfungsinya percepatan ion (*ion-drifting*)

dikamar gas (*gas chamber*), kebocoran gas dan lain-lain.

Dari Gambar 2 juga terlihat kecenderungan perubahan sinyal JKT03 CX811 dimana APD dan spektrum energinya telah menyimpang sedikit. Dari kondisi ini belum dapat diketahui sejauh mana penyimpangan itu terjadi dan berapa lama lagi detektor masih dapat berfungsi dengan sempurna. Walaupun demikian keadaan ini dapat digunakan sebagai deteksi dini terhadap menurunnya kondisi suatu detektor. Dengan informasi ini operator dapat mengantisipasi tindak lanjut yang diperlukan terhadap detektor tersebut misalnya memeriksa kondisi detektor secara fisik maupun menyiapkan suku cadang pengganti, untuk menghindari terhentinya operasi reaktor dalam waktu lama.

Setelah dilakukan penggantian terhadap detektor JKT03 CX831 maka diperoleh spektrum energi seperti pada Gambar 4. Spektrum energi ini telah menunjukkan pola yang sama dengan spektrum energi untuk kondisi detektor yang sehat.

Dari pengalaman pengukuran dan pengolahan data, terlihat bahwa pengolahan data dengan dasar FFT sangat memerlukan waktu yang panjang untuk penyelesaiannya. Demikian juga dalam menganalisa kecenderungan perubahan pola sinyal belum dapat dilakukan secara terkuantitatif. Untuk menjawab masalah ini dapat diusulkan penggunaan metoda pengolahan data dengan metoda *autoregressive*. Analisa dengan metode *Autoregressive* ini telah digunakan untuk menganalisa sinyal-sinyal standard dan hasilnya menunjukkan kesesuaian yang baik.^[5]

KESIMPULAN

Pengukuran sinyal neutron dari detektor JKT03 CX811-CX841 telah dilakukan. Dengan menganalisa spektrum yang keluar dari masing-masing detektor dapat diketahui bahwa sinyal yang berasal dari JKT03 CX831 telah menyimpang banyak dari spektrum energi yang berasal dari detektor lain. Penyimpangan ini mengindikasikan adanya perubahan unjuk kerja pada detektor neutron JKT03 CX831 itu sendiri dibandingkan dengan detektor lain. Pada kenyataannya memang telah terjadi degradasi pada detektor JKT03 CX831. Penyimpangan spektrum sekitar 10 - 40 Hz dapat mengindikasikan gejala degradasi unjuk kerja detektor tersebut. Salah satu penyebab degradasi tersebut adalah oleh penuaan (*ageing*).

Setelah dilakukan penggantian terhadap detektor JKT03 CX831 maka spektrum energy sinyal detektor JKT03 CX831 kembali normal. Dari kenyataan ini dapat disimpulkan bahwa analisa spektrum energi dapat digunakan untuk mengamati gejala degradasi unjuk kerja detektor.

DAFTAR PUSTAKA

- Glenn F. Knoll, "Radiation Detection and Measurement", John Wiley and Sons, Inc., USA, 1979.
- Taluagi, J.W., "On-line Surveillance methods for Neutron Sensors Proceeding of 6th Power Plant Dynamics, Control and Testing Symposium", Knoxville Tennessee, 1986.
- Steven A. Arndt, "The use of Radiation Detection Noise for Signal Validation and Sensor Degradation Monitoring", Proceeding of a Symposium on Nuclear

Reactor Surveillance and Diagnostic,
Gatlinburg, Tennessee, USA.

4. Jupiter S. Pane, cs "Analysis of Coolant Pressure Dynamics of Primary System of Multipurpose Research Reactor GA. Siwabessy", Proceeding of Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir , Yogyakarta, 26 - 28 April 1994.
5. Jupiter S. Pane, cs "Monitoring Anomaly Condition Using Auto Regressive Mehtod", Proceeding of Komputasi Dalam Sains dan Teknologi Nuklir IV, PPI, Jakarta, 2 - 3 Februari 1994.

PERTANYAAN

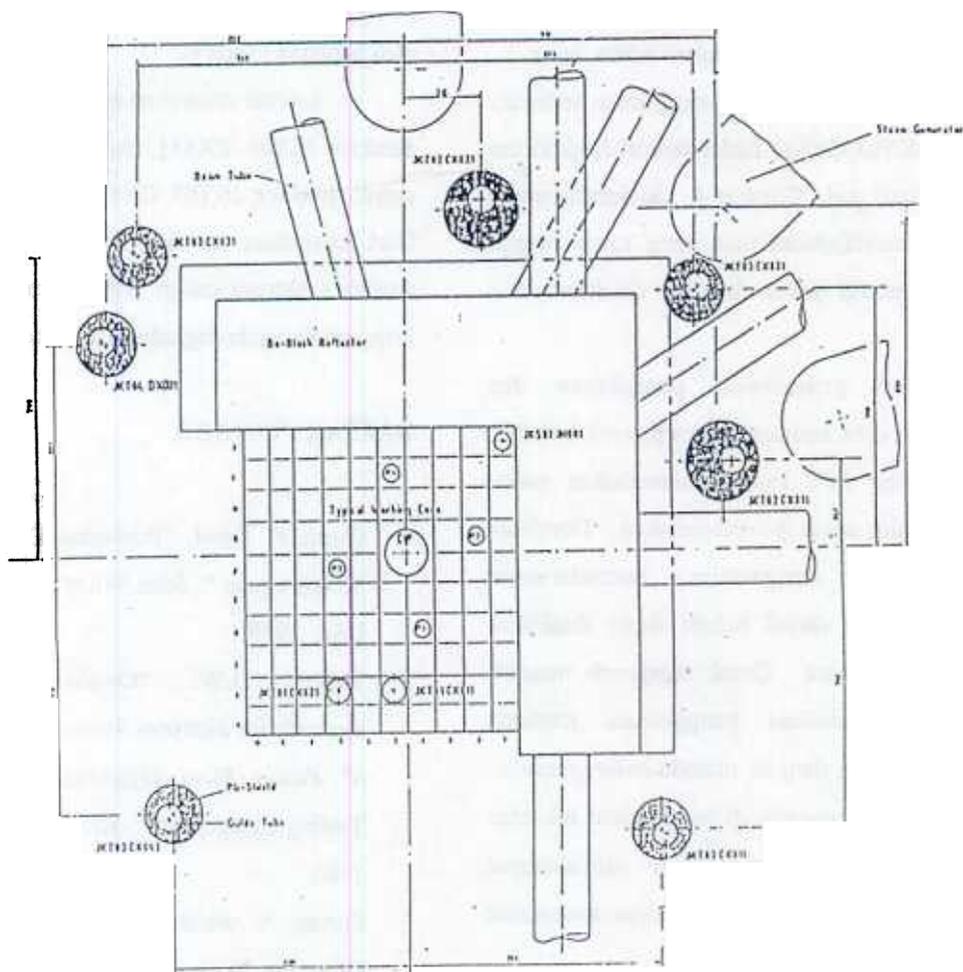
Penanya : Dedi Sunaryadi

Pertanyaan :

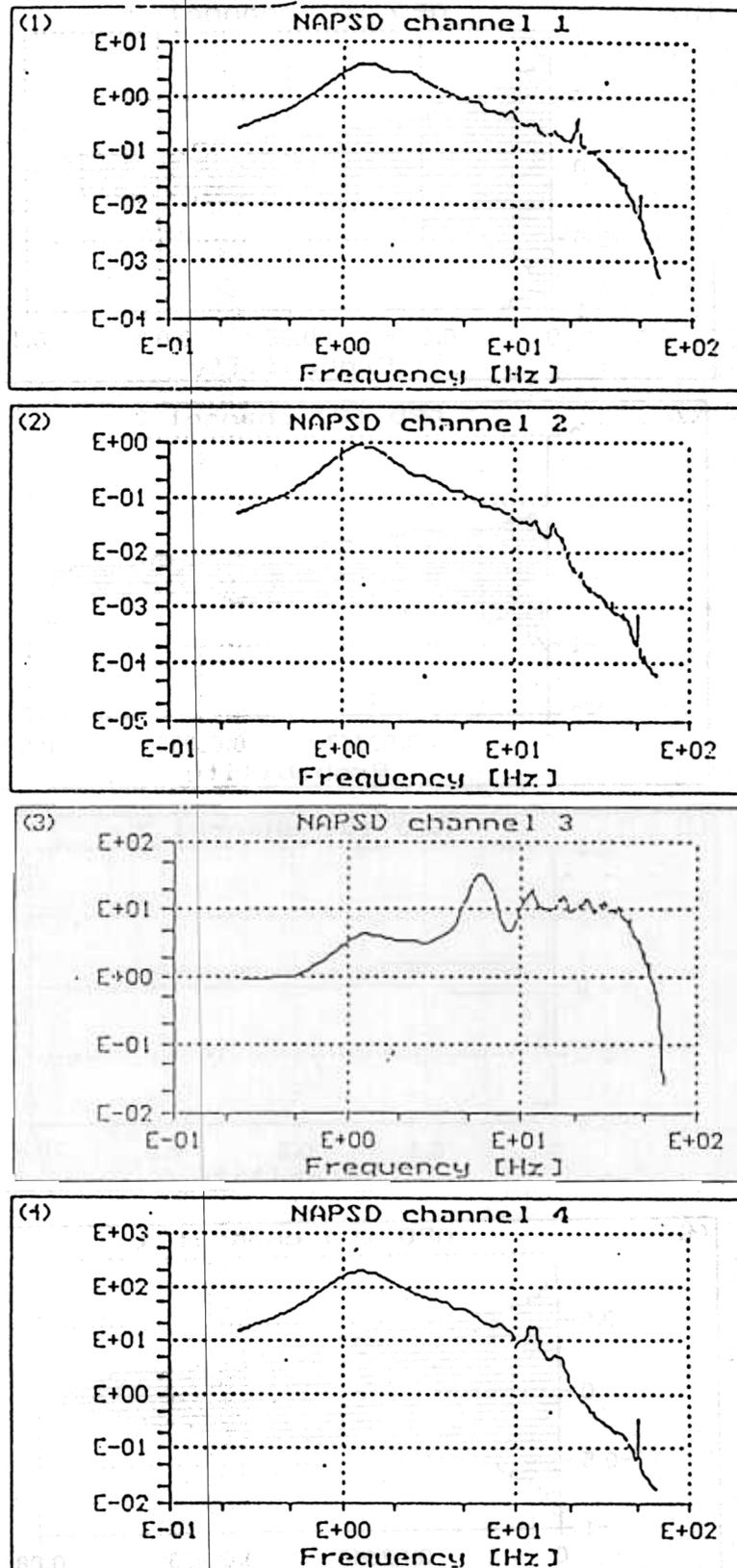
Apakah pengamatan degradasi unjuk kerja ini hanya dapat dilakukan terhadap detektor saja ? kalau dilakukan untuk mesin/motor apakah bisa ?

