

Pemodelan sistem Pakar Berbasis *Adaptive Neuro Fuzzy* untuk Melakukan Prediksi Tingkat Pencemaran Udara berdasarkan ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) Studi Kasus: Wilayah DKI

Yohannes Yahya Welim¹, T.W. Wisjhnuadji²

^{1),2)} Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Budi Luhur, Jakarta 12260
Telp. (021) 5853753 ext 267

E-mail : yahyabl88@yahoo.com, yahyabl88@gmail.com¹⁾, wisnoex@yahoo.com²⁾

ABSTRAK

Kualitas udara adalah salah satu faktor yang ikut menentukan tingkat kesehatan di suatu lingkungan, artinya bahwa semakin baik kualitas udara di lingkungan yang dihirup maka kualitas kesehatan juga akan tetap terjaga, sebaliknya jika kualitas udara yang dinyatakan dengan indeks ISPU mengarah kepada suatu kondisi yang buruk, bahkan berbahaya, maka hal ini juga akan sangat besar pengaruhnya bagi tingkat kesehatan masyarakat di sekitarnya.

Dalam penelitian ini dibangun sebuah model berbasis pada Metodologi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System dengan menggunakan piranti lunak MATLAB yang memiliki kemampuan untuk melakukan prediksi terhadap indeks pencemar udara ISPU berdasarkan 5 parameter input berupa kadar Partikulat PM10, SO₂, CO, O₃ dan NO₂ yang didapatkan dari lingkungan sekitarnya.

Hasi penelitian menunjukkan bahwa Model sistem yang dibangun untuk melakukan prediksi dapat digunakan sudah diuji dengan metoda Validasi Model dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB Versi 7.8 dengan tingkat ketelitian Training Data yang memadai, yaitu RMSE (Root Mean Square Error) sebesar 0.00045359 dan Testing error dengan RMSE = 2.97.

Keyword : Matlab, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, RMSE, Pencemaran Udara

1. Pendahuluan

Beberapa tahun ke belakang ini semakin giat usaha yang dilakukan oleh banyak pihak untuk mengkampanyekan mengurangi polusi yang mencemari udara kota. Kota Jakarta yang merupakan salah satu kota besar sekaligus Ibukota negara telah lebih dulu memelopori kegiatan-kegiatan yang bertujuan mengurangi polusi. Kegiatan macam *Car Free Day* merupakan salah satu contoh dan masih banyak lagi contoh-contoh untuk menciptakan kehidupan perkotaan yang sehat. Namun diantara bermacam-macam program yang dilaksanakan ternyata banyak juga hal-hal kecil yang sangat penting menjadi terlupakan. Beberapa hari yang lalu ketika melintasi

jalan di bilangan Monas, ada pemandangan yang sebenarnya merupakan hal yang biasa yang setiap hari terlihat oleh pengendara. Hal tersebut ialah sebuah alat yang sudah tidak berfungsi lagi, Alat Pengukur Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Alat yang dipajang di kawasan Gambir dalam kondisi mati. Padahal fungsi utama dari alat tersebut memberikan informasi ambang kadar udara yang berada di lingkungan setempat. Karena pertumbuhan kendaraan di Jakarta ini sudah melebihi kapasitas jalan yang disediakan oleh pemerintah, hal tersebut tentunya menyebabkan tingkat pencemaran udara semakin bertambah.

Di DKI Jakarta menunjukkan sebanyak 46% dari kasus-kasus penyakit adalah penyakit gangguan pernapasan (ISPA 43%, iritasi mata 1,7% dan asma 1,3%) yang terkait dengan kualitas udara ambien yang tidak memenuhi baku mutu dimana polusi udara di DKI Jakarta mengalami fluktuasi dengan beberapa parameter telah melewati nilai ambang batas seperti Ozon, NO₂ dan nilai ISPU menunjukkan bahwa selama setahun hanya terhitung 22 hari udara Jakarta berkualitas baik, 95 hari dinyatakan tidak sehat, dan selebihnya 233 hari berkualitas sedang.

