

# APLIKASI NEURAL NETWORK PADA SYSTEM CONTROL TURBIN MIKRO HIDRO

Lie Jasa \*, Mauridhi Hery\*\*

\* Teknik Elektro Universitas Udayana, Bali, Indonesia. email: liejasa@unud.ac.id

\*\*Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya Indonesia email : hery@ee.its.ac.id

## Abstrak

Aliran air yang mengalir dalam sungai pada ketinggian level tertentu dapat digunakan untuk memutar kincir yang dapat menghasilkan energi putar. Bila putaran ini kita gunakan untuk memutar sebuah generator maka akan menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik mikro hidro adalah pembangkit listrik dalam kapasitas kecil yang bisa dibangun disetiap lokasi sesuai dengan kondisi lingkungan dan mampu menghasilkan listrik dalam kapasitas yang terbatas. Permasalahan yang muncul adalah frekwensi yang dihasilkan dari pembangkit mikro hidro tidak bisa stabil pada kisaran 50 Hz, hal ini akan sangat berpengaruh dengan tegangan yang dihasilkan akibat adanya penambahan beban, maka tegangan turun. Untuk mengontrol putaran turbin agar stabil pada putaran tertentu, selama ini hanya menggunakan ketinggian level didalam bak penampungan air sebagai input pipa pesat, sehingga diharapkan dapat menghasilkan putaran turbin yang tetap. Keadaan ini menjadikan sangat tidak stabil bila ada penambahan beban. Untuk mengatasi permasalahan ini, mengatur volume air yang masuk ke turbin digunakan control dengan Aplikasi Neural Network (ANN) dengan feedback dari frekwensi keluaran generator. ANN akan dapat menghasilkan keluaran sesuai dengan proses pembelajaran berdasarkan bobot input neuron dari frekwensi, putaran, level ketinggian untuk dapat mengatur microcontroller untuk mengontrol governor turbin air, sehingga putaran turbin dapat mengimbangi dengan adanya perubahan beban pada frekwensi yang stabil pada 50 Hz dan tegangan 220 VA.

**Kata Kunci:** Turbin, Neural, Micro hidro.

## Abstract

The flow of water that flows in the river at an altitude of a certain level can be used to rotate turbines that can produce rotary energy. When this rotary we used to rotate a generator it will generate electrical energy. Micro-hydro power plant generating electricity in a small capacity that could be built in location depends on its environmental conditions and capable of generating electricity in a limited capacity. The problem arises is that the frequency resulting from micro-hydro plants can not be stable at around 50 Hz, this will be very influential with the voltage drops due to the addition of the load. To stabilize the turbin at a certain round, so far only use the height of water level inside the tank as the input, so that the turbine is expected to generate a fixed rotation. This standard method will extremely unstable when there is an increase in load. To overcome this problem, the volume of water entering the turbine is adjusted by using the Application Control Neural Network (ANN) with feedback from the output frequency of the generator. ANN will be able to produce output according to the learning process based on the weight of the input neurons of the frequency, rotation, and

*height level to be able to control the microcontroller to drive the water turbine governor, so that can keep pace with the changing load on a stable frequency at 50 Hz and a voltage of 220 VA.*

*Keywords: Turbin, Neural, Microhydro*

## 1. Pendahuluan

Potensi Energi listrik yang bersumber dari air yang ada didaerah kita cukup banyak dan tersebar dimana-mana. Hal ini adalah energi ramah lingkungan dan murah dibandingkan dengan energi fosil. Energi listrik yang dibangkitkan sebuah pembangkit terkadang tidak langsung dapat dimanfaatkan, karena konsumen energi listrik terkadang berada jauh dari lokasi pembangkit yang biasanya ada didaerah pegunungan dekat dengan sungai-sungai sebagai sumber pembangkitannya. Mengingat kapasitas energi listrik yang dimiliki PT. PLN selama ini cenderung terbatas dan adanya peningkatan pemanfaatan daya listrik oleh masyarakat dari tahun ke tahun yang terus bertambah, maka perlu secara terus-menerus untuk menggali sumber-sumber energi terbarukan. Potensi alam Indonesia sangat memungkinkan sebagai salah satu usaha nyata untuk mengatasi masalah kemiskinan selama ini.

