

Pemodelan pada Unit Reaktor Pabrik Urea dengan Menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*

^{1,2}Abduh Muhammad, ¹Yul Y. Nazaruddin, & ¹Parsaulian I. Siregar

¹Kelompok Keahlian Instrumentasi dan Kontrol,

Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesa no. 10, Bandung 40132, Indonesia

²Departemen Instrumentasi dan Kontrol, PT. Pupuk Kalimantan Timur

Jl. James Simanjuntak no. 1, Bontang 75313, Indonesia

^{1,2}abduh.tekfis@gmail.com

Abstrak

Unit Reaktor pada pabrik pupuk urea adalah salah satu unit yang berfungsi untuk mereaksikan komponen-komponen pembentuk pupuk urea, sehingga unit ini adalah salah satu sistem yang sangat penting dimana sistem reaktor ini mempunyai perilaku proses yang nonlinier. Selama pengoperasian unit ini, ketinggian fluida cairan yang ada di dalam reaktor akan dijaga stabil agar reaksi yang ada dalam reaktor dapat bereaksi dengan sempurna sesuai dengan spesifikasi produk. Maka dari itu dibutuhkan sebuah model yang dapat menggambarkan perilaku dari reaktor tersebut agar dapat diketahui perilaku proses dari sistem tersebut. Pada penelitian ini akan dikembangkan sebuah model untuk unit reaktor pada pabrik Urea dengan menggunakan teknik *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*, dimana pemodelan ini akan menggunakan pendekatan *grey-box* yang menggunakan pengetahuan relasi antar variabel fisis pada unit reaktor tersebut. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa pemodelan ANFIS mampu mengikuti keluaran sistem yang sebenarnya dengan nilai RMSE sebesar 0.47995.

Keywords: ANFIS, Pabrik Urea, Unit Reaktor, Identifikasi Model, Pemodelan

1 Pendahuluan

Pabrik Urea adalah sebuah pabrik penghasil pupuk kimia yang mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi. Unsur Nitrogen merupakan zat hara yang sangat diperlukan tanaman. Pupuk urea berbentuk butir-butir kristal berwarna putih. Pupuk urea dengan rumus kimia NH_2CONH_2 merupakan pupuk yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat mudah menghisap air (higroskopis), karena itu sebaiknya disimpan di tempat yang kering dan tertutup rapat. Pupuk urea mengandung unsur hara N sebesar 46% dengan pengertian setiap 100kg mengandung 46 Kg Nitrogen, Moisture 0,5%, Kadar Biuret 1%, ukuran 1-3,35 mm dengan minimal 90% berbentuk Prill.

Reaktor pada pabrik Urea adalah suatu alat proses tempat dimana terjadinya suatu reaksi kimia berlangsung. Dengan terjadinya reaksi inilah suatu bahan berubah ke bentuk bahan lainnya, perubahannya ada yang terjadi secara spontan alias terjadi dengan sendirinya atau bisa juga butuh bantuan energi seperti panas. Dengan spesifikasi produk Urea yang sangat ketat, maka hasil reaksi pada unit reaktor sangatlah penting. Selama pengoperasian unit ini, ketinggian fluida cairan yang ada di dalam reaktor akan dijaga stabil agar reaksi yang ada dalam reaktor dapat bereaksi dengan sempurna sesuai dengan spesifikasi produk. Maka dari itu dibutuhkan sebuah model yang dapat menggambarkan perilaku dari reaktor tersebut.

Dikarenakan pada kenyataan bahwa hampir semua sistem menunjukkan perilaku yang nonlinear, maka dewasa ini telah banyak dilakukan pengembangan metode untuk memodelkan sistem yang nonlinear. Salah satu diantaranya adalah pemodelan nonlinear dengan menggunakan *neural network* yang diilhami oleh karakteristik sistem biologi jaringan sel syaraf manusia (neuron) atau lebih dikenal dengan singkatan JST (Jaringan Syaraf Tiruan). *Neural Network* (NN) ini mempunyai kemampuan belajar (Learning) dari pengetahuan sebelumnya. Kemampuan neuron untuk melakukan pendekatan dengan suatu keakuratan yang telah ditentukan menyebabkan *neural network* telah terbukti sebagai metode pemodelan nonlinear yang baik dengan data pengukuran masukan (*input*) dan keluaran (*output*)[1-4].

Namun ada beberapa kelemahan dalam menerapkan *neural network*, antara lain kesulitan dalam penentuan seberapa banyak lapisan-lapisan dalam (*hidden layer*) yang akan digunakan sehingga struktur jaringan cukup untuk memadai sistem dan juga *neural network* dalam proses pembelajarannya juga tidak dapat

mempresentasikan pengetahuan kualitatif tentang sistem dengan menggunakan sarana linguistik yang mudah dipahami oleh manusia [5].

Kesulitan yang dijumpai pada *neural network* dapat diatasi dengan menggabungkan sistem *neural network* dengan sistem fuzzy sehingga membentuk sebuah sistem yang dikenal dengan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Pada sistem ANFIS tersebut inferensi fuzzy yang digunakan sudah ditentukan yaitu dengan memakai aturan fuzzy Sugeno (*fuzzy if then*) yang mempunyai arsitektur jaringan sebanyak lima lapisan[6].

Pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan model *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* untuk unit reaktor, dimana pemodelan ANFIS ini merupakan pemodelan dengan pendekatan modelling dimana digunakan suatu persamaan matematis yang dipilih dari nilai-nilai parameter dari pengamatan input dan output dari sistem reaktor tersebut.

