Perancangan Sistem Pemodelan Kontrol Level Air *Steam Drum* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan

Ardian Oktakaisar, Supari, Herwin Suprijono
Jurusan Teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro (UDINUS)
Jl. Nakula 1-5, Semarang 60131
E-Mail: kaisaradian@yahoo.co.id, supary_p@yahoo.com, herwin.suprijono@gmail.com

Abstrak

Pengendalian level air yang ada di steam drum sangatlah berpengaruh terhadap kualitas uap yang dihasilkan HRSG yang digunakan untuk memutar steam turbin. Pengendalian level yang selama ini digunakan di real plant adalah sistem kendali PID. Pada kondisi tertentu, parameter kendali ini perlu disetting ulang agar kinerjanya lebih optimal. Sedangkan tunning yang dilakukan masih bersifat trial and error. Untuk itulah perlu dirancang suatu sistem yang dapat mengatasi ketidaklinieran kondisi tersebut dengan kemampuan belajar terhadap berbagai perubahan kondisi yang tak terduga, dan salah satunya adalah dengan Jaringan syaraf tiruan. Pemodelan sistem pengendalian level steam drum ini menggunakan struktur model NNARX (Neural Network Auto Regresive with eXternal input), dan agoritma pembelajaan Lavenberg Marquardt. Penelitian dilakukan dengan memodelkan plant dengan model JST sehingga menghasilkan nilai RMSE = 0.017650 dan untuk model pengendali dihasilkan nilai RMSE sebesar = 0.0017. Didapat performansi pengendalian DIC menghasilkan Mp = 2.99%, ts = 44 sekon.

Kata kunci: Steam Drum, Pengendalian Level, Jaringan Syaraf Tiruan.

1. PENDAHULUAN

Steam drum merupakan salah satu komponen penting pada proses pembangkitan listrik yang berfungsi untuk memisahkan uap antara fase gas dan fase cair kemudian melewatkan uap fase gas yang bertekanan. Uap gas ini kemudian dipanaskan lagi hingga menjadi uap kering. Di dalam Heat Recovery Steam Generator (HRSG) sendiri terdapat dua buah steam drum yaitu low presure drum (LP drum) dan high presure drum (HP drum).Variabel yang dikendalikan dalam kedua steam drum ini adalahlevel fluida cair. Level fluida tersebut dijaga pada ketinggian yang telah ditentukan. Bila steam drum mengalami kondisi low water atau high water maka sistem akan mengalami kondisi trip, yaitu kondisi dimana system berhenti beroperasi hingga perlu dilakukan waktu untuk restart awal untuk memulai proses. Kondisi high water merupakan kondisi yang sangat berbahaya bagi proses selanjutnya, dimana masukan turbin yang berupa steam akan tercampur dengan air dari kelebihan level air di steam drum. Hal ini akan mengakibatkan korosi dan bahkan kerusakan pada steam turbin. Kondisi inilah yang tidak diinginkan oleh perancang. Selain kondisi itu, kondisi low water juga sangat berbahaya, karena jika proses berlangsung tetapi kekurangan level air di steamdrum yang akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada komponen-komponen pembangkitan listrik sehingga sangat merugikan selain juga berbahaya. (Wawan [1])

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dirancang suatu sistem pemodelan berbasis jaringan saraf tiruan yang diharapkan mampu menghasilkan respon sistem yang cepat dan akurat ketika mengalami gangguan. Diharapkan melalui penelitian ini, hasilnya dapat dijadikan kajian bagi perusahaan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 HRSG

HRSG berfungsi untuk memanaskan air dengan menggunakan panas gas buang dari turbin gas sehingga dihasilkan uap dengan tekanan dan temperatur tertentu yang konstan. Gas buang dari turbin gas yang temperaturnya masih tinggi (sekitar 550°C) dialirkan masuk ke HRSG untuk memanaskan air didalam pipa-pipa pemanas, kemudian gas buang ini dibuang ke atmosfir melalui cerobong dengan temperatur yang sudah rendah (sekitar 130°C). Air didalam pipa-pipa yang berasal dari drum sebagian berubah menjadi uap karena pemanasan tersebut. Campuran air dan uap ini selanjutnya

masuk kembali ke dalam drum. Di dalam drum, uap dipisahkan dari air menggunakan separator.

Uap yang terkumpul kemudian diarahkan untuk memutar turbin uap, sedangkan airnya dikembalikan kedalam drum untuk disirkulasikan lagi kedalam pipa-pipa pemanas bersama dengan air pengisi yang baru. Demikian proses ini terjadi berulang-ulang selama HRSG beroperasi. Agar dapat memproduksi uap yang banyak dalam waktu yang relatif cepat, maka perpindahan panasnya dilakukan dengan aliran berlawanan atau cross flow, dan sirkulasi airnya harus cepat (Pusdiklat PLN[2]).