Kondisi ekonomi masyarakat pedesaan selama ini merupakan masalah utama pemerintah yang tidak kunjung selesai, karena kemiskinan dan pendapatan perkapita masyarakat yang rendah dan derajat pendidikan yang rendah, menambah kesulitan masyarakat pedesaan untuk maju, berkembang, dan adanya transportasi yang terkadang menjadi masalah. Dengan mengembangkan potensi alam berupa aliran sungai yang memiliki potensi, dengan memanfaatkan aliran air dapat digunakan sebagai sumber pembangkit energi listrik. Usaha nyata dalam mendukung kebijakan pemerintah dalam memberantas kemiskinan dengan swasembada energy listrik. Program pemerintah berupa konversi minyak tanah ke gas, memunculkan permasalahan baru bagi masyarakat di pelosok pedesaan yang masih membutuhkan minyak tanah (*kerosin*) untuk lampu penerangan di malam hari, akibat transportasi yang sulit distribusi gas tidak menjangkau sampai kedaerah plosok. Minyak tanah disamping sangat mahal juga tidak murni karena adanya praktek penggolosan.

Mikro hidro adalah sumber pembangkit energy listrik yang terbatas, tegangan keluaran yang cenderung tidak stabil, hal ini disebabkan putaran turbin berubah-ubah akibat aliran air dari pipa pesat tidak bisa mengimbangi adanya penambahan beban, sehingga energi putar yang dihasilkan oleh turbin tidak bisa bertambah bila tidak ada control yang mengatur jumlah air yang masuk juga bertambah. Untuk mengatasi hal ini diperlukan sebuah alat control yang mampu mengontrol kebutuhan air yang dimasukkan kedalam turbin berdasarkan frekwensi keluaran yang dihasilkan dari generator stabil pada kisaran 50 Hz. Aplikasi control berbasis Neural Network (ANN) akan mampu mengatasi permasalahan ini dengan menggunakan input dari putaran, level air dari pipa pesat, dan frekwensi keluaran generator. Bila salah satu parameter ini berubah maka bobot tiap-tiap neuron pada lapisan input juga akan berubah maka keluaran akhir pada lapisan output juga akan berubah sesuai dengan bobot kondisi input. Model jaringan perceptron yang ditemukan oleh Rosenblatt (1962) dan Minsky – Papert (1969) merupakan arsitektur jaringan saraf tiruan yang paling sederhana. Jaringan ini memiliki beberapa unit masukan dan sebuah bias dan memiliki sebuah unit keluaran, namun fungsi aktivasi bukan fungsi biner tapi kemungkinan  $-1, 0$

atau 1. Jaringan perceptron ini akan diterapkan dalam penelitian ini untuk mendrive mikrokontroler untuk mengatur governor air yang masuk ke turbin.

### 1.2 Perumusan dan Pembatasan Masalah

Masyarakat pedesaan selama ini memang masih sangat tertinggal dalam hal pemanfaatan energi listrik rumah tangga dalam memenuhi kebutuhan minimal khususnya untuk penerangan di malam hari. Sumber daya alam yang tersedia memang belum dimanfaatkan secara maksimal, akibat keterbatasan pengetahuan, dana dan perhatian pemerintah akan kesejahteraan masyarakat pedesaan yang jauh dan terpencil. Dengan lokasi yang sangat strategis dan memanfaatkan sumber energi yang murah dan diharapkan bisa membantu masyarakat pedesaan. Dari penelitian yang sudah dilaksanakan penulis ditemukan permasalahan baru yang menurut penulis menjadi hal yang esensial untuk harus ditangani, berupa sistem kontrol yang mengatur besar kecilnya air yang memutar turbin dari pipa pesat, bila adanya perubahan beban listrik dari generator dimana sedapat mungkin tegangan keluaran stabil 220 VA dan frekwensi 50 Hz.

