

# Perancangan Pengontrol Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan untuk Pengendalian Laju Putaran Turbin pada PT.Indonesia Power UBP Saguling

Reza Fairuz Zamani

Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung

## Abstrak

Kondisi pada Unit Pembangkit I PT. Indonesia Power UBP Saguling menunjukkan adanya lonjakan dan kesalahan saat tunak saat *startup*. Kinerja pengontrol kecepatan putaran turbin PLTA yang baik pada kondisi *startup* sangat dibutuhkan untuk mencegah terjadinya kerusakan sistem. Kerusakan sistem dapat diakibatkan oleh perbedaan frekuensi antara sistem jika dikoneksikan dengan jaringan transmisi. Perancangan pengontrol yang baik akan semakin sulit dengan sistem yang semakin kompleks. Penggunaan algoritma cerdas menjadi alternatif solusi, salah satunya adalah dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). JST telah dikenal mempunyai kemampuan memperbaiki diri melalui pembelajaran. Memanfaatkan karakteristik tersebut, pada penelitian ini dirancang pengontrol berbasis JST. Parameter pengontrol JST yaitu bobot-bobotnya secara otomatis diperbaharui untuk mencapai kinerja yang baik. Untuk menilai kinerja sistem, dilakukan perbandingan nilai lonjakan dan kesalahan saat lunak, dan waktu tunak. Dari hasil simulasi dapat dilihat pengontrol JST mampu menghilangkan nilai lonjakan kesalahan saat tunak, serta memiliki nilai waktu tunak sebesar 54.2 detik.

*Kata kunci: jaringan syaraf tiruan, turbin.*

## Abstract

Spike and error at startup stage occurred at Power plant unit at PT. Indonesia Power UBP. In order to prevent system malfunction, control system performance is an important part in controlling rotation velocity of the turbine. System malfunction caused by different frequency of system and transmission network. A good control design is harder to obtain as the complexity of the system increases. Smart algorithm such as artificial neural network (ANN) become a solution. As the smart algorithm, ANN performed learning parameter algorithm. To evaluate system performance, ANN comparing spike value and error at steady condition and steady time. As a result, ANN recovered error spike value at steady condition and obtained steady time at 54.2 Second.

*Keyword: artificial neural network, turbine*

## 1 Pendahuluan

PT. Indonesia Power selaku operator pembangkitan listrik untuk wilayah Jawa-Bali, memiliki sejumlah unit bisnis PLTA yang berperan sebagai pemasok utama dalam menjaga ketersediaan listrik. Salah satu unit bisnis PLTA yang dimiliki oleh PT. Indonesia Power adalah Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Saguling dengan kapasitas pembangkitan sebesar 797.36 MW.

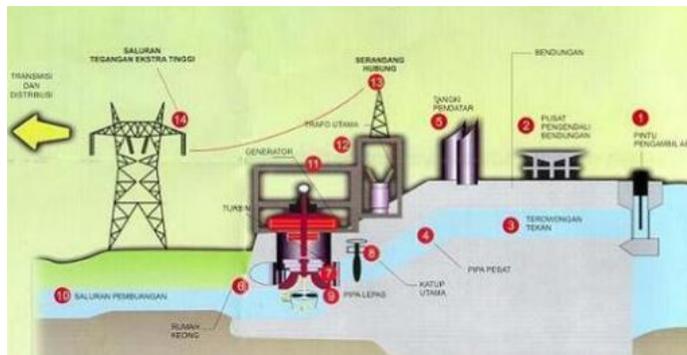
Untuk kondisi operasional, PLTA beroperasi berdasarkan permintaan kebutuhan daya yang diperoleh dari PT. PLN P3B (Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban). Oleh karena itu, salah satu keunggulan dari PLTA dibanding pengontrol lain adalah kemampuannya untuk berada dalam keadaan siap beroperasi (*startup*) dalam waktu yang singkat (orde menit). Selain fungsi utamanya sebagai penghasil daya, unit, ini juga berkontribusi dalam menjaga kestabilan frekuensi jaringan.