Alat ISPU ini seharusnya dapat menjadi alat pendeteksi dini berapa kadar pencemaran udara yang terus dipantau tiap harinya yang nantinya menjadi acuan guna membuat program untuk menanggulangi problem tersebut. Pada alat ini tertera tingkatan udara yang baik, sedang, tidak sehat, hingga tingkatan berbahaya. Sehingga masyarakat dan Pemda dapat bersama mengontrol kondisi udara. Sudah menjadi keharusan bagi yang berkepentingan di bidang ini untuk memperhatikan serta bertindak lebih aktif untuk sekedar memperbaiki ataupun menggantinya dengan yang baru, sebab sesuatu hal yang besar dimulai dari sesuatu yang kecil.

Sistem adalah suatu kesatuan usaha yang terdiri dari bagian-bagian yang berkaitan satu sama lain yang berusaha mencapai suatu tujuan dalam suatu lingkungan kompleks. Pengertian tersebut mencerminkan adanya beberapa bagian dan hubungan antara bagian, ini menunjukkan kompleksitas dari sistem yang meliputi kerja sama antara bagian yang interdependen satu sama lain. Selain itu dapat dilihat bahwa sistem berusaha

mencapai tujuan. Pencapaian tujuan ini menyebabkan timbulnya dinamika, perubahan-perubahan yang terus menerus perlu dikembangkan dan dikendalikan. Definisi tersebut menunjukkan bahwa sistem sebagai gugus dari elemen-elemen yang saling berinteraksi secara teratur dalam rangka mencapai tujuan atau subtujuan.

Sifat-sifat dasar dari suatu sistem antara lain :

- a. Pencapaian tujuan, orientasinya pencapaian tujuan akan memberikan sifat dinamis kepada sistem, memberi ciri perubahan yang terus menerus dalam usaha mencapai tujuan.
- b. Kesatuan usaha, mencerminkan suatu sifat dasar dari sistem di mana hasil keseluruhan melebihi dari jumlah bagian-bagiannya atau sering disebut konsep sinergi.
- c. Keterbukaan terhadap lingkungan, lingkungan merupakan sumber kesempatan maupun hambatan pengembangan. Keterbukaan terhadap lingkungan membuat penilaian terhadap suatu sistem menjadi relatif atau yang dinamakan *equifinality* atau pencapaian tujuan suatu sistem tidak mutlak harus dilakukan dengan satu cara terbaik. Tetapi pencapaian tujuan suatu sistem dapat dilakukan melalui berbagai cara sesuai dengan tantangan lingkungan yang dihadapi.
- d. Transformasi, merupakan proses perubahan input menjadi output yang dilakukan oleh sistem.
- e. Hubungan antara bagian, kaitan antara subsistem inilah yang akan memberikan analisa sistem suatu dasar pemahaman yang lebih luas.
- f. Sistem ada berbagai macam, antara lain sistem terbuka, sistem tertutup dan sistem dengan umpan balik.
- g. Mekanisme Pengendalian, mekanisme ini menyangkut sistem umpan balik yang merupakan suatu bagian yang memberi informasi kepada sistem mengenai efek dari perilaku sistem terhadap pencapaian tujuan atau pemecahan persoalan yang dihadapi. [2]

Little (1970) mendefinisikan Sistem Pendukung Keputusan sebagai "sekumpulan prosedur berbasis model untuk data pemrosesan dan penilaian guna membantu para manajer mengambil keputusan". Dia menyatakan bahwa untuk sukses, sistem tersebut haruslah sederhana, cepat, mudah dikontrol, adaptif lengkap dengan isu-isu penting, dan mudah berkomunikasi. [1]

Aplikasi dari Sistem Pendukung Keputusan baru dapat dikatakan berhasil atau bermanfaat jika terdapat kondisi sebagai berikut :

- a. Eksistensi dari basis data yang sangat besar sehingga sulit mendayagunakannya.
- b. Kepentingan adanya transformasi dan komputasi pada proses pencapaian keputusan.
- c. Adanya keterbatasan waktu, baik dalam penentuan hasil maupun dalam prosesnya.

