

SIMULASI KENDALI DAYA REAKTOR G.A. SIWABESSY MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Rezky Mahardika Saryadi, Kawkab Mustofa S.T

PRSG-BATAN Serpong

ABSTRACT

Simulation Of Power Reactor Controls G.A. Siwabessy Using Artificial Neural Networks.
The power control of Multipurpose Reactor Control G.A. Siwabessy has controlled manually by the operator with the help of using a conventional feedback controller (PI controller) installed in the Marshaling Kiosk. In this research, the simulation of reactor power control using artificial neural network (ANN) using backpropagation method with damped least-squares (DLS) algorithm. This study uses two ANN, which acts as a model and controller. The ANN-Backpropagation reactor model is trained using input from the sensor, control rod and input-output reactor circuit state. The ANN controller is trained by comparing the control system response and the PI control output from the reactor. A trained ANN controller is tested using an reactor simulation. The simulation result shows that ANN-controller succeeded in reducing overshoot and settling time .

Keywords : ANN,Backpropagation,DLS,PI controller

ABSTRAK

Pengendalian daya Reaktor Serbaguna G.A. Siwabessy telah dilakukan secara manual oleh operator dengan bantuan menggunakan pengontrol umpan balik konvensional (PI controller) yang terpasang pada modul RPS. Dalam penelitian ini, dilakukan uji coba simulasi kontrol daya reaktor menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) menggunakan metode backpropagation dengan algoritma damped least-squares (DLS). Penelitian ini menggunakan dua model JST yang bertindak sebagai sistem pengendali dan model. Model reactor JST dilatih menggunakan masukan dari sensor, batang kendali dan keadaan masukan dan keluaran dari reaktor. JST pengendali dilatih dengan membandingkan respon sistem kontrol dan keluaran kontrol PI dari reaktor. JST yang terlatih kemudian diuji coba dengan menggunakan simulasi reaktor yang telah terkondisi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan JST berhasil mengurangi overshoot dan waktu penyelesaian yang mungkin terjadi dengan menggunakan PI controller.

Kata kunci : ANN,Backpropagation,DLS,Pengendali PI

PENDAHULUAN

Pengendalian daya Reaktor Serba Guna G.A.Siwabessy telah dilakukan selama ini dengan cara manual maupun otomatis dengan menggunakan metode pengendalian umpan balik konvensional (PID). Seperti reaktor nuklir yang lainnya, RSG G.A Siwabessy memerlukan sistem kendali yang dapat mengatur jalannya operasi dengan aman dan efisien. Pengendalian daya RSG G.A Siwabessy saat ini dapat dilakukan baik secara manual maupun otomatis dengan pengendalian umpan balik PID. Kendali manual mempunyai kelemahan karena kondisi fisik maupun mental sang operator sangat mempengaruhi unjuk kerjanya. Terjadinya overshoot yang cukup besar serta waktu penetapan yang relatif panjang merupakan kelemahan kendali umpan balik PID. Oleh karena itu perlu dicari alternatif lain untuk pengaturan daya Reaktor.

Jaringan syaraf tiruan (JST) tersusun atas elemen-elemen sederhana yang beroperasi secara paralel. Elemen-elemen ini diilhami oleh sistem syaraf biologis sehingga dapat menirukan kerja otak manusia. JST yang telah dilatih dapat melakukan fungsi-fungsi kompleks di berbagai bidang, antara lain identifikasi, pengenalan pola, klasifikasi, restorasi citra, termasuk juga untuk sistem kendali [3]. JST juga dapat digunakan untuk kendali, sehingga dapat dicoba untuk diterapkan pada pengendalian RSG G.A.S .

Penelitian yang dilakukan tentang Optimasi kendali daya [2] mendapatkan hasil yang cukup baik dengan parameter masukkan kendali berupa posisi batang kendali. Keberhasilan pengendalian dilihat dengan menggunakan hasil MSE (*Mean Square Error*) yang kecil.