Pada model *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* ini, klasifikasi batasan daerah ekulibrium dilakukan dengan memilih fungsi keanggotaan, dimana setiap fungsi keanggotaan tersebut akan memiliki fitur unik. Sebagai contoh, fungsi keanggotaan Gaussian dapat menggambarkan variansi dari suatu nilai operasi. Maka dari itu, pemilihan fungsi keanggotaan untuk model *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* dapat menggambarkan variansi nilai operasi dari suatu sistem dan apabila model *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* dari suatu sistem mampu didapatkan, maka model tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi suatu anomali yang terjadi pada sistem dengan melihat perubahan variansinya.

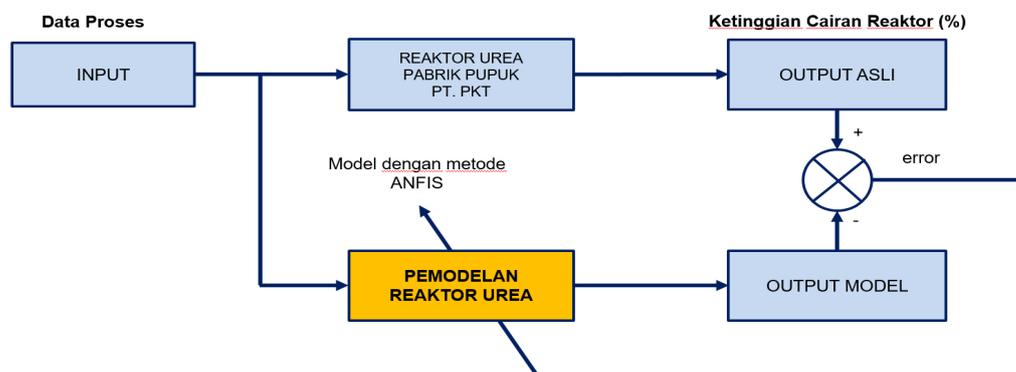
Makalah ini mempresentasikan suatu metode model *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* untuk sistem unit reaktor pada pabrik Urea dengan menggunakan pendekatan relasi fisis nonlinear dari sistem. Penelitian ini akan menggunakan data riil pada sistem unit Reaktor pabrik Urea, dimana data-data tersebut akan diperoleh dari data operasional unit Reaktor pabrik Urea PT. Pupuk Kalimantan Timur (PKT) yang berlokasi di kota Bontang, Kaltim.

2 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

2.1 Model ANFIS dan Struktur Jaringan ANFIS

ANFIS atau *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* adalah penggabungan mekanisme fuzzy inference system yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Metode *adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS)* merupakan metode yang menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk mengimplementasikan system inferensi fuzzy. Keunggulan system inference fuzzy adalah dapat menerjemahkan pengetahuan dari pakar dalam bentuk aturan-aturan, namun biasanya dibutuhkan waktu yang lama untuk menetapkan fungsi keanggotaannya. Oleh sebab itu dibutuhkan teknik pembelajaran dari jaringan syaraf tiruan untuk mengotomatisasi proses tersebut sehingga dapat mengurangi waktu pencarian, hal tersebut menyebabkan metoda ANFIS sangat baik diterapkan dalam berbagai bidang.

Pemodelan ANFIS ini merupakan pemodelan yang menggunakan pendekatan *grey-box modelling*, dimana pemodelan ini akan mencari persamaan matematika tertentu dari sistem yang akan dimodelkan kemudian nilai-nilai parameter dari persamaan matematika tersebut akan diestimasi oleh jaringan syaraf tiruan pada ANFIS. Hal tersebut ditunjukkan dengan menggunakan blok diagram pemodelan ANFIS pada Gambar 1.



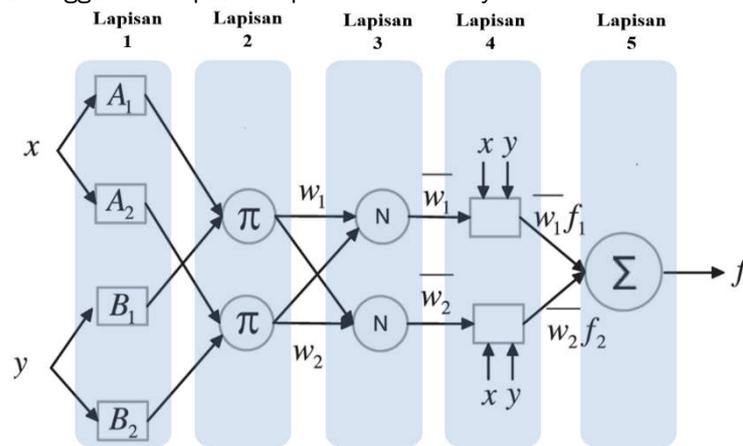
Gambar 1. Blok diagram pemodelan ANFIS grey-box

Salah satu jenis sistem inferensi fuzzy yang dikembangkan adalah sistem ANFIS dengan menggunakan model Tagaki-Sugeno-Kang (model TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. Model fuzzy sugeno orde satu ini mempunyai aturan umum dengan dua aturan fuzzy if-then seperti dibawah ini

$$\text{rule 1 : if } x \text{ is } A_1 \text{ and } y \text{ is } B_1, \text{ then } f_1 = p_1x + q_1y + r_1;$$

$$\text{rule 2 : if } x \text{ is } A_2 \text{ and } y \text{ is } B_2, \text{ then } f_2 = p_2x + q_2y + r_2;$$

Pada Gambar2. dapat ditunjukkan bahwa sistem neuro fuzzy terdiri dari lima lapisan (layer) dengan fungsi yang berbeda untuk setiap lapisannya. Lapisan 1 merupakan lapisan masukan, lapisan 5 merupakan lapisan keluaran, dan lapisan 2 hingga 4 merupakan lapisan tersembunyi.