- d. Kepentingan akan penilaian atas pertimbangan akal sehat untuk menentukan dan mengetahui pokok permasalahan, serta pengembangan alternatif dan pemilihan solusi. [2]

Orang yang belum pernah mengenal logika fuzzy pasti akan mengira bahwa logika fuzzy adalah suatu yang amat rumit dan tidak menyenangkan. Namun, sekali seseorang mulai mengenalnya, ia pasti akan sangat tertarik dan akan menjadi pendatang baru untuk ikut serta mempelajari logika fuzzy. Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika fuzzy modern dan metodis baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika fuzzy itu sendiri sudah ada pada diri kita sejak lama [1]

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Sebagai contoh :

1. Manajer pergudangan mengatakan pada manajer produksi seberapa banyak persediaan barang pada akhir minggu ini, kemudian manajer produksi akan menetapkan jumlah barang yang harus diproduksi esok hari
2. Pelayan restoran memberikan pelayanan terhadap tamu, kemudian tamu akan memberikan tip yang sesuai atas baik tidaknya pelayanan yang diberikan
3. Anda mengatakan pada saya seberapa sejuk ruangan yang anda inginkan, saya akan mengatur putaran kipas yang ada pada ruangan ini
Penumpang taksi berkata pada sopir taksi seberapa cepat laju kendaraan yang diinginkan, sopir taksi akan mengatur pijakan gas taksinya. [1]

Logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika fuzzy tersebut. [1]

Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy, antara lain :

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat
4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman

- para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
 7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami. [1]

Himpunan *Fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu :

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 40, 25, 50 dsb.

Agar dapat menggunakan fungsi-fungsi logika *fuzzy* yang ada pada *MATLAB*, maka harus diinstallkan terlebih dahulu *TOOLBOX FUZZY*. *Fuzzy logic toolbox* memberikan fasilitas *Graphical User Interface* (GUI) untuk mempermudah dalam membangun suatu sistem *fuzzy*. Ada 5 *GUI tools* yang dapat digunakan untuk membangun, mengedit, dan mengobservasi sistem penalaran *fuzzy* yaitu :

1. *Fuzzy Inference System (FIS) Editor*
2. *Membership Function Editor*
3. *Rule Editor*
4. *Rule Viewer*
5. *Surface Viewer* [1]

Motivasi utama teori *fuzzy logic* adalah memetakan sebuah ruang *input* ke dalam ruang output dengan menggunakan *IF-THEN rules*. Pemetaan dilakukan dalam suatu *Fuzzy Inference System* (FIS). Urutan *rule* bisa sembarang. FIS mengevaluasi semua *rule* secara simultan untuk menghasilkan kesimpulan. Oleh karenanya, semua *rule* harus didefinisikan lebih dahulu sebelum kita membangun sebuah FIS yang akan digunakan untuk menginterpretasikan semua *rule* tersebut.

Mekanisme dalam FIS bisa dirangkum seperti ini : FIS adalah sebuah metode yang menginterpretasikan harga-harga dalam *vektor input*, menarik kesimpulan berdasarkan sekumpulan *IF-THEN rules* yang diberikan, dan kemudian menghasilkan *vektor output*. [5]

Jaringan Syaraf Tiruan dibuat pertama kali pada tahun 1943 oleh *neurophysiologist* *Waren McCulloch* dan *logician* *Walter Pits*, namun teknologi yang tersedia pada saat itu belum memungkinkan mereka berbuat lebih jauh.

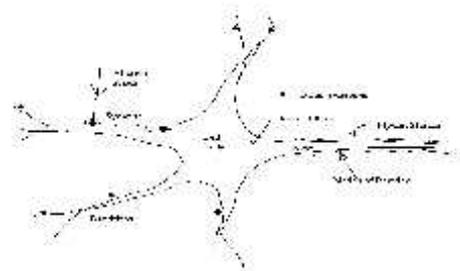
Jaringan Syaraf Tiruan adalah paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel syaraf biologi, sama seperti otak yang memproses suatu informasi. Elemen mendasar dari paradigma tersebut adalah struktur yang baru dari sistem pemrosesan informasi. Jaringan Syaraf Tiruan, seperti manusia, belajar dari suatu contoh. Jaringan Syaraf Tiruan dibentuk untuk memecahkan suatu

masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran.