Bila tegangan keluaran dari generator berubah akibat adanya perubahan beban semestinya putaran turbin harus berubah dengan mengimbangipertambahan beban. Bila beban membesar kapasitas air yang memutar turbin haruslah bertambah, bila beban berkurang kapasitas air juga berkurang. perubahan energi kinetik yang dirubah menjadi energi listrik haruslah seimbang pula. Sistem kontrol yang berbasis ANN memungkinkan kita dapat mengatur frekwensi keluaran berdasarkan input jaringan ANN yang ada untuk mengontrol mikrokontroler membuka dan menutup governor. Dengan penelitian ini diharapkan terdapat suatu model yang bisa mengontrol berdasarkan frekwensikeluaran, level ketinggian air dan putaran turbin, secara otomatis bila terjadi perubahan beban sehingga tegangan kuluaran tetap pada kisaran 220 VA. Perubahan frekwensi dari generator yang memicu kontroller untuk menggerakkan valve *governor* untuk mensuplai air yang lebih besar ke turbin. Sehingga putaran dari turbin tetap pada posisi yang normal. Tentunya model yang direncanakan harus bisa bergerak secara cepat akibat perubahan beban. Hal ini yang akan menjadi hal yang utama dalam penelitian ini.

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan suatu model sistem control yang berbasis ANN untuk dapat mengatur putaran turbin mikro hidro untuk bisa mengimbangi putaran generator bila ada perubahan beban. sebagai misal volume air dari pipa pesat yang memutar turbin bisa menjaga kontinyuitas aliran air yang masuk kedalam turbin. Dengan adanya volume air yang stabil maka diharapkan putaran dari turbin juga lebih stabil untuk memutar generator sehingga menghasilkan tegangan yang stabil pada kisaran 220 VA dengan frekwensi 50 Hz. Sehingga sistem kontrol yang dihasilkan sebagai sebuah sistem kontrol yang bersifat *close loop*.

### 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dihasilkannya suatu model kontrol dari mikro hidro sebagai pembangkit energi listrik yang bekerja secara otomatis akibat adanya perubahan beban dimana lokasi dari mikro hidro yang tersebar dibanyak tempat sesuai dengan lokasinya. Energi listrik yang dihasilkan tentunya tidak bisa secara langsung dimanfaatkan bila tidak melalui rangkaian control ini, dimana keluaran dari rangkaian ini berupa tegangan dan frekwensi akan sangat berpengaruh terhadap kualitas daya listrik yang dihasilkan. Dengan demikian potensi energi listrik yang

dihasilkan oleh mikro hidro bisa dimanfaatkan oleh konsumen yang terdapat disekitar lokasi pembangkitan maupun ditempat lain.

## 2. Neural Network Sistem

Banyak penelitian sebelumnya tentang aplikasi Neural network dapat diaplikasikan sebagai control, seperti untuk menggabungkan dua buah mikro hidro [1], meramalkan aliran air sungai yang masuk kedalam dam penampungan mikro hidro [2], sebagai control Sensor linier berbasis mikrocontroler-neural network [3]. Pada dasarnya Neuron adalah unit pemroses informasi yang menjadi dasar dalam pengoperasian jaringan syaraf tiruan. Neuron terdiri dari tiga elemen pembentuk ; (1). Sekelompok unit-unit yang dihubungkan dengan jalur koneksi yang memiliki bobot yang berbeda-beda, (2). Unit penjumlah yang akan menjumlahkan input-input sinyal yang sudah dikalikan dengan bobotnya, (3). Fungsi aktivasi yang akan menentukan apakah sinyal dari input neuron akan diteruskan ke neuron lain ataukah tidak.

$$F(\text{net}) = \begin{cases} 1 & \text{Jika } \text{net} > \theta \\ 0 & \text{Jika } -\theta \leq \text{net} \leq \theta \\ -1 & \text{Jika } \text{net} < -\theta \end{cases}$$