Gambar2.Struktur jaringan ANFIS

Setiap lapisan memiliki fungsi yang berbeda, Deskripsi dan fungsinya di setiap lapisan dapat diringkas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. di bawah ini:

Tabel 1.tabel penjelasan setiap lapisan ANFIS.

Lapisan	Deskripsi
1	Adaptive node dengan node function : $O_{1,i} = \mu_{A_i}(x), \text{ dan } O_{1,i} = \mu_{B_i}(y), \quad (1)$
2	Fixed node dengan node function : $O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), \text{ untuk } i = 1,2 \quad (2)$
3	Fixed node dengan normalized node function : $O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \text{ untuk } i = 1,2 \quad (3)$
4	Adaptive node dengan node function : $O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \text{ untuk } i = 1,2 \quad (4)$
5	Fixed node dengan output : $O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}, \text{ untuk } i = 1 \quad (5)$

2.2 Root Mean Square Error

Tahap selanjutnya dari pelaksanaan modeling suatu sistem adalah melakukan validasi model, dimana dalam hal ini akan dilakukan pengujian terhadap model yang telah didapatkan sehingga dapat mengetahui apakah model tersebut telah sesuai dengan sistem yang sesungguhnya. Beberapa metode yang dapat digunakan dalam melakukan validasi model tersebut diantaranya adalah pengujian dengan menggunakan metode visual dan *Root Mean Square Error (RMSE)*.

Pada pengujian visual ini akan dilakukan dengan identifikasi di plot grafik secara bersamaan dengan keluaran sistem yang sesungguhnya di dalam satu grafik, sehingga akan didapatkan perbandingan antara hasil keluaran dengan pemodelan dan hasil keluaran sesungguhnya. Keakuratan dari model selanjutnya akan dinilai dengan menggunakan metode *Root Mean Square Error (RMSE)*, sebagaimana hal tersebut akan dijelaskan pada persamaan berikut.

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

3 Unit Reaktor Pabrik Pupuk Urea

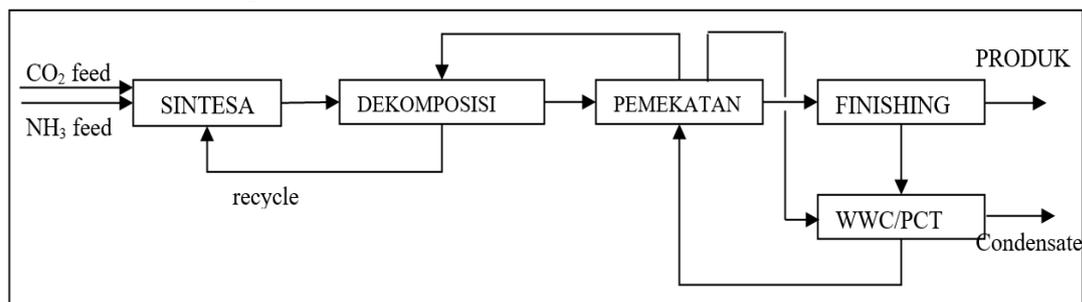
3.1 Gambaran umum Pabrik Pupuk Urea

Pabrik Urea adalah sebuah pabrik penghasil pupuk kimia yang mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi. Unsur Nitrogen merupakan zat hara yang sangat diperlukan tanaman. Pupuk urea berbentuk butir-butir kristal berwarna putih. Pupuk urea dengan rumus kimia NH_2CONH_2 merupakan pupuk yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat mudah menghisap air (higroskopis), karena itu sebaiknya disimpan di tempat yang kering dan tertutup rapat. Pupuk urea mengandung unsur hara N sebesar 46% dengan pengertian setiap 100kg mengandung 46 Kg Nitrogen, Moisture 0,5%, Kadar Biuret 1%, ukuran 1-3,35MM 90% Min serta berbentuk Prill.

Urea merupakan jenis pupuk nitrogen yang paling banyak digunakan dalam pertanian (kandungan nitrogen dalam urea sebesar 46,65 %). Urea dengan rumus kimia $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ dapat dipandang sebagai amida dari asam karbamat (NH_2COOH). Pada temperatur kamar, urea berupa padatan berwarna putih. Urea larut dalam air, alkohol dan amoniak anhidrous. Larut dalam air terhidrolisa secara lambat menjadi ammonium karbamat yang selanjutnya akan terurai menjadi amoniak dan CO_2 .

Pupuk urea berbentuk kristal, prill, granul dan larutan. Pupuk ini cocok untuk tanah yang banyak diairi, karena urea tidak mudah terbawa dalam air. Penggunaan lainnya adalah untuk berbagai produk cetak seperti cangkir, piring, produk pelapis cat, enamel, pelapis dan perekat untuk kayu dan kertas, bahan anti kusut dan pembantu dalam pencelupan di pabrik tekstil. Selain itu, urea juga dipakai sebagai pelengkap (nutrisi) makanan ternak.

Secara garis besar, proses pembuatan Urea dari bahan baku Karbondioksida dan Ammonia dapat diperlihatkan dalam blok diagram Gambar 3.