Jaringan Syaraf Tiruan berkembang secara pesat pada beberapa tahun terakhir. Jaringan Syaraf Tiruan telah dikembangkan sebelum adanya suatu komputer konvensional yang canggih dan terus berkembang walaupun pernah mengalami masa vakum selama beberapa tahun.

Jaringan Syaraf Tiruan keluar dari penelitian kecerdasan buatan, terutama percobaan untuk menirukan *fault-tolerance* dan kemampuan untuk belajar dari sistem syaraf biologi dengan model struktur *low-level* dari otak.

Otak terdiri dari sekitar (10.000.000.000) sel syaraf yang saling berhubungan. Sel syaraf mempunyai cabang struktur *input (dendrites)*, sebuah inti sel dan percabangan struktur *output (axon)*. *Axon* dari sebuah sel terhubung dengan *dendrites* yang lain melalui sebuah *synapse*. Ketika sebuah sel syaraf aktif, kemudian menimbulkan suatu *signal electrochemical* pada *axon*. *Signal* ini melewati *synapses* menuju ke sel syaraf yang lain. Sebuah sel syaraf lain akan mendapatkan signal jika memenuhi batasan tertentu yang sering disebut dengan nilai ambang atau (*threshold*).

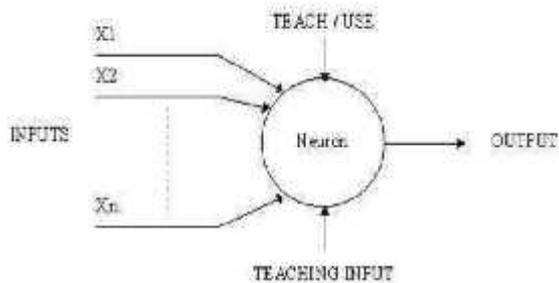


Gambar 1.4 Susunan Syaraf Manusia

Seperti halnya Jaringan Syaraf Manusia pada gambar 1.4. memiliki pendekatan yang berbeda untuk memecahkan masalah bila dibandingkan dengan sebuah komputer konvensional. Umumnya komputer konvensional menggunakan pendekatan algoritma (komputer konvensional menjalankan sekumpulan perintah untuk memecahkan masalah). Jika suatu perintah tidak diketahui oleh komputer konvensional maka komputer konvensional tidak dapat memecahkan masalah yang ada. Sangat penting mengetahui bagaimana memecahkan suatu masalah pada komputer konvensional di mana komputer konvensional akan sangat bermanfaat jika dapat melakukan sesuatu di mana pengguna belum mengetahui bagaimana melakukannya.

Jaringan Syaraf Tiruan dan suatu algoritma komputer konvensional tidak saling bersaing namun saling melengkapi satu sama lain. Pada suatu kegiatan yang besar, sistem yang diperlukan biasanya menggunakan kombinasi antara keduanya (biasanya sebuah komputer konvensional digunakan untuk mengontrol Jaringan Syaraf Tiruan untuk menghasilkan

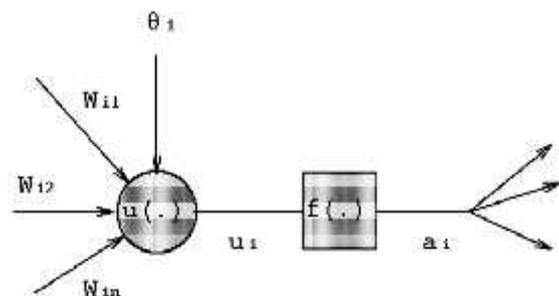
efisiensi yang maksimal. Jaringan Syaraf Tiruan tidak memberikan suatu keajiban tetapi jika digunakan secara tepat akan menghasilkan sesuatu hasil yang luar biasa. Seperti pada gambar 1.5.



Gambar 1.5 Sebuah Sel Syaraf Sederhana

Mengadopsi esensi dasar dari system syaraf biologi, syaraf tiruan digambarkan sebagai berikut : Menerima *input* atau masukan (baik dari data yang dimasukkan atau dari *output* sel syaraf pada jaringan syaraf. Setiap *input* datