

# RANCANGAN SISTEM *REALTIME* UNTUK SIMULASI DINAMIKA REAKTOR NUKLIR

Aliq, Widi Setiawan, Harfit

## ABSTRAK

**RANCANGAN SISTEM *REAL TIME* UNTUK SIMULASI DINAMIKA REAKTOR NUKLIR.** Telah diperoleh rancangan sistem *real-time* untuk simulasi dinamika reaktor nuklir. Rancangan tersebut terdiri dari dua buah komputer satu sebagai pengendali dan komputer yang lain sebagai model reaktor. Pengendali (KomputerA) memberikan sinyal kepada penggerak batang kendali yang diwakili oleh penggerak *motor step* melalui *card* PCL-839 untuk mengatur posisi batang kendali yang diwakili oleh *motor step*. Posisi batang kendali dimonitor melalui sensor potensio yang kemudian memberikan sinyal ke reaktor (komputer B) melalui *card* PCL-711B. Reaktor yang dimodelkan dengan persamaan kinetika titik kemudian menunjukkan daya reaktor dalam kilowatt. Daya reaktor ini diinformasikan ke pengendali (komputer A) melalui *card* PCL-812.

## ABSTRACT

**DESIGN OF REAL TIME SYSTEM USED TO SIMULATE THE NUCLEAR REACTOR DYNAMICS.** *Real-time system to be used as simulator of nuclear reactor dynamics was designed. The main elements of the real-time system consist of two computers, one as controller and the other as nuclear reactor. Between of these two computers, there are driver motor stepper and motor step as a control rod mechanism, a potentiometer as position sensor and interface card PCL-711B, PCL-839 and PCL-812. Control rod position was monitored utilizing potentiometer sensor which underwent the signal to the reactor (computer B) through interface card PCL-711B. The reactor power (in kilowatt) will be obtained using point kinetics based reactor model. Then the reactor power will be informed to the control part (computer A) through PCL-812.*

## PENDAHULUAN

Sistem *real time* adalah sistem yang keberhasilan pekeksesusiannya tidak hanya tergantung pada kebenaran logika dari hasil yang diberikan, namun juga pada waktu untuk memperoleh hasil tersebut. Dengan demikian sistem *real time* harus menghasilkan kebenaran secara logika pemrograman sekaligus waktu yang diperlukan (*required time*). Waktu yang diperlukan berkisar pada beberapa milli detik atau beberapa detik, tergantung pada aplikasinya. Secara umum sistem *real time* dibagi menjadi *hard* dan *soft real time system*. Pada *hard real time* sistem secara mutlak memberikan tanggapan sesuai dengan *deadline* yang diberikan, contohnya sistem kendali penerbangan dan juga sistem

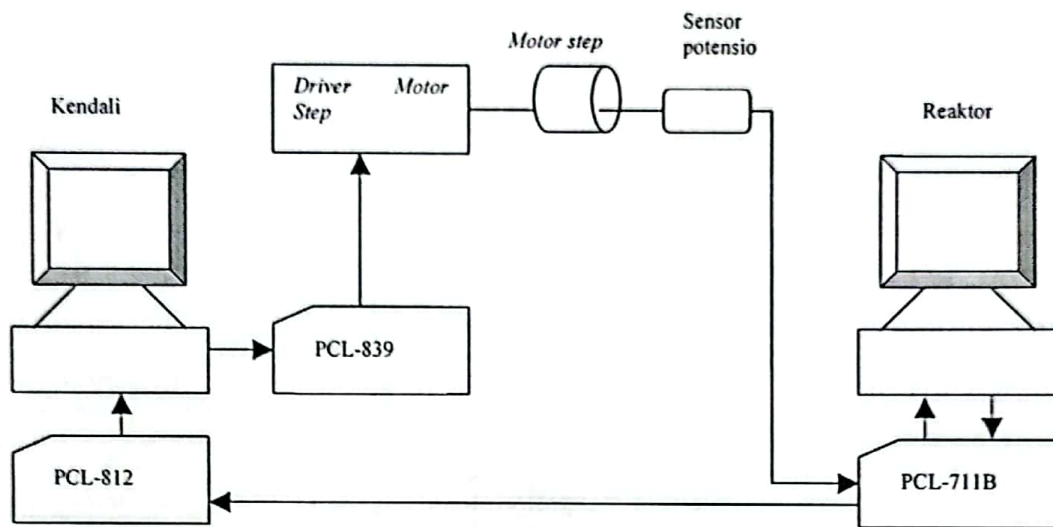
kendali reaktor. Sedangkan pada *soft real time*, *deadline* merupakan hal penting namun sistem masih berfungsi dengan benar ketika terjadi penyimpangan terhadap *dead line*. Mengingat bahwa reaktor nuklir memerlukan respons cepat dalam pengendaliannya sehingga memerlukan *hard real-time system*, maka pengembangan simulator sistem *real-time* perlu dilakukan sebelum *real-time control* sistem diimplementasikan.