Gambar3.Skema proses pada pabrik Urea

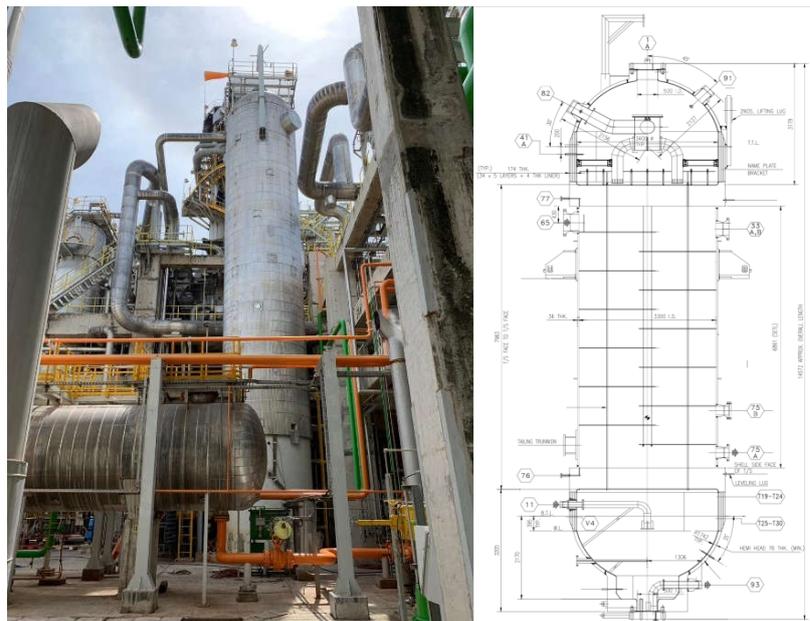
Raw material CO_2 dan NH_3 masuk Reaktor untuk disintesa menjadi Urea. Campuran hasil sintesa dialirkan ke Dekomposer (umumnya digunakan kolom distilasi atau *Stripper*) untuk mendekomposisi ammonium carbamate dan ammonium carbonate yang tidak terkonversi menjadi Urea. Larutan Urea yang sudah lebih murni dimasukkan ke Evaporator untuk menjalani pemekatan dengan cara mengurangi kadar air dalam larutan sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Larutan Urea siap diolah dan dikemas untuk menjadi produk yang diinginkan, sementara Karbondioksida dan Ammonia yang telah terdekomposisi direcycle untuk direaksikan kembali di synthesa. Sedangkan kondensat yang masih mengandung NH_3 , CO_2 dan Urea yang berasal dari system pemekatan dikirim di *Process Condensate Treatment (PCT)* untuk diolah sebelum dikirim ke utility, gas-gas hasil pengolahan di PCT dikembalikan ke proses.

3.2 Unit Reaktor DA-101

Reaktor DA-101 merupakan tempat terjadinya reaksi sintesa Urea dari cairan Ammonia dan gas Karbondioksida (CO₂) dari kompresor GB-101. Ammonia (NH₃) dan Karbondioksida (CO₂) bereaksi membentuk ammonium carbamate (NH₂COONH₄), yang selanjutnya terhidrasi membentuk Urea (NH₂CONH₂) dan air (H₂O) dengan reaksi sebagai berikut:



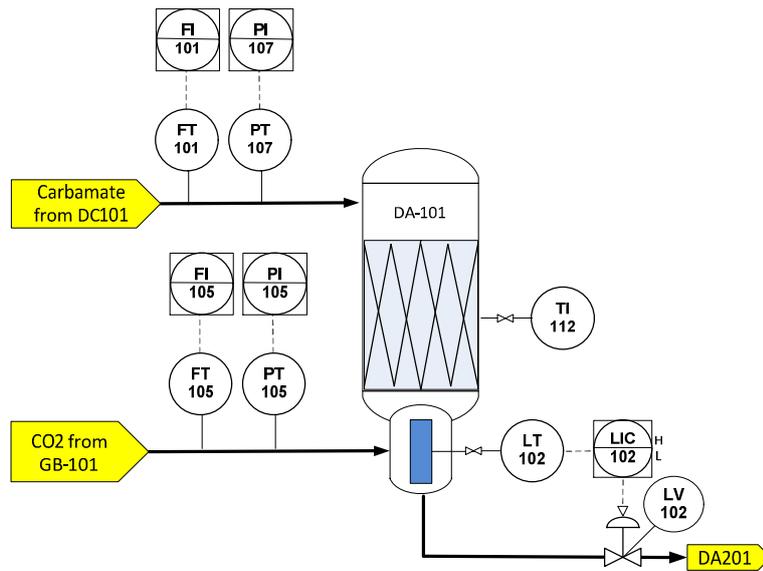
Reaksi sintesa terjadi pada tekanan 158 kg/cm²G dan suhu 188 °C, dimana reaksi pembentukan carbamat berlangsung cepat dan eksotermis, sedangkan reaksi pembentukan Urea berjalan lambat dan endotermis. Panas yang dihasilkan dari reaksi pembentukan carbamat digunakan untuk melangsungkan reaksi pembentukan Urea.



Gambar4.Reaktor DA-101

Reaktor DA-101 ini adalah unit yang sangat penting dalam proses pembentukan produk Urea, dimana kondisi reaktor ditunjukkan pada Gambar 4. Selama pengoperasian unit ini, ketinggian fluida cairan yang ada di dalam reaktor akan dijaga stabil agar reaksi yang ada dalam reaktor dapat bereaksi dengan sempurna sesuai dengan spesifikasi produk, dimana ketinggian cairan dalam Reaktor DA-101 ini akan diukur menggunakan transmitter LT-102. Hasil pengukuran LT-102 tersebut sangat dipengaruhi nilainya oleh parameter-parameter masukan yang ada di Reaktor DA-101, dimana masukan reaktor DA-101 ini adalah fluida dari cairan Ammonia dan gas Karbondioksida (CO₂) dari kompresor GB-101.

Besaran fluida dari cairan Ammonia dari DC-101 ini akan diukur tekanan nya dengan transmitter PT-107 dan laju alirannya dengan transmitter FT-101. Dan untuk gas Karbondioksida (CO₂) dari kompresor GB-101 akan diukur tekanan nya dengan transmitter PT-105 dan laju alirannya dengan transmitter FT-105, dimana besarnya temperatur reaktor DA-101 juga akan diukur dengan menggunakan TI-112.