Salah satu parameter operasi boiler yang harus dijaga dengan baik adalah level/ ketinggian permukaan air dalam HP drum. Untuk boiler dengan kapasitas besar, pengontrolan *level steam drum* dikenal dengan istilah tiga (*three*) elemen dan satu (*single*) elemen level control. *Single element level control* akan difungsikan pada saat produksi steam masih di bawah 30%, dan begitu lebih besar daripada 30%, maka sistem kontrol level secara otomatis pindah ke *three elemen level control*. Pada *single element*, level semata-mata dikontrol oleh level air pada *steam drum*, sedang pada *threeelement*, di mana parameter proses dikontrol adalah kombinasi dari level air pada *steam drum*, laju aliran *steam* yang dihasilkan, dan tekanan *steam* yang dihasilkan. (Yuliati[3]).

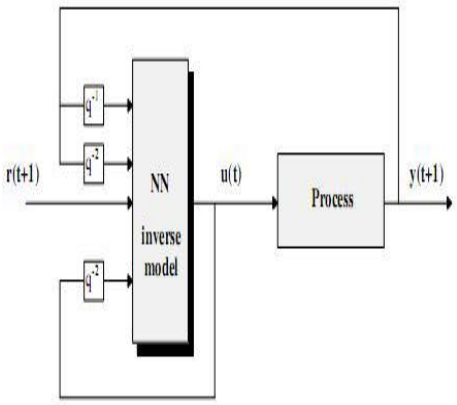
2.2 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan adalah paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistim sel syaraf biologi, sama seperti otak yang memproses suatu informasi. Elemen mendasar dari paradigma tersebut adalah struktur yang baru dari sistim pemrosesan informasi.JST, seperti manusia, belajar dari suatu contoh. JST dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran (Elyani[4]).

Algoritma pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Levenberg Marquardt. Algoritma Levenberg Marquardt memiliki kelebihan yaitu karakteristiknya lebih cepat konvergen (rapid convergence), namun demikian algoritma Levenberg Marquardt membutuhkan penurunan yang lebih rumit dibanding algoritma *Multi layer Perceptron*. Algoritma Levenberg Marquardt adalah metoda standar untuk meminimialisasi *mean square error criterion*. Pada algoritma ini mempunyai parameter λ untuk menjaga konvergensi.Harga λ dikendalikan dengan rasio antara penuruan harga aktual dan harga prediksi.Tujuan dari proses training adalah untuk mendapatkan bobot yang menghasilkan keluaran paling baik. Kriteria yang digunakan untuk menilai keluaran adalh Root Mean Square Error (RMSE) dan Variance Anccounted For (VAF). Apabila keluaran model telah memenuhi nilai RMSE dam VAF yang paling baik maka bobot yang dihasilkan dari proses training yakni wlf bobot dari *input* layer kc hidden layer, hidden node serta history length disimpan sebagai forward untuk digunakan pada tahp validasi dan simulasi. (Aris [6])

2.3 *Direct Invers Control*

Aris [6] menyatakan bahwa *direct invers control* merupakan konsep yang paling dasar dari kontrol yang berdasarkan jaringan syaraf tiruan yang menggunakan invers sebagai kontrol proses. Kemudian model inverse diaplikasikan sebagai kontrol untuk suatu proses dengan memasukkan output yang diinginkan. Sebelum sistem kontrol aktual bekerja maka model inverse harus dilatih.

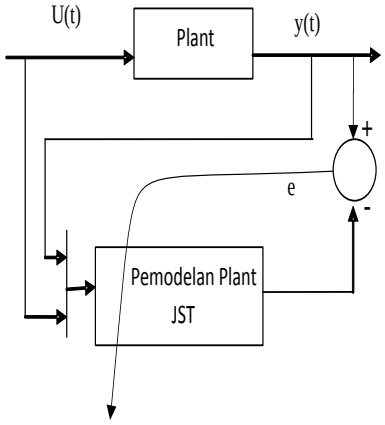


Gambar 2.1

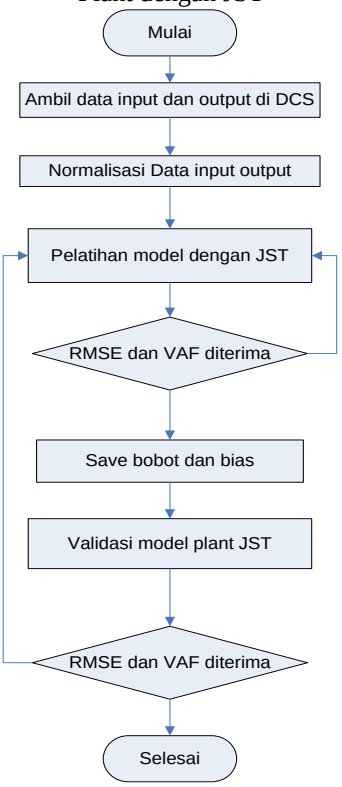
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan Plant dengan JST