## RANCANGAN SISTEM *REAL-TIME*

Rancangan sistem *real-time* untuk simulasi dinamika dan kendali reaktor nuklir telah diperoleh. Dalam rancangan tersebut, reaktor nuklir dimodelkan dengan sebuah komputer yang di dalamnya diisi dengan

persamaan dinamika reaktor dalam bentuk *point kinetic model*. Solusi persamaan diperoleh dengan program Simulink. Secara

umum, rancangan sistem *real-time* tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Sistem Simulasi *Real-time*

Pada Gambar 1 tampak bahwa rancangan tersebut terdiri dari dua buah komputer dimana satu komputer sebagai pengendali dan komputer yang lain sebagai model reaktor. Pengendali (komputer A) memberikan sinyal kepada penggerak batang kendali yang dalam hal ini dimodelkan oleh *driver motor step* melalui card PCL-839 untuk mengatur posisi batang kendali. Posisi batang kendali dimodelkan dengan perubahan posisi motor *stepper*. Posisi batang kendali dimonitor melalui sensor potentiometer yang kemudian memberikan sinyal ke reaktor (komputer B) melalui card PCL-711B. Reaktor nuklir (komputer B) yang dimodelkan dengan persamaan kinetika titik kemudian menghasilkan output dalam bentuk daya neutron dalam kilowatt. Daya

reaktor ini diinformasikan ke pengendali (komputer A) melalui card PCL-812.

#### REAL TIME MATLAB

*Software* yang digunakan adalah *real-time matlab*. *Real-time matlab* mempunyai fasilitas atau modul *Real-Time Workshop* (RTW) yaitu suatu *software* aplikasi yang dirancang sebagai bagian dari Simulink yang khusus digunakan untuk aplikasi *real-time*<sup>[1]</sup>. RTW tersebut digunakan untuk membangkitkan *Code C* (*Real-time code*) berdasarkan diagram blok Simulink. *Code* yang dibangkitkan oleh RTW dapat diaplikasikan untuk *real-time embedded control*, perancangan *Digital Signal Processing*, simulasi HIL (*hardware-in-the-loop*) dan simulasi *stand-alone*. *Code C* ini



bersifat *portable* dan dapat dijalankan pada berbagai jenis *processor*. RTW juga dapat diterapkan untuk sistem yang kontinyu, diskrit maupun sistem hibrid. RTW dilengkapi dengan *target support files* untuk menjalankan RTC (*real time code*) pada hardware VME (*Versa Module Europa*) di bawah sistem operasi *real-time* Tornado, pada PC berbasis DOS. Selain itu, *real-time workshop* juga dilengkapi dengan *template makefile* untuk menentukan jenis *compilernya*, pilihan-pilihan *compiler* dan membangun ketergantungan antar-modul-modulnya.

### DINAMIKA PROSES

Dinamika reaktor sebagai fungsi perubahan parameter reaktor termasuk reaktivitas pada prinsipnya dapat dinyatakan dalam persamaan kinetika yang dikenal dengan teori kinetika titik. Persamaan kinetika reaktor menurut teori kinetika titik pada dasarnya berbentuk persamaan diferensial orde-satu simultan yang menghubungkan besaran reaktivitas dengan populasi neutron atau daya reaktor sebagai berikut [2] :

$$\frac{dn(t)}{dt} = \frac{\rho(t) - \beta}{\Lambda} n(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i(t) + q(t) \quad (1)$$

$$\frac{dC_i(t)}{dt} = \frac{n(t)}{\Lambda} - \lambda_i C_i(t) \quad i = 1, 2, \dots, 6 \quad (2)$$

dengan

$n(t)$  : populasi neutron atau daya reaktor pada saat  $t$

$C_i(t)$ : konsentrasi nuklida-nuklida prekursor neutron kasip kelompok ke- $i$  pada saat  $t$

$q(t)$  : produksi neutron oleh sumber neutron luar pada saat  $t$

$\Lambda$  : waktu generasi neutron

$\beta_i$  : fraksi neutron kasip kelompok ke  $i$

$\beta$  : fraksi total neutron kasip seluruh

$$\text{kelompok} = \sum_{i=1}^6 \beta_i$$

$\lambda_i$  : tetapan peluruhan prekursor neutron kasip kelompok ke- $i$

$\rho(t)$  : reaktivitas pada saat  $t$

$t$  : perubahan waktu

Reaktivitas input dalam persamaan di atas,  $\rho(t)$ , adalah reaktivitas yang dihasilkan dari perubahan posisi batang kendali, dalam hal ini, yaitu reaktivitas batang pengatur, batang kompensasi dan batang pengaman sehingga dapat dinyatakan dengan :