Secara geometris, fungsi aktivasi akan membentuk 2 garis sekaligus masing-masing dengan persamaan :

$$W_1 X_1 + W_2 X_2 + \dots + W_n X_n + b = \theta \quad \text{dan}$$

$$W_1 X_1 + W_2 X_2 + \dots + W_n X_n + b = -\theta$$

## 3. Pelatihan Perceptron

Misalkan  $s$  adalah vektor masukan dan  $t$  adalah target keluaran,  $\alpha$  adalah learning rate yang ditentukan.  $\theta$  adalah threshold yang ditentukan, algoritma pelatihan perceptron adalah sebagai berikut (1). Inialisasi semua bobot dan bias (umumnya  $W_i = b = 0$ ) Tentukan learning rate ( $\alpha$ ) untuk penyederhanaan biasanya  $\alpha$  diberi nilai =1. (2). Selama ada elemen vektor masukan yang respon unit keluarannya tidak sama dengan target, lakukan

(a). Set aktivasi unit masukan  $W_i = S_i$

(b). Hitung respon unit keluaran :  $\text{net} = \sum_{i=1,2,\dots,n} X_i W_i + b$

$$Y = f(\text{net}) = \begin{cases} 1 & \text{Jika } \text{net} > \theta \\ 0 & \text{Jika } -\theta \leq \text{net} \leq \theta \\ -1 & \text{Jika } \text{net} < -\theta \end{cases}$$

(c). Perbaiki bobot pola yang mengandung kesalahan ( $y \neq t$ ) menurut persamaan :

$$W_i (\text{baru}) = W_i (\text{lama}) + \Delta w \quad (i=1,2,\dots,n) \quad \text{dengan} \quad \Delta w = \alpha t x_i$$

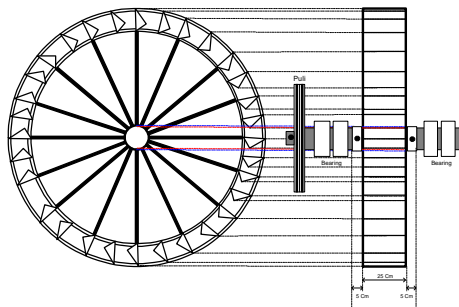
$$b \text{ (baru)} = b \text{ (lama)} + \Delta b \text{ dengan } \Delta b = \alpha t$$

#### 4. Data Pembelajaran Neural Network

Pembelajaran dilakukan dengan input dan bobot masing-masing dari neuron di tetapkan 0, dengan harapan bahwa proses pembelajaran dari sistem mengikuti bobot bobot berikutnya selama MSE antara target dengan keluaran masih terjadi kesalahan. Maka proses pembelajaran akan terus dilakukan sesuai dengan Epoch yang ditentukan.

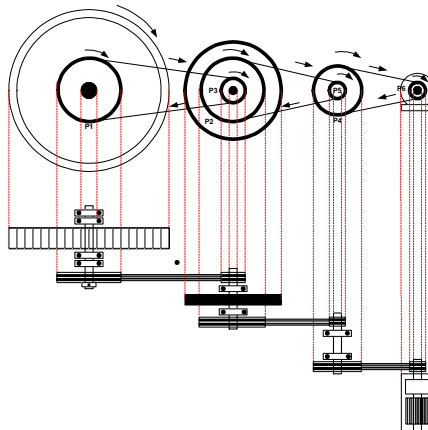
#### 5. Prediksi kecepatan putaran turbin

Kecepatan putaran turbin sangat berpengaruh dengan adanya volume air yang masuk dari pipa pesat, tentunya banyaknya energy yang bisa dikonversikan menjadi putaran adalah yang terpenting. Penambahan beban pada generator secara langsung mempengaruhi putaran turbin yang merupakan sumber energy kinetis yang berasal dari air. Dalam penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya kecepatan maksimal putaran turbin permenit adalah 26 rpm, namun saat dibebani dengan generator turun menjadi 14 Rpm, dengan adanya penurunan ini maka putaran generator menjadi turun, sehingga frekwensi yang dihasilkan juga turun.



Gambar 1. Rancangan turbin tampak depan dan samping

Aliran air pada pipa pesat oleh turbin dirubah menjadi putaran gambar 1. Sedangkan putaran turbin melalui perkalian puli-puli dihantarkan dengan talikipas untuk memutar generator untuk mencapai putaran  $\geq$  rpm generator seperti gambar-2.