Agar dapat mentransmisikan tegangan ke dalam transmisi, PLTA harus memiliki frekuensi sistem yang besarnya sama dengan frekuensi jaringan. Proses pengaturan untuk mencapai nilai frekuensi yang bersesuaian dengan frekuensi jaringan, pada PLTA Saguling masih dilakukan secara manual.

Pengontrolan manual sangat bergantung pada ketelitian dan kecermatan operator dalam memonitoring pengontrol, dengan begitu memungkinkan terjadinya berbagai kesalahan serta ketidakakuratan pengontrolan. Hal ini ditunjukkan dengan masih terjadinya lonjakan maksimum dan kesalahan saat tunak pada laju putaran turbin.

## 2 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air PT. Indonesia Power UBP Saguling

### 2.1 Prinsip Kerja PLTA



Gambar 1 Skema PLTA

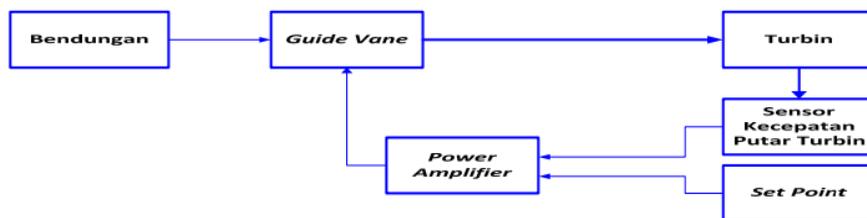
Air ditampung di bendungan yang menyebabkan air memiliki energi potensial yang besarnya tergantung dari kapasitas bendungan penampung air dan ketinggian permukaan air. Semakin banyak air yang bisa ditampung (dalam arti tinggi permukaan air), semakin besar pula energi potensial yang dapat dihasilkan.

Dari waduk, air dialirkan melalui pintu pengambil air atau saringan [1], yang pengaturannya dilakukan lewat pusat pengendali bendungan [2], selanjutnya masuk ke dalam terowongan tekan [3]. Sebelum memasuki pipa pesat [4], air itu harus melewati tangki pendatar [5] yang berfungsi untuk mengamankan pipa pesat, apabila terjadi tekanan mendadak/tekanan kejut saat katup utama [8] tertutup/ditutup seketika, pipa pesat ini memungkinkan adanya konversi energi dari energi potensial ke energi kinetik. Setelah katup utama [8] dibuka, aliran air memasuki rumah keong [6]. Aliran air lepas [9], dan selanjutnya dibuang ke saluran pembuangan [10]. Poros turbin yang berputar tadi dikopel dengan poros generator [11]. Oleh trafo utama [12], tegangan listrik itu dinaikkan dari 16.5 kV menjadi 500 kV. Kemudian aliran listrik bertegangan tinggi itu dikirim ke gardu induk melalui serandang

## 2.2 Prinsip Pengontrolan Pembangkit Listrik Tenaga Air

Sistem kontrol PLTA Saguling dibagi dalam dua tahap, tahap pertama yaitu pengontrolan pada kondisi *start-up* dan tahap berikutnya adalah pengontrolan saat sistem tersinkronisasi dengan jaringan.

Pada saat *startup*, pengontrolan ditunjukkan untuk menjaga putaran turbin pada putaran nominalnya yaitu sebesar 333 putaran per menit. Putaran turbin sebesar tersebut menghasilkan frekuensi sistem mencapai nilai sebesar 50 Hz. Setelah sistem mencapai nilai frekuensi tersebut, sistem telah siap untuk dilakukan pembebanan (siap tersinkronisasi dengan jaringan). Pada gambar 2 mengilustrasikan sistem pengontrolan pada UBP Saguling pada saat *startup*.



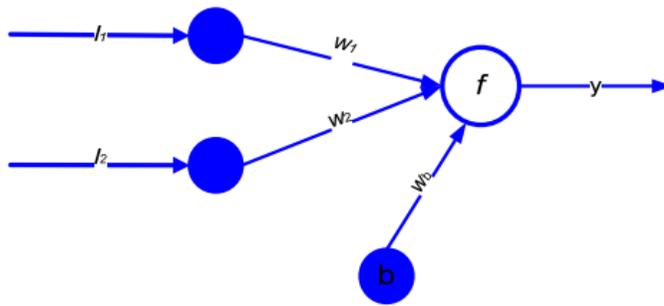
Gambar 2 Diagram blok sistem kontrol UBP Saguling

Setelah terhubung dengan jaringan transmisi, adanya pemakaian daya listrik oleh konsumen mengakibatkan terjadinya perubahan beban pada jaringan. Kejadian ini berpengaruh terhadap perubahan frekuensi sistem jala-jala listrik. Untuk mengatasi masalah tersebut, PT. PLN P3B selaku otoritas yang mengatur distribusi pasokan listrik, mengirim informasi besar daya yang harus dibangkitkan oleh tiap pembangkit. Dengan adanya target daya baru tersebut, tiap pembangkit akan melakukan penyesuaian terhadap besar daya yang diminta. Disamping itu pembangkit juga harus menjaga frekuensi yang dihasilkan tetap pada kisaran 50 Hz. Besarnya daya dan frekuensi yang dihasilkan sistem pembangkit sendiri dipengaruhi oleh seberapa besar bukaan *Guide Vane*. Dengan demikian proses pengontrolan yang terjadi merupakan perlakuan aksi untuk buka-tutup *Guide Vane*. Untuk PLTA, besar beban yang harus dibangkitkan memiliki porsi yang lebih besar, karena PLTA memiliki respon sistem yang lebih cepat bila dibandingkan dengan pembangkit lain.

## 3 Teori Dasar

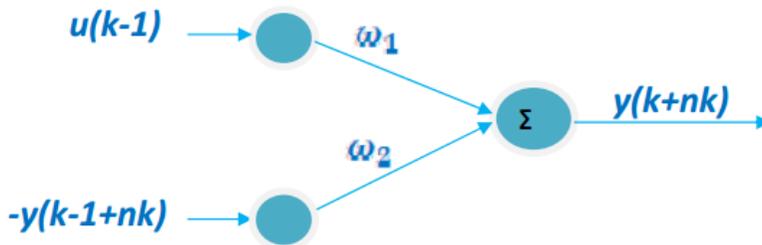
### 3.1 Jaringan Syaraf Tiruan Adaline

Sistem Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem yang memodelkan cara kerja jaringan syaraf manusia sebagai suatu sistem dinamik nonlinier kontinu yang diharapkan dapat meniru mekanisme otak dan menimbulkan perilaku cerdas. Jaringan ini terdiri dari banyak simpul (*node*) pemroses yang dianalogikan dengan neuron pada otak. Proses matematis yang ada dalam jaringan ini juga merupakan pendekatan pada cara kerja otak dan memiliki kemampuan belajar dari pengalaman. JST Adaline merupakan salah satu struktur JST yang memiliki fungsi aktivasi berupa fungsi identitas. Fungsi kriteria JST Adaline merupakan fungsi kesalahan kuadrat terkecil atau *Least of Squared Error* (LSE).



Gambar 3 JST Adaline

Parameter-parameter pada simpul adaptif akan terus diperbaharui dengan menggunakan suatu aturan pembekalan. Pembelajaran parameter-parameter yang ada di dalam simpul-simpul inilah yang akan mempengaruhi kinerja dari JST Adaline. Sistem yang dilakukan identifikasi diasumsikan orde satu dengan waktu tunda. Berdasarkan *a priori knowledge* ini maka dapat dibentuk struktur JST Adaline untuk identifikasi, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Struktur JST untuk identifikasi turbin unit satu

Model yang didapatkan berdasarkan fungsi alih, sesuai dengan persamaan (1).