Jawaban :

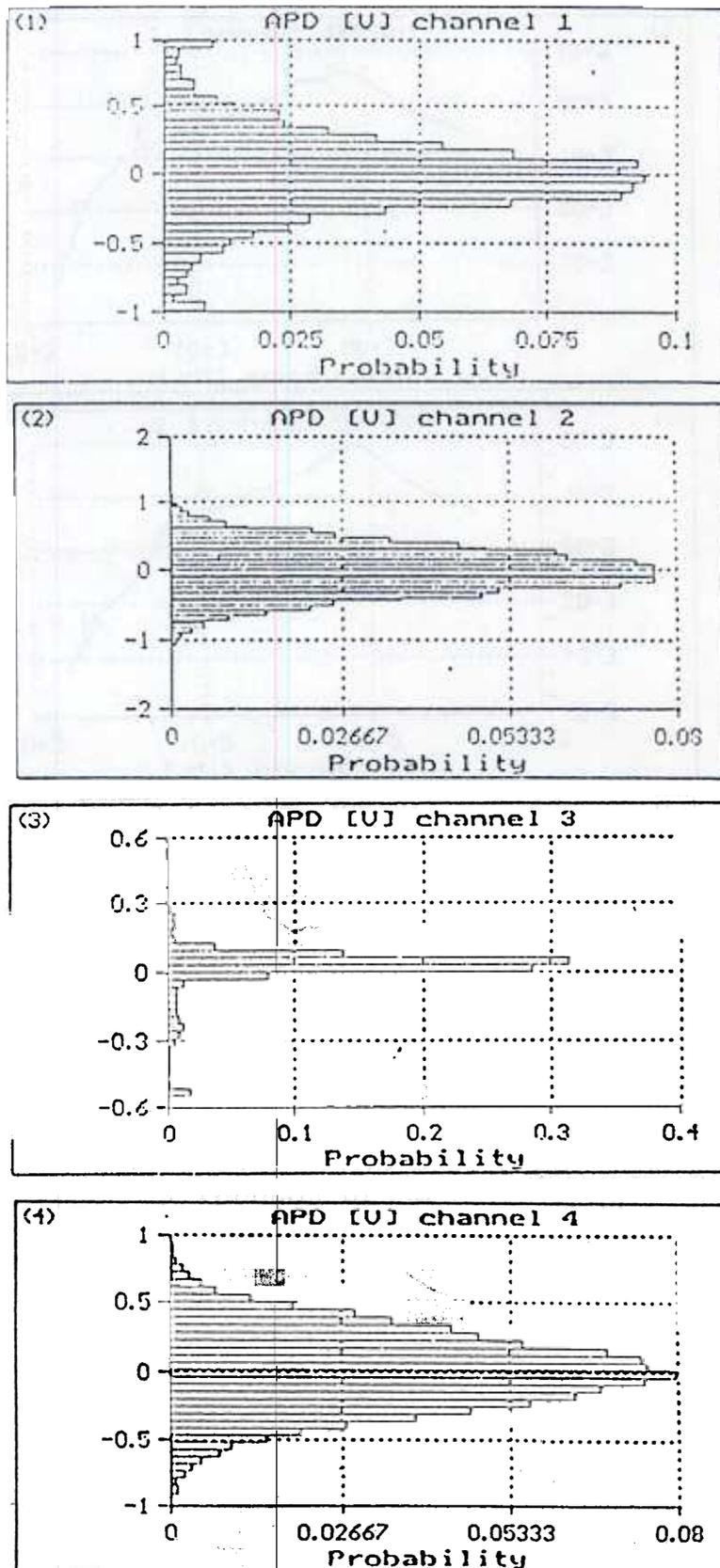
Metode analisa spektrum dapat diterapkan pada berbagai pengukuran yang berdasarkan statistik stokastik. Misalkan pengukuran-pengukuran parameter proses, tekanan, temperatur, flow, vibrasi atau benda bergetar lainnya.