Gambar5.Skema proses pada reaktor DA-101

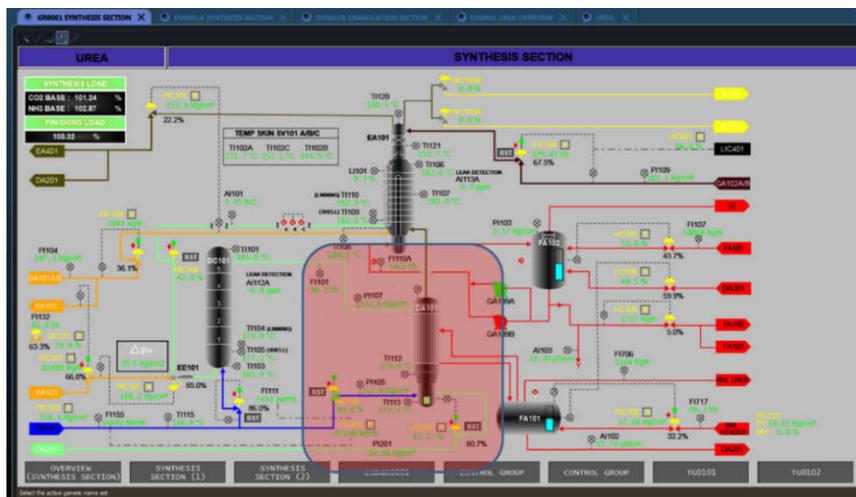
Operasi optimal sistem kontrol pada sistem unit reaktor sangat penting, mengingat komposisi produk dari reaktor harus sesuai dengan yang diinginkan, sehingga level control dalam reaktor akan digunakan untuk menjaga komposisi cairan dalam tangki sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan, di mana Gambar5memperlihatkan diagram alir proses level control untuk reaktor yang diterapkan.

4 Hasil Penelitian Dan Analisa

4.1 Pengambilan Data Proses di Unit Reaktor

Unit Reaktor DA-101 pada pabrik Urea ini adalah sesuatu unit MISO (Multi Input Single Output) dimana terdapat 2 variabel masukan proses yaitu cairan ammonia dan gas karbondioksida (CO₂) dari kompressor GB-101, sedangkan variabel keluaran nya adalah ammonium carbamate (NH₂COONH₄).

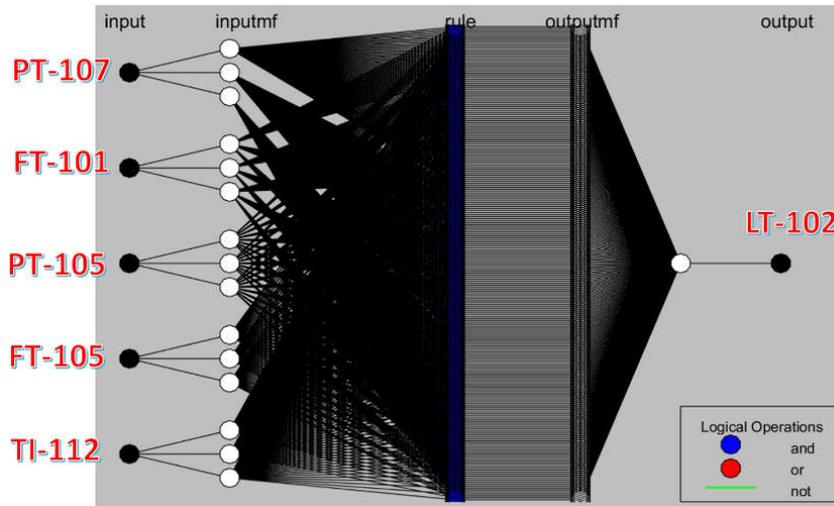
Pengambilan data-data pelatihan ANFIS akan dilakukan saat kondisi proses pabrik pada keadaan normal beroperasi pada ketinggian cairan di Reaktor DA-101 sekitar 28-31% ketinggian. Data-data pengukuran tersebut akan diambil dari rekaman data proses di *Distributed Control System (DCS)* yang berada di ruang kontrol Pabrik Urea Kaltim-5 dan data-data pelatihan ANFIS yang diambil memiliki periode waktu setiap 2 detik dengan rentang waktu pengambilan data pelatihan adalah 24 jam (43.200 data), dimana tampilan DCS untuk unit reaktor ini dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar6.Tampilan DCS reaktor DA-101