Gambar-2. Desain putaran turbin

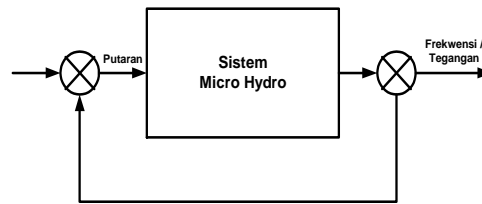
Generator yang dipasang bisa bekerja bila Rpm berada pada posisi 1300 sampai dengan 1500 seperti pada tabel 1. Putaran yang diharapkan sebesar 1500 rpm digunakan perkalian puli-puli seperti gambar 5 diatas. Untuk mencapai putaran yang ditentukan maka tabel-1 menampilkan kondisi putaran turbin sampai dengan putaran pada generator yang didapatkan, data ini didapatkan selama melakukan pengukuran, namun bila terjadi kesalahan karena adanya slip antara puli satu dengan puli yang menjadi pasangannya.

Tabel 1. Rpm dari tiap-tiap puli

Rpm vs Ukuran Puli dalam Inch					
20	4	13	4	13	3
15	75	75	244	244	1.056
16	80	80	260	260	1.127
17	85	85	276	276	1.197
18	90	90	293	293	1.268
19	95	95	309	309	1.338
20	100	100	325	325	1.408
21	105	105	341	341	1.479
22	110	110	358	358	1.549
23	115	115	374	374	1.620
24	120	120	390	390	1.690
25	125	125	406	406	1.760
26	130	130	423	423	1.831
27	135	135	439	439	1.901
34	170	170	425	425	1.381

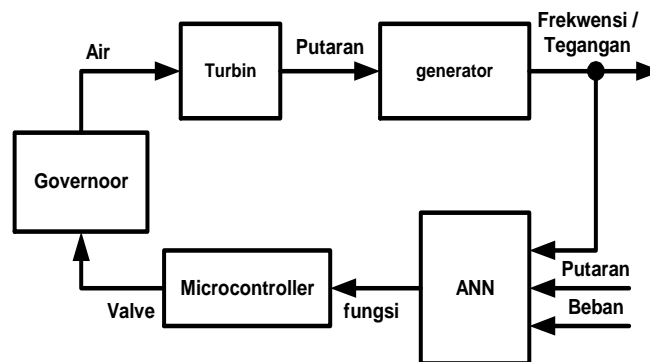
## 6. Design rangkaian kontrol berbasis ANN.

Sistem control yang digunakan untuk mengontrol system berbasis close loop, dimana frekwensi keluaran yang berubah akibat adanya perubahan beban digunakan sebagai input untuk menentukan kondisi yang baru setelah digabungkan dengan kondisi yang ada saat ini. Dengan adanya feedback ini akan mendapatkan hasil keluaran yang baru berdasarkan kondisi sebelumnya. Hal ini diharapkan secara terus menerus diperbaharui untuk mendapatkan kondisi yang ditargetkan.



Gambar 3. Rancangan sistem control mikro hidro

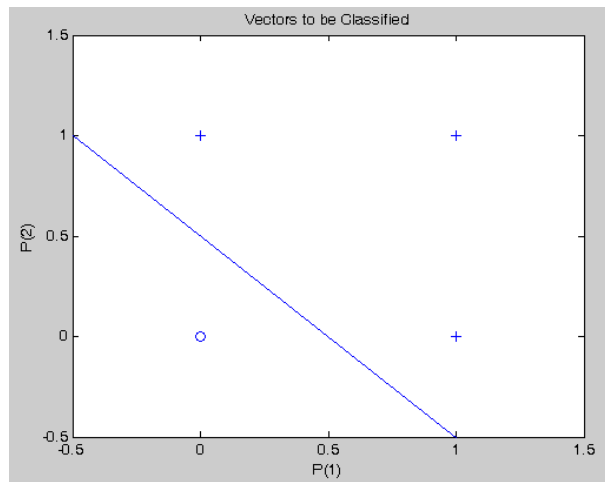
Gambar 3 diatas memperlihatkan sistem control secara umum dari sistem dimana input dari air diproses oleh sistem menjadi sebuah keluaran yang dijadikan input kembali untuk mempengaruhi kondisi yang baru. Dimana dengan adanya feedback ini menjadikan keadaan selalu seimbang kembali antara input dan output sistem.