Berdasarkan data masukan dan keluaran yang telah dilentukan dengan menggunakan metode pembelajaran JST akan dicari model plant yang dapat mempresentasikan dinamika proses dengan *input* plant adalah aliran air yang menuju drum dan aliran uap yang dihasilkan oleh *steam drum*, sedangkan data *output*-nya adalah level *steam drum.*



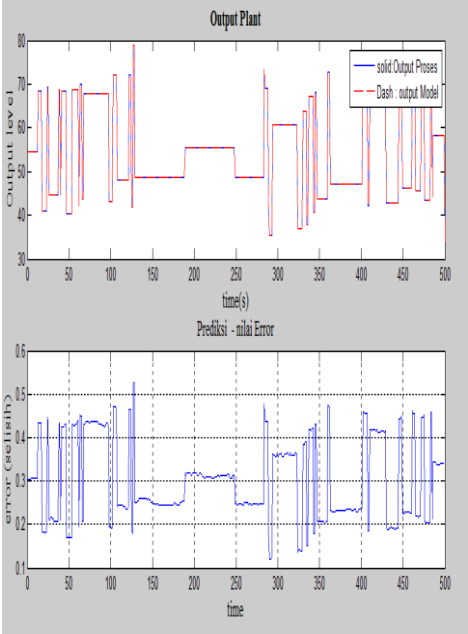
Gambar 3.1 Diagram blok Pemodelan Plant dengan JST



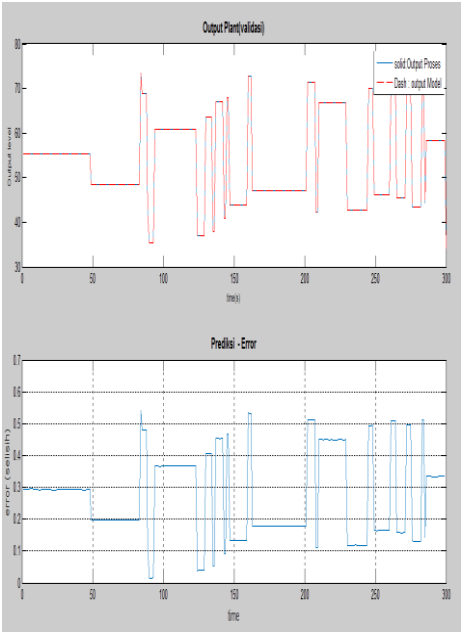
Gambar 3.2 Diagram Alir Pemodelan Plant

Pemodelan plant JST dimulai dengan tahap pengambilan data input dan data output dari DCS (Distributed Control System) yang merupakan data real plant. Data input berupa data aliran air yang menuju steam drum dan aliran uap yang menuju turbin sebanyak 400 data untuk training dan 100 data untuk validasi.. Sedangkan data output adalah data level air di steam drum. Data input dan output real plant tersebut kemudian dinormalisasi. Normalisasi data yaitu kegiatan mengolah data dengan cara men-scaling data yang akan dipakai sehingga data yang dipakai nantinya memiliki nilai antara 0-1. Tujuan dari normalisasi data ini adalah supaya program Jaringan Syaraf Tiruan dapat berjalan dengan cepat dalam melakukan eksekusi data baik dalam tahap training maupun validasi. Setelah data dinormalisasi, kemudian dilakukan pelatihan model dengan JST.Tujuan dari proses training adalah untuk mendapatkan bobot yang menghasilkan keluaran paling baik. Kriteria yang digunakan unluk menilai keluaran adalah Root Mean Square Error (RMSE) dan Variance Anccounted For (VAF). Apabila keluaran model telah memenuhi nilai RMSE dan VAF yang paling baik maka bobot yang dihasilkan dari proses training yakni wlf bobot dari input layer ke hidden layer, hidden node serta history length disimpan sebagai forward untuk digunakan pada tahap validasi dan simulasi.