$$\rho(t) = \rho_r(t) + \rho_c(t) + \rho_s(t) \quad (3)$$

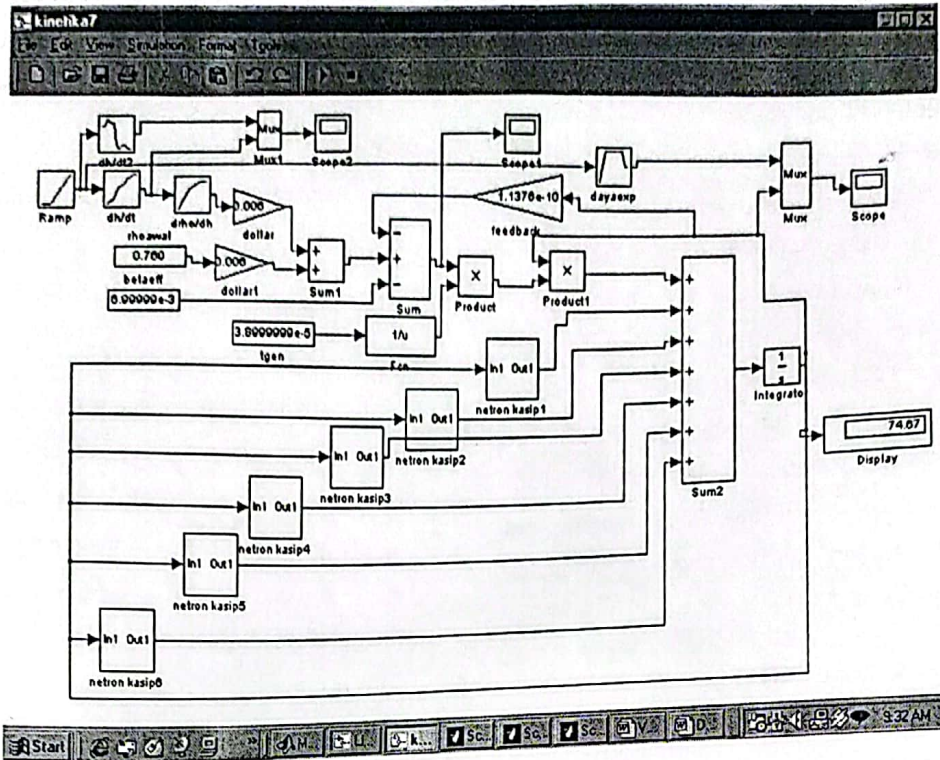
dimana

$\rho_r(t)$  : reaktivitas batang pengatur

$\rho_c(t)$  : reaktivitas batang kompensasi

$\rho_s(t)$  : reaktivitas batang pengaman

Persamaan kinetika di atas kemudian dirancang dalam bentuk program aplikasi dengan menggunakan *toolbox* simulink. Program aplikasi yang dibuat dapat dilihat pada *template* simulink yang diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Program aplikasi untuk persamaan dinamika daya reaktor

## KESIMPULAN

Secara umum, rancangan sistem simulasi *real-time* telah diperoleh. Penggunaan komputer untuk memodelkan reaktor sebetulnya bukanlah satu-satunya metoda, tetapi penggunaan rangkaian analog berbasis Op-Amp juga merupakan alternatif lain dalam memodelkan reaktor. Sistem *real-time* untuk simulasi dinamika dan kendali reaktor masih terus dikembangkan. Karakterisasi elemen-elemen pendukung seperti *driver motor stepper*, *motor stepper*, potensiometer dan *interface* yang digunakan terus dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. MATHWORKS, Inc. Simulink : Dynamics Simulation Software, USA, 1992.
2. SCHULTZ, M.A. Control of Nuclear Reactor, Second Edition, McGraw Hill Book Company, USA, 1991.



## TANYA – JAWAB

Nama Penanya : Anhar R. Antariksawan  
Pertanyaan :

1. Apakah harus di gunakan 2 buah komputer ? Apa input dan output masing-masing komputer ?
2. Sampai sejauh mana motor *stepper* dan pontensiomer mensimulasikan sistem penggerak batang kendali mengingat yang dituju adalah proses *real-time* ?
3. Bagaimana status kegiatan ini saat ini ?

Nama Penyaji : Aliq  
Jawaban :

1. Dua komputer karena sistem real time memang harus ada objeknya (*environment*). Komputer kedua mensimulasikan objeknya. komputer 1 mensimulasikan dinamika reaktor, outputnya daya. Komputer-komputer, inputnya daya dan outputnya gerakan posisi batang kendali (motor *stepper*)
2. Pengerak batang kendali memang kompleks jadi tidak bisa 100% diwakili oleh gerakan motor *stepper*.
3. Rancangan sistem real time tidak diperoleh, selanjutnya perlu dilanjutkan dengan algoritma dan pemrograman. Tetapi memang banyak kendala di hardwarenya.