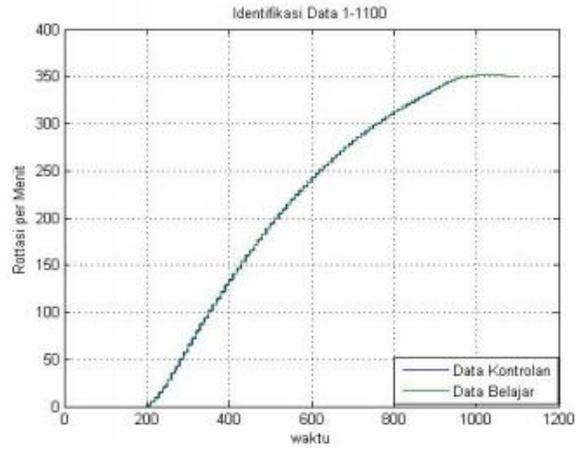
$$H(z) = \frac{-0.027z + 0.045}{z^2 - 1.6z + 0.6} \tag{1}$$

## 4 Simulasi dan Analisis

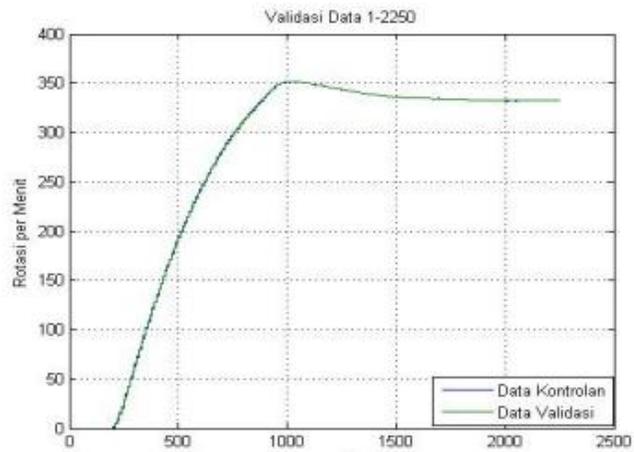
### 4.1 Identifikasi Sistem

Identifikasi akan dilakukan secara *offline* dengan menggunakan data yang telah diakusisi sebelumnya. Telah diakusisi 2250 data masukan dan keluaran saat PLTA Saguling beroperasi sedang beroperasi. Waktu cacah pengambilan data adalah 0.1 detik.

Proses identifikasi dilakukan dengan menggunakan JST. Sistem diasumsikan orde satu, dan dengan waktu tunda sebesar empat detik. Berdasarkan *a priori knowledge* ini maka dapat dibentuk struktur JST untuk identifikasi, yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik hasil pembelajaran model NNARX kontrol turbin



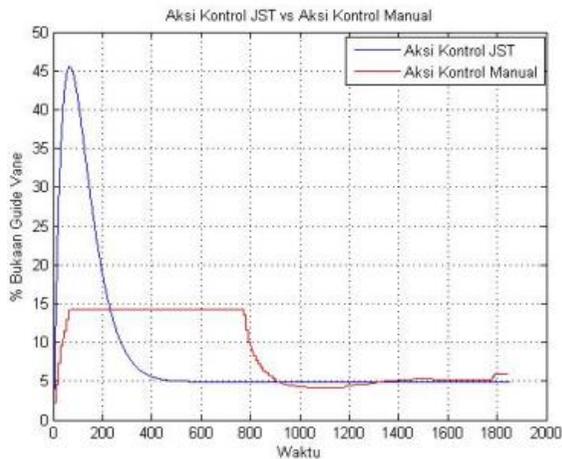
Gambar 6 Grafik hasil validasi model NNARX kontrol turbin

Hasil proses identifikasi sistem dapat dilihat pada Tabel 1.