Gambar 4. Rancangan control Governoor berbasis ANN

Gambar 4 diatas dirancang menggunakan aplikasi Neural Network dengan input sensor putaran turbin, tegangan beban dan frekwensi keluaran dari genenerator. Neural dibuat dengan jaringan perceptron dengan single layer dengan tiga layer input dan satu layer output. Penentuan bobot pada layer perceptron dengan input  $S_1$ ,  $f_1$  dan  $b_1$ , jaringan dilatih untuk mendapatkan output yang ditargetkan ( $t$ ) dalam artian pelatihan dilakukan sampai  $y = t$ . bobot yang didapat dalam pelatihan dicatat dan dimasukkan kedalam sourcecode mikrokontroler sebagai referensi untuk melakukan proses yang akan mengontrol governor sebagai control air pada pipa besar yang masuk ke turbin. Dengan adanya input air yang bertambah maka putaran turbin akan bertambah sehingga adanya perubahan dari putaran maka frekwensi output dari generator juga berubah.

Simulasi pelatihan jaringan perceptron dengan menggunakan MATLAB, sebagai input jaringan net yang dibuat untuk mendapatkan keluaran dari ANN.



Gambar 5. Hasil keluaran simulasi jaringan perceptron

## 7. Kesimpulan

Setelah dilakukan tahapan simulasi dengan matlab, dengan data-data ujicoba dilapangan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan pipa pesat ukuran 4 inch dengan ketinggian 15 meter mampu memutar kincir dengan kecepatan 20-25 Rpm dengan beban terpasang pada generator sebesar 450 VA.
2. Saluran air yang sebagai input dipipa pesat harus mampu menampung air yang cukup, saat air mulai dialirkan melalui pipa minimal 4 kali volume air yang mengalir dalam pipa untuk mendapatkan aliran air yang stabil, sehingga putaran kincir normal. Level air ini dapat digunakan sebagai input dari ANN.
3. Rugi-rugi terjadi pada tali kipas, menjadikan putaran pada puli generator tidak normal pada posisi 1500 Rpm, terjadi slip akibat adanya percikan air.
4. Dengan putaran kincir rata-rata 20 Rpm sudah mampu menghasilkan putaran di puli generator kurang lebih 1300 Rpm dari 1500 Rpm yang normalnya untuk mendapatkan teganan 220 Vac. Jaringan ANN mampu mengatur posisi putaran dalam kapasitas ini.

## 8. Referensi

- [1]. J.A. Jaleel, T.P. Imthias Ahammed, "**Simulation of Artificial Neural Network Controller for Automatic Generation Control of Hydro Electric Power System**" TKM College of Engineering, Kerala.
- [2]. K.ichiyangi Y.Goto K.Mizuno, Y. Yokomizu T. Matsumura." **An Artificial Neural Network to Predict River Flow Rate into a Dam for a Hydro-Power Plant**" Departement of Electrical Engineering Aichi Institut of Technology Toyota, Japan Departement of Electrical Engineering Nagoya University Nagoya Japan.
- [3]. G.L. Dempsey, N.L Alt, B, A, Olson, and J.S.Alig, "**Control Sensor Linearization Using a Microcontroller-Based Neural Network**", 0-7803-4053-1/97 IEEE 1997



- [4]. Tian-hong ZHANG, Xianghua HUANG and Qiu-hua LI “***The Experimental Study of Neural Network Control System for a Micro Turbin Engine***”, Proceeding of the 7th Asian Control Conference, Hongkong, China, 27 August 27-29, 2009.
- [5]. Lie Jasa, Putu Ardana, I Nyoman Setiawan, Laporan Penelitian Strategis Nasional Universitas Udayana Desember 2010 “***Usaha Mengatasi Krisis Energi Dengan Memanfaatkan Aliran Pangkung Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Alternatif Bagi Masyarakat Dusun Gambuk –Pupuan-Tabanan***” Universitas Udayana Bali, 2010