4.2 Identifikasi Model Reaktor

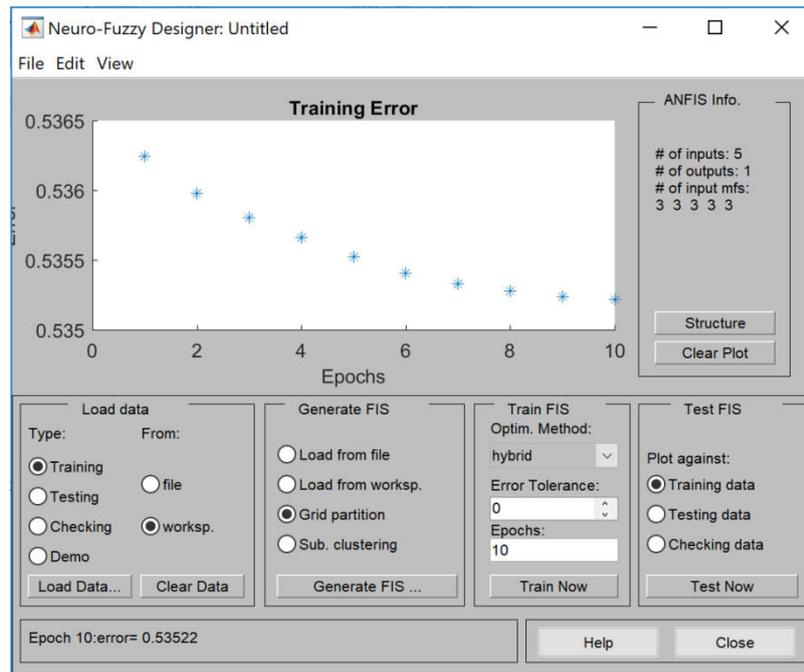
Basis aturan dari ANFIS yang akan digunakan adalah basis aturan *If-Then* dan karena dalam pemodelan ini digunakan model fuzzy TSK, maka pada bagian premis logika yang digunakan adalah logika *And*. Struktur ANFIS yang dibangun ini akan mempunyai total sebanyak 243 aturan (n) yang didapatkan berdasarkan 3 buah fungsi keanggotaan variabel masukan untuk tekanan fluida ammonia (PT-107), 3 buah fungsi keanggotaan variabel masukan untuk laju aliran fluida ammonia (FT-101), 3 buah fungsi keanggotaan variabel masukan untuk tekanan fluida karbondioksida (PT-105), 3 buah fungsi keanggotaan variabel masukan untuk laju aliran fluida karbondioksida (FT-105), dan 3 buah fungsi keanggotaan variabel masukan untuk temperatur reaktor (TI-112). Basis aturan model ANFIS tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar7.Komponen basis aturan untuk model ANFIS unit reaktor

Setelah model ANFIS yang akan digunakan telah dibangun, selanjutnya dilakukan pelatihan model ANFIS pada sistem unit reaktor pabrik urea ini. Untuk melakukan pelatihan model ANFIS unit reaktor ini akan menggunakan data proses hasil pengukuran yang telah diambil. Pengambilan data-data pelatihan ANFIS akan dilakukan saat kondisi proses pabrik pada keadaan normal beroperasi pada ketinggian cairan di Reaktor DA-101 sekitar 28-31% ketinggian. Data-data pengukuran tersebut akan diambil dari rekaman data proses di *Distributed Control System (DCS)* yang berada di ruang kontrol kendali Pabrik Urea Kaltim-5 dan data-data pelatihan ANFIS yang diambil memiliki periode waktu setiap 2 detik dengan rentang waktu pengambilan data pelatihan adalah 24 jam (43.200 data).

Terdapat dua buah kriteria kesesuaian yang ditetapkan yaitu kriteria berdasarkan toleransi kesalahan dan kriteria berdasarkan banyak epoch (iterasi) yang akan dilakukan saat proses pembelajaran dilakukan. Dalam hal ini, proses pembelajaran dianggap selesai apabila salah satu kriteria tersebut terpenuhi. Pada penelitian ini akan digunakan tingkat toleransi kesalahan sebesar 0,1 dan jumlah epoch sebanyak 10, hal tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 8.

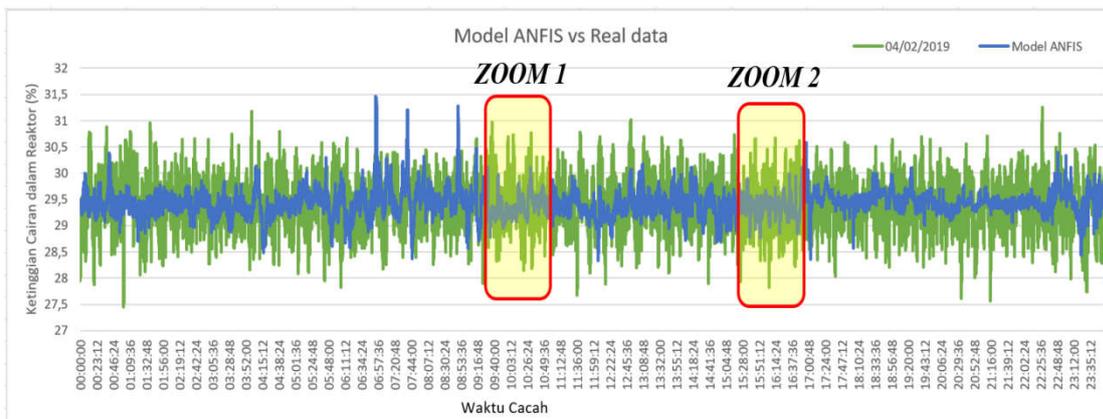


Gambar8.Hasil pelatihan model ANFIS unit reaktor

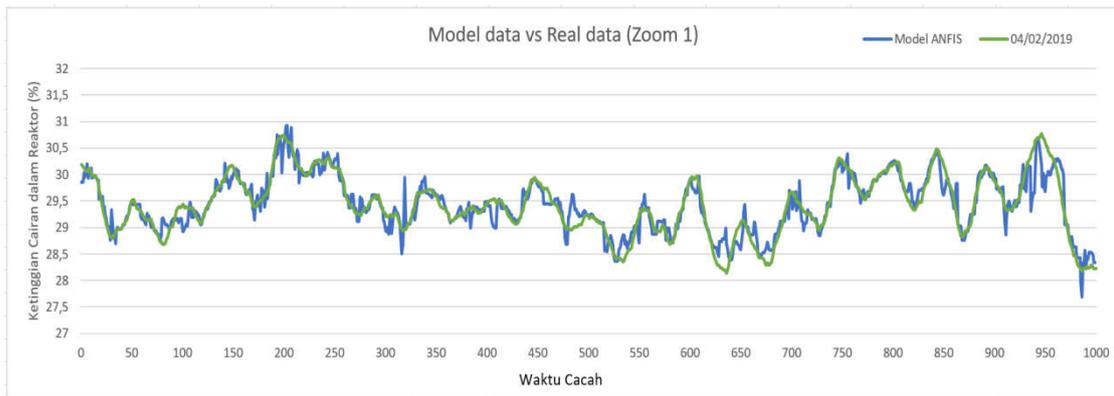
Dari hasil pelatihan model tersebut didapatkan bahwa pada epoch ke-10 nilai *Root Square Mean Error (RSME)* dari model adalah sebesar 0,53522. Setelah didapatkan hasil pelatihan model ANFIS, maka tahap selanjutnya adalah melakukan validasi hasil model ANFIS pada sistem unit reaktor ini, dimana validasi data tersebut akan membandingkan hasil yang didapatkan oleh model ANFIS dengan hasil data riil yang telah diambil, dimana data yang dibandingkan adalah ketinggian cairan reaktor LT-102.