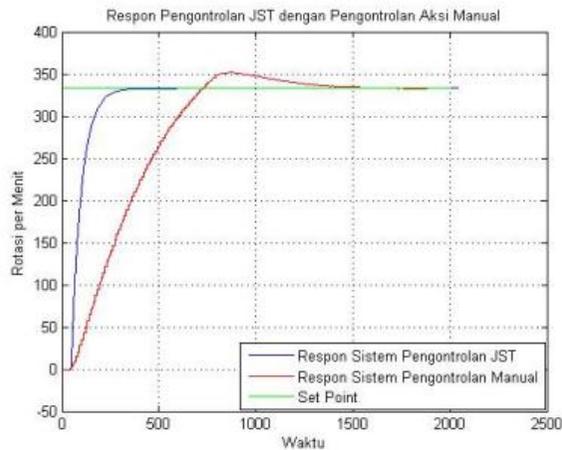
**Tabel 1 Hasil Pemodelan Putaran**

Parameter	Model Putaran Turbin NNARX
Jumlah Data Pembelajaran	1100
Jumlah Data Validasi Model	2250
Laju Pembelajaran	$10.5 \times 10^{-7}$
Epoch Pembelajaran	1500
RMSE Pembelajaran	0.52%
RMSE Validasi	0.21%

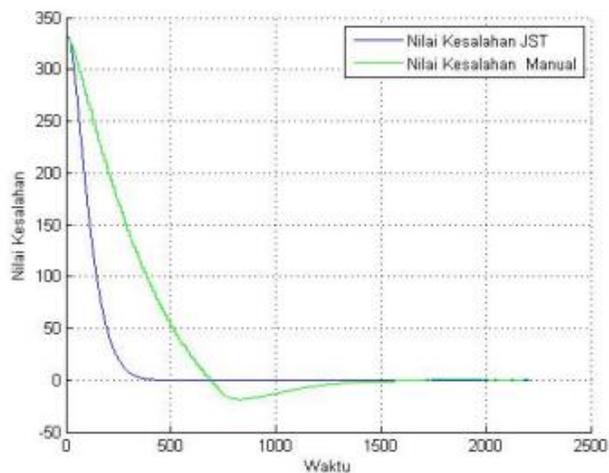
## 4.2 Sistem Kontrol



**Gambar 7 Aksi sinyal kontrol JST vs Aksi sinyal kontrol manual**



**Gambar 8 Respon sinyal kontrol JST vs Respon sinyal kontrol manual**



**Gambar 9 Grafik kesalahan**

## 5 Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan:

1. Telah dihasilkan model untuk sistem turbin dengan satu masukan yaitu bukaan Guide Vane dan satu keluaran yaitu putaran turbin. Hal ini ditunjukkan dengan model persamaan fungsi alih berikut seperti pada persamaan (1)
2. Nilai RMSE pemodelan berbasis JST Adaline yang dikembangkan dalam penelitian ini sebesar 0.26%.
3. Pengontrol JST Adaline mampu menghilangkan lonjakan maksimum dan kesalahan saat tunak dari laju putaran turbin.

## 6 Daftar Pustaka

- [1] Arismunandar, W. 2004. *Penggerak Mula Turbin*. Bandung: Penerbit ITB.
- [2] Anonymous. (2009). Deskripsi Indonesia Power UBP Saguling. (Online). Tersedia: <http://www.indonesiapower.co.id> [Februari, 2009]
- [3] Zuhail. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: Penerbit ITB.
- [4] Soderstrom, Torsten dan Stoica, Peter. 1989. *System Identification*. Marylands Avenue: Prentice Hall International (UK) Ltd.
- [5] Sontag, E. D. 1993. *Some Topics in Neural Networks and Control, Report Number LS93-02*.
- [6] Department of Mathematics : Rutgers University, New Burnswick,
- [7] Anonymous, ADALINE (Jaringan Syaraf Tiruan), Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2005
- [8] Kung, Y.S. 1993. *Digital Neural Networks*. New Jersey: Prentice-Hall International Editions
- [9] Norgaard, M. O., Ravn, N.K., Poulsen dan Hansen, L.K.. 2000. *Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic System*. London: Springer-Verlag
- [10] Ogata, K. 2002. *Modern Control Engineering 4th edition*. New Jersey: Prentice-Hall.