Pada penelitian simulasi Kendali Jaringan Syaraf Tiruan untuk kendali daya Reaktor dengan menirukan kerja Kendali Logika Samar [1]., pengoptimasian konfigurasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk kendali daya Reaktor dilakukan dengan membandingkannya dengan model referensi linier. Pengaturan parameter kendali dengan linierisasi umpan balik dapat menghilangkan ketidaklinieran yang ada pada sistem yang dikendalikan, dalam hal ini Reaktor R.S.G Dengan demikian respon yang dikehendaki dapat diatur dengan mudah

Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi pengendalian daya dengan menggunakan simulasi numeris yang hasilnya akan dipergunakan sebagai dasar pada penerapannya di Reaktor RSG G.A.S yang sebenarnya. Pada penelitian ini, pelatihan JST dilakukan menggunakan Matlab, sedangkan simulasi kendali Reaktor dilakukan menggunakan

perangkat lunak Matlab. Pada penelitian ini simulasi kendali hanya dilakukan untuk pengaturan daya pada Operasi daya rentang start-up mengingat sifat reaktor nuklir yang sangat berbeda pada operasi start-up, operasi normal, dan operasi *shut-down*.

METODOLOGI

Model Reaktor

Pada penelitian ini, Reaktor dimodelkan sebagai reaktor titik, di mana rapat neutron n dan konsentrasi 6 kelompok prekursor c_i ditentukan dari persamaan diferensial simultan[4]. Reaktivitas total teras ρ saat operasi pada daya kerja tersusun atas beberapa komponen,

$$\rho(t) = \rho_i(t) + \rho_{fb}(t) + \rho_c(t) \quad (1)$$

di mana ρ_i adalah reaktivitas sisipan, dan ρ_{fb} adalah reaktivitas umpan balik yang merupakan fungsi dari temperatur bahan bakar dan pendingin yang dinyatakan sebagai

$$\rho_{fb}(t) = \alpha_{TF} (T_f(t) - T_f(0)) + \alpha_{TC} (T_c(t) - T_c(0)) \quad (2)$$

sedangkan ρ_c adalah reaktivitas sistem kendali yang akan ditentukan oleh kendali jaringan syaraf tiruan yang diteliti. Daya reaktor ditentukan oleh massa material fisil serta rapat neutron merata dalam teras. Hubungan daya reaktor dengan rapat neutron merata adalah

$$P(t) = 2,61712235 \cdot 10^{-2} n(t) \quad (3)$$

sedangkan laju pembangkitan panas persatuan panjang dinyatakan sebagai fungsi daya

$$q'(t) = P(t) / LN \quad (4)$$

Algoritma Backpropagation

Backpropagation Neural Network merupakan algoritma pelatihan terbimbing yang mempunyai banyak lapisan. BPNN menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Syarat fungsi aktivasi dalam BPNN adalah bersifat kontinu, terdiferensial dengan mudah, dan merupakan fungsi yang tidak turun. Fungsi aktivasi yang dapat memenuhi ketiga syarat tersebut adalah logsig, tansig, dan purelin. Metode pengenalan merupakan proses inialisasi data yang akan diolah selanjutnya oleh BPNN. Data yang akan dikenali disajikan

dalam bentuk vektor. Masing-masing data mempunyai target yang disajikan juga dalam bentuk vektor. Target atau keluaran acuan merupakan suatu peta karakter yang menunjukkan lokasi dari vektor masukan [5].

Sedangkan metode pelatihan merupakan proses latihan mengenali data dan menyimpan pengetahuan atau informasi yang didapat ke dalam bobot-bobot. Terdapat 3 fase dalam pelatihan BPNN, yaitu fase maju (*feed forward*), fase mundur (*back propagation*), dan fase modifikasi bobot. Dalam fase *feed forward*, pola masukan dihitung maju dimulai dari lapisan input hingga lapisan output. Dalam fase *back propagation*, tiap-tiap unit output menerima target pola yang berhubungan dengan pola input untuk dihitung nilai kesalahan. Kesalahan tersebut akan dipropagasikan mundur. Sedangkan fase modifikasi bobot bertujuan untuk menurunkan kesalahan yang terjadi. Ketiga fase tersebut diulang secara terus menerus hingga kondisi penghentian dipenuhi.