Tahap pertama dari pemodelan *plant* JST adalah training. Untuk didapatkan model JST terbaik maka dilakukan eksperiment dengan cara mengubah-ubah parameter JST seperti jumlah hidden node dan history length. Setelah dilakukan eksperiment diperoleh hasil yang paling baik adalah dengan 1 history length dan 1 hidden node. Fungsi aktivasi yang digunakan pada hidden layer adalah linier sedangkan pada *output* layer juga menggunakan fungsi aktivasi linear. Dengan struktur tersebut dihasilkan RMSE sebesar 0,017650 dan VAF sebesar 81,24%.



Gambar 3.3Keluaran dari pelatihan JST

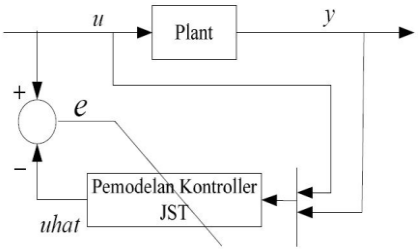


Gambar 3.4 Hasil Validasi JST

Gambar 3.4 menunjukkan grafik hasil proses validasi. Proses validasi menggunakan struktur JST yang digunakan pada tahap training dengan menggunakan bobot dalam file forward tapi menggunakan data yang berbeda dengan data training. Tujuan dari validasi adalah untuk mengetahui keakuratan *output* model plant JST yang telah dibuat. Pada proses validasi dihasilkan nilai RMSE RMSE sebesar 0,012998 dan VAF sebesar 87.5422%.

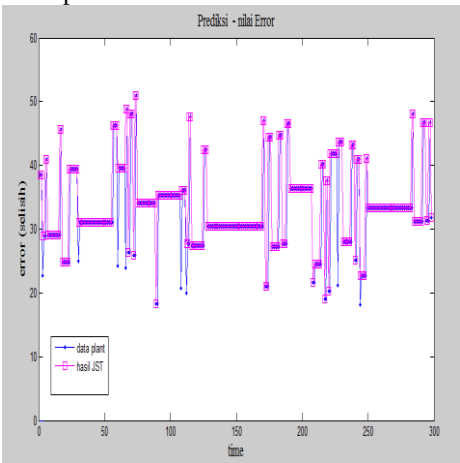
3.2 Pemodelan Kontroler dengan JST

Pada pemodelan kontroler, data input output yang dipakai adalah kebalikan dari pemodelan plant. Data input yang dipakai adalah level steam drum (%) sebagai datainput, sedangkan flow feed water (ton/hr) dan flow steam (ton/hr) sebagai data output. Pada gambar 3.5 terlihat bahwa pemodelan kontroler JST menghasilkan output yang ditunjukkan dengan variabel "uhat". Nilai output model kontroler "uhat" dibandingkan dengan input plant yang ditunjukkan dengan variabel "u", sehingga diperoleh suatu nilai error "e". Selanjutnya langkah pemodelan kontroler sama dengan pemodelan plant.



Gambar 3.5 Blok Diagram Pemodelan Kontroler JST

Tahap pertama training, yaitu untuk mencari struktur JST untuk pemodelan kontroler yang paling baik, maka dilakukan eksperimen dengan merubah nilai history length dan jumlah hidden node untuk mendapatkan nilai RMSE yang paling kecil (paling mendekati nol) dan nilai VAF yang paling besar (paling mendekati 100). Eksperimen yang telah dilakukan adalah mengubah hidden node dari 1 sampai 20 hidden node dengan history length dari 1 sampai 5. Pada akhirnya dipilih model JST kontroler dengan history length 1 dan hidden node 2 karena dianggap model tersebut merupakan model paling sesuai dengan kriteria diatas.arsitektur JST ini memiliki 2 node input dan 1 node output dengan 2 hidden node. Fungsi aktivasi yang dipakai dari input layer ke hidden layer adalah tangent hyperbolic, sedangkan dari hidden layer ke output layer adalah fungsi aktivasi linier. Adapun nilai RMSE (Root Mean Square Error) sebesar 0.0017 dan VAF (Variance Accounted For) sebesar 91.76.Bobot (w1i dan w2i) kemudian disimpan dalam file inverse.