Validasi data yang pertama akan membandingkan hasil model ANFIS dengan dengan data untuk pelatihan model, yaitu data yang diambil pada tanggal 4 Maret 2019. Pada validasi ini akan terlihat apakah model sistem unit reaktor yang dibangun melalui algoritma ANFIS telah dapat mempresentasikan keadaan sistem unit reaktor aktual dan dapat menghasilkan keluaran yang sama antara keluaran model ANFIS dengan keluaran aktual dari data latih validasi. Hasil validasi model tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.

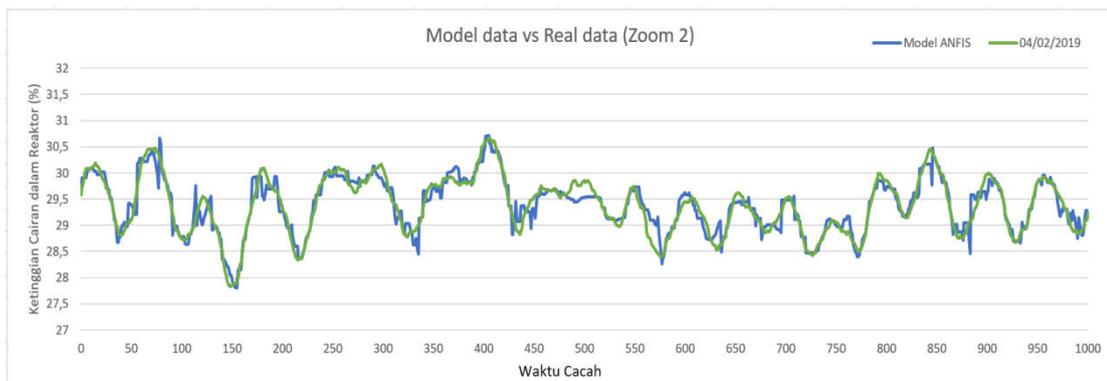
Dari hasil perbandingan grafik tersebut diketahui bahwa keluaran model hasil identifikasi dengan menggunakan algoritma ANFIS dapat mendekati keluaran aktual sistem unit reaktor yang berasal dari data latih. Parameter terukur yang dapat digunakan bahwa model ANFIS pada plant unit reaktor tersebut dapat diterima adalah perhitungan faktor kesalahan, yaitu nilai *Root Square Mean Error (RSME)*. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa hasil RMSE perbandingan tersebut yaitu sebesar 0,47995.



(a).Grafik hasil pemodelan untuk keseluruhan data training



(b).Grafik hasil pemodelan untuk data zoom 1

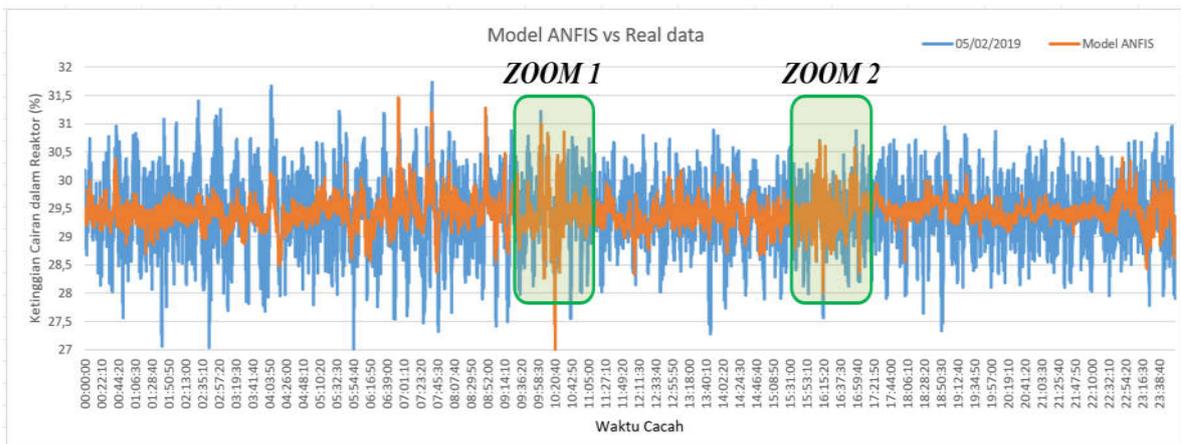


(c).Grafik hasil pemodelan untuk data zoom 2

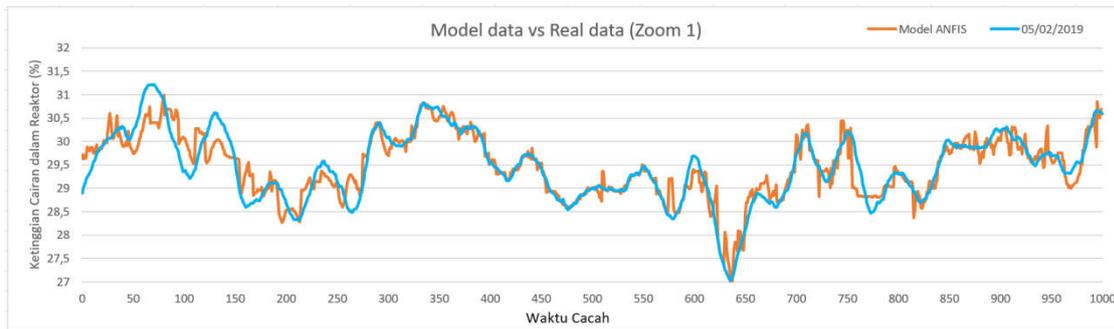
Gambar9.Grafik perbandingan model ANFIS dengan data riil unit reaktor dengan menggunakan data training