Perancangan Simulasi Dengan Algoritma Damped Least-Squares (DLS)

Algoritma DLS pada merupakan pengembangan algoritma backpropagation standar [6]. Pada Algoritma pelatihan dan pengujian dengan DLS dapat dijabarkan sebagai berikut:

Langkah 0:

1. Inialisasi bobot awal berupa hasil pengolahan daya reaktor dan batang kendali dengan bilangan acak kecil
2. Inialisasi Epoch 0, MSE
3. Tetapkan maksimum epoch, parameter DLS, faktor dan target error.

Langkah 1:

Jika kondisi penghentian belum terpenuhi (epoch < maksimum epoch atau MSE > target error), lakukan langkah berikutnya.

Langkah 2:

1. epoch1 = epoch + 1
2. Untuk setiap pasangan data pelatihan, lakukan langkah 3-4.

Langkah 3:

Unit output menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pelatihan. Jika diberikan pasangan input data pelatihan dengan adalah input dan target yang akan dicapai. Ulangi proses hingga didapatkan hasil dengan epoch terbaik. Pada perancangan digunakan pelatihan sebanyak 100 kali

Hasil dan Pembahasan

Kendali JST yang digunakan memiliki 2 buah input, yaitu daya reaktor dan input batang kendali sebanyak 8 buah yang dipakai pada saat pelatihan dan pengujian berikut ini adalah tabel dari batang kendali dan daya

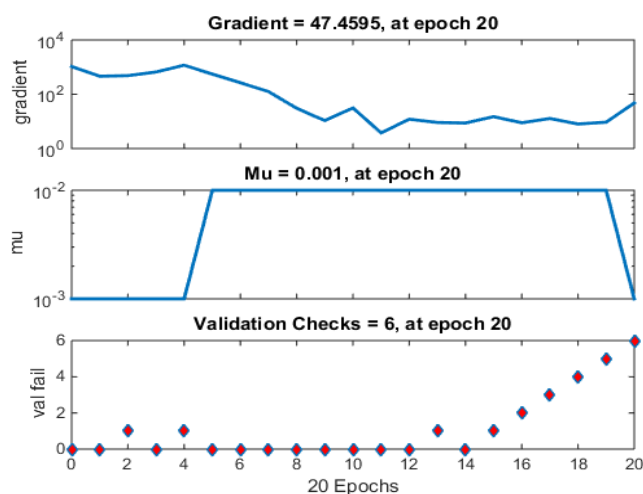
Tabel 1. Data batang kendali dan Daya Reaktor

BK1	BK2	BK3	BK4	BK5	BK6	BK7	BK8	JKT01	DAYA (MW)
335	335	334	335	336	333	335	334	2900	0,01
335	335	334	335	336	333	335	334	2900	0,01
335	335	334	335	336	333	335	334	3200	0,01
335	335	334	335	336	333	335	334	3200	0,01
335	335	334	335	336	333	335	334	3200	0,01
335	335	334	335	336	333	335	334	3200	0,01
335	335	334	335	336	333	335	334	3200	0,01
335	335	334	335	336	333	335	334	3200	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3600	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3600	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3600	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3600	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3600	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3600	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3700	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3700	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3700	0,01
335	335	335	335	336	333	335	334	3700	0,01

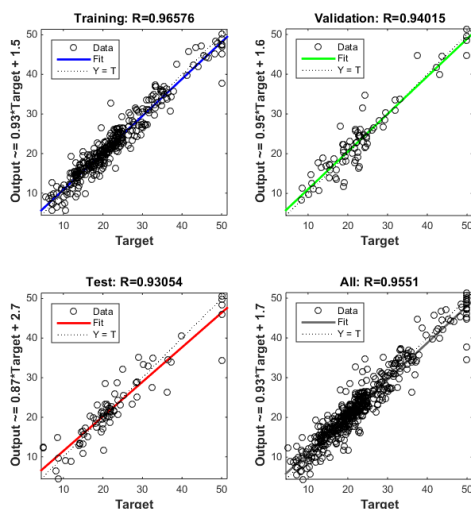
Untuk pengujian digunakan perhitungan dari selisih log daya reaktor P(t) dengan logaritma keluaran daya dari model dengan persamaan