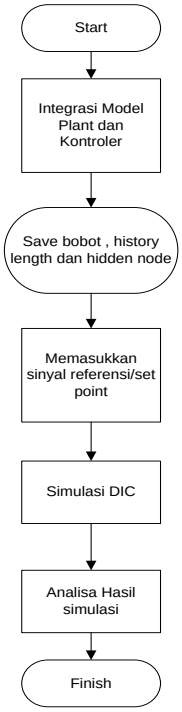


Gambar 3.6Hasil Pemodelan kontroler dengan JST

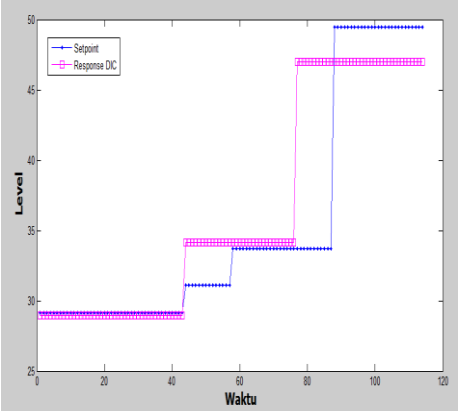
3.3 *Direct Invers Control*

Direct inverse control merupakan solusi paling sederhana yang dapat diterapkan pada sistem kontrol berbasis jaringan syaraf tiruan. Dari pemodelan plant dan pemodelan pengendali dengan JST yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan bobot dari pemodelan plant yaitu W1f dan W2f yang disimpan dalam file forward sedangkan bobot dari pemodelan pengendali yaitu W1i dan W2i yang disimpan dalam file inverse. Kedua jenis bobot disimpan beserta jumlah hidden node dan history length model JST.

Selanjutnya simulasi DIC dilakukan dengan cara memasukkan nilai w1f, w2f, w1i, w2i, history length, dan hidden node dari masing-masing model yang telah disimpan. Gambar 3.7 merupakan diagram alir dari sistem DIC.



Gambar 3.4 *Flowchart* Simulasi DIC



Gambar 3.5 Respon Sistem DIC

Untuk menguji DIC dilakukan uji respon DIC dengan cara memberi nilai set point yang berbeda pada sistem pengendali. Gambar 3.5 menunjukkan grafik simulasi respon sistem DIC.

Pengujian DIC dilakukan dengan memberi nilai set point pada level HP drum HRSG menggunakan rentang level yang sesuai dengan yang tertera pada grafik yaitu pada level 30%, 35% dan 40%. Pada grafik dapat dilihat bahwa sistem dapat mengikuti dari nilai set point yang diberkan dengan nilai maximal overshoot sebesar 2.99. Grafik dengan warna biru merupakan nilai level yang diinputkan sedangkan grafik merah merupakan hasil dari DIC. Namun pada saat level akan naik, nilai DIC sedikit mengalami perubahan dengan tidak mengikuti trend dari input. Hal ini terjadi karena waktu responnya kurang maksimal.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dalam tugas akhir ini dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Model JST terbaik pada pemodelan plant didapat dengan 20 kali iterasi didapat nilai RMSE= 0.01765 dan VAF = 81.24%.Untuk data validasinya didapatkan nilai RMSE sebesar 0,012998 dan VAF sebesar 87.5422
2. Model Jst terbaik pada pemodelan kontroler didapatkan nilai RMSE (Root Mean Square Error) sebesar 0.0017 dan VAF (Variance Accounted For) sebesar 91.76
3. Respon sistem DIC dapat mengikui dari nilai set point yang diberikan dengan nilai Maximal overshootnyaa sebesar 2.99.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Rikoyan, W.D. dan Iskandarianto, F.A., Perancangan Sistem Pengendalian Level pada *Steam Drum Boiler* Berbasis Anfis *Gain Scheduling* Piddi PT. PJB UP Gresik, Tugas Sarjana Teknik Fisika ITS, 2011.

2. TIM PUSDIKLAT PLN. (2010). *Pengoperasian HRSG*. PLN: Jakarta.

3. Yulati, Theresia. (2010). Perancangan Sistem Pengontrolan Level Pada *Steam Drum Waste Heat Boiler* Berbasis *Adaptive Network Fuzzy Inference System* (*Anfis*).Widya Teknik, 9(2), 145-156.

4. Eliyani. (2005).*Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan.* Retrieved from www.MateriKuliah.com

5. Jong Jek Siang. (2004). *Jaringan Saraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan Matlab.* Yogyakarta: Penerbit Andi.

6. Aris, Sofidul. (2010)Perancangan Sistem Pengendalian *Level* Dengan Jaringan Syaraf TiruanPada *Steam Drum* Boiler 1102Di Pt. Petrokimia Gresi., Seminar Makalah Tugas Akhir ITS Surabaya

7. Amaliah, B. dan Oktarora, A. (2011). Pemilihan Warna Lipstik Berdasarkan Informasi Usia dan Warna Kulit dengan

Menggunakan MetodaArtificial Neural Network. Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan Surabaya.