Selanjutnya juga akan dilakukan validasi data yang kedua, dimana pada validasi hasil ini akan dilakukan perbandingan antara hasil model ANFIS dengan data uji, yaitu data yang tidak digunakan untuk model pelatihan. Hasil validasi akan menunjukkan bahwa model dapat mencakup berbagai kondisi operasional. Data uji diambil pada saat pada tanggal 5 maret 2019 dan hasil validasi model tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.

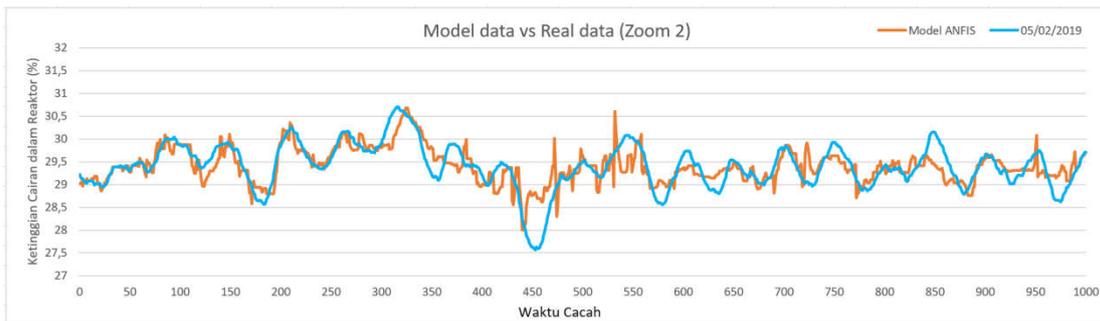
Dari hasil perbandingan grafik tersebut diketahui bahwa keluaran model hasil identifikasi dengan menggunakan algoritma ANFIS dapat mendekati keluaran aktual sistem unit reaktor yang berasal dari data latih walaupun menggunakan data dengan berbagai macam kondisi operasional. Parameter terukur yang dapat digunakan bahwa model ANFIS pada plant unit reaktor tersebut dapat diterima adalah perhitungan faktor kesalahan, yaitu nilai *Root Square Mean Error (RSME)*. Dimana dari hasil perhitungan diketahui bahwa hasil RMSE perbandingan tersebut yaitu sebesar 0,58485.



(a).Grafik hasil pemodelan untuk keseluruhan data uji



(b).Grafik hasil pemodelan untuk data zoom 1



(c).Grafik hasil pemodelan untuk data zoom 2

Gambar10.Grafik perbandingan model ANFIS dengan data riil unit reaktor

Penelitian ini menggunakan berbagai jenis data operasional yang tidak tercakup oleh data pelatihan dan diketahui bahwa hasil model ANFIS pada unit reaktor pabrik urea ini mampu menunjukkan kinerja yang baik pada beberapa kondisi operasi. Hal tersebut terlihat dari grafik hasil pemodelan yang dapat mengikuti perubahan proses data riil pada unit reaktor pabrik urea.

5 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan identifikasi pemodelan dengan metode ANFIS pada sistem unit reaktor pabrik urea, dimana hasil yang didapatkan cukup baik. Hal tersebut terbukti dari keluaran model yang mampu mengikuti keluaran system yang sebenarnya dengan baik serta menghasilkan rata-rata error RMSE yang relatif kecil. Kemudian penelitian ini juga telah dilakukan validasi model terhadap data pelatihan, dimana hasil validasi nilai RSME untuk data model terhadap data pelatihan sebesar 0,47995. Selanjutnya juga dilakukan validasi model terhadap data uji, dimana hasil validasi nilai RSME untuk data model terhadap data pelatihan sebesar 0,58485.

6 Referensi

- [1] J. Jang, "ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system," *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions*, vol. 23, no. 3, pp. 665–685, 1993
- [2] M. Denai, F. Palis, and A. Zeghib, "ANFIS based modelling and control of non-linear systems: a tutorial," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Oran, Algeria*, pp. 3433-3438, Oct. 10-13, 2004.
- [3] Yul Y. Nazaruddin, Luthfi Hariz, Agus Samsi and Satriyo Nugroho, "Non-Linear Modeling of a Primary Reformer Unit in Ammonia Plant Using Neuro-Fuzzy Method", *International Conference on Instrumentation, Communication and Information Technology (ICICI)*, 2007.
- [4] Yul Y. Nazaruddin, Sista Dewi, and Estiyanti Ekawati, "Applying Neuro-Fuzzy Approach for Ratio Control of Primary Reformer in a Petrochemical Plant", *International Conference on Instrumentation Control and Automation (ICA)*, 2013
- [5] E. Oko, M. Wang and J. Zhang, "Neural Network Approach for Predicting Drum Pressure and Level in Coal-fired Subcritical Power Plant", *Elsevier*, 2015.
- [6] Nahla A. and Prodromos D, "Nonlinear Control of Coal-Fired Steam Power Plants", *Control Engineering Practice - Elsevier*, 2017.