$$P_m(t):E(t) = \log(P(t)) - \log(P_m(t)) = \log(P(t)/P_m(t)) \quad (5)$$

Gambar berikut menunjukkan salah satu contoh jumlah kuadrat error dan parameter learning-rate selama proses pelatihan JST-kendali:

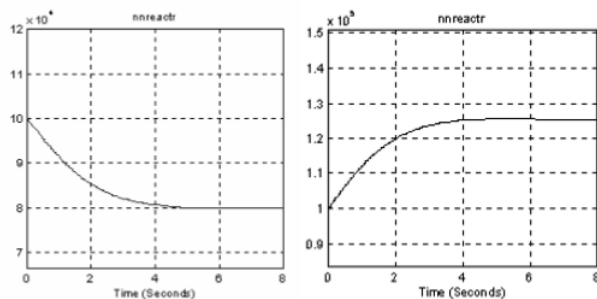


Gambar 3. Jumlah kuadrat error dan parameter learning-rate pada pelatihan JST-kendali



Gambar 4. Hasil tampilan regresi linier pada proses backpropagation

Simulasi pada JST-kendali dilakukan pada rentang daya dari 0 sampai dengan 100 kW. Gambar 3 menunjukkan respon sistem pengendalian pada kenaikan daya dari 100 kW ke 300 kW. Berdasarkan hasil simulasi ini, daya yang dikehendaki akan dapat dicapai dalam



waktu 4 detik. Sedangkan pada Gambar 4 menunjukkan respon sistem pengendalian pada penurunan daya dari 100 ke 80 kW. Penurunan daya ke 80 dapat dicapai dalam waktu 4,3 detik.

(a)

(b)

Gambar 5. Proses perubahan daya (a) dan penaikan daya (b)

Hasil simulasi menunjukkan bahwa JST-kendali memberikan respon tanpa overshoot. Ini merupakan keunggulan dibandingkan dengan kendali PID yang mempunyai overshoot tinggi dan settling time yang lama. Pengujian lain dilakukan dengan gangguan akibat adanya perubahan reaktivitas baik berharga positif maupun negatif dari

keadaan setimbang dalam hal ini diberikan reaktivitas sebesar 0,20

KESIMPULAN

Hasil simulasi kontrol daya reaktor menunjukkan bahwa penggunaan JST-kendali dapat menekan besarnya overshoot dan settling time yang terjadi pada penggunaan control PID dan juga Skema kendali JST-DLS mampu mengurangi daya reaktor yang terdapat noise di dalamnya. Hal ini ditandai dengan stabilnya daya keluaran reaktor pada simulasi. JST-DLS juga dapat mengkompensasi gangguan reaktivitas positif maupun negatif

DAFTAR PUSTAKA

1. **ACHMAD, B.** "Simulasi Kendali Daya Reaktor Kartini Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan yang Menirukan Kerja Kendali Logika Samar", 1998.
2. **DANUPOYO, SARWO,** "Optimasi Sistem Pengendali Reaktor Daya", Lokakarya Komputasi Dalam Sains dan Teknologi Nuklir BATAN. 1998.
3. **HETRICK, DAVID,** "Dynamics of Nuclear Reactors", The University of Chicago Press. Chicago and London.
4. **LAMARSH, J.R. 1972,** "Introduction to Nuclear Reactor Theory", Addison-Wisley Publishing Company Inc. Massachusetts.
5. **LEE, YOON JOON. 1994,** "The Control Rod Speed Design for the Nuclear Reactor Power Control Using Optimal Control Theory", Journal of the Korean Nuclear Society
6. **OGATA, KATSUHIKO,** "Discrete Time Control System", Prentice Hall International, Inc. 1987