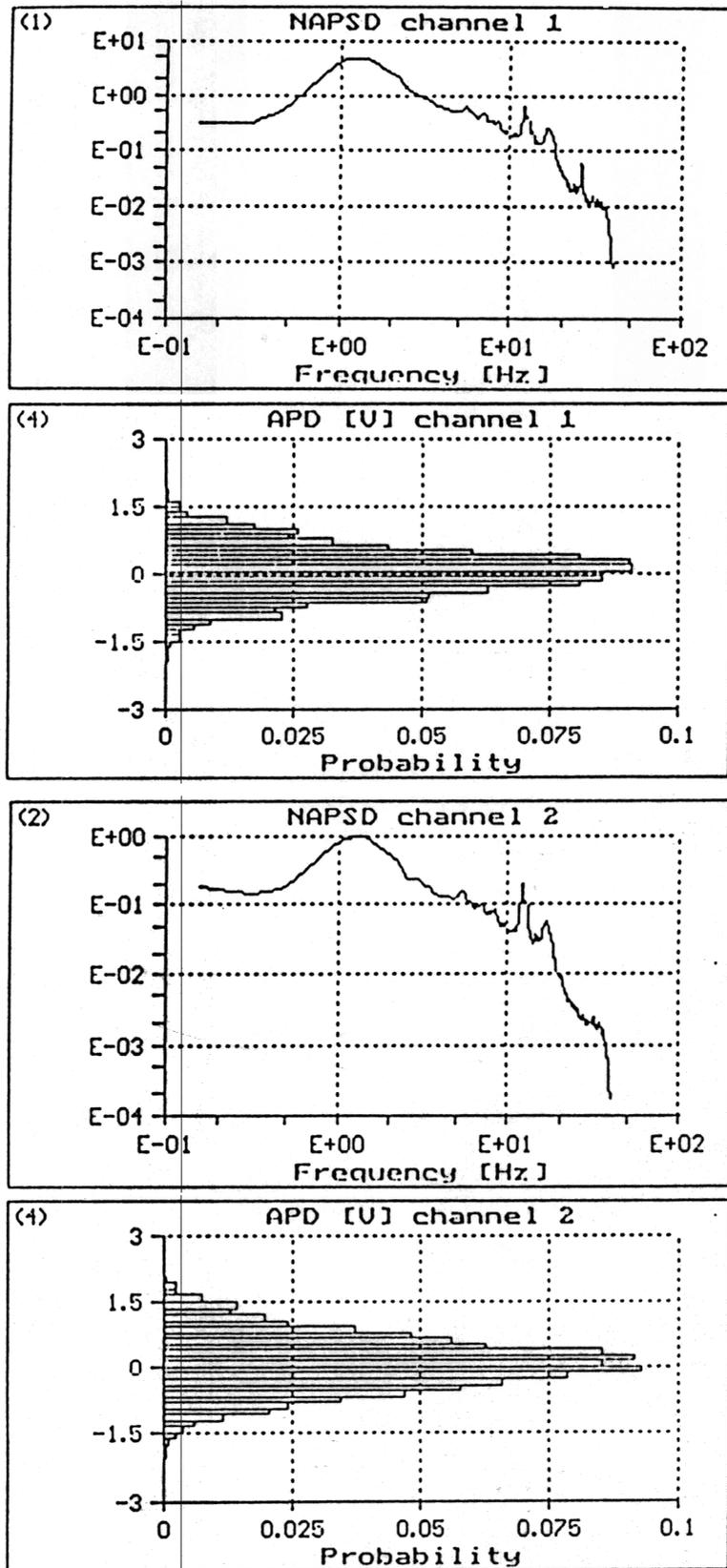
Gambar 1. Konfigurasi lokasi detektor neutron di kolam Reaktor



Gambar 2. Hasil Pengukuran Derau APSD Detektor CIC di Ruang Proteksi Reaktor sebelum perbaikan JKT 03 CX 831



Gambar 3. Hasil Pengukuran Derau APD Detektor CIC di Ruang Proteksi Reaktor sebelum perbaikan JKT 03 CX 831



Gambar 4. Hasil Pengukuran Derau APD dan APSD Detektor CIC di Ruang Proteksi Reaktor setelah perbaikan JKT 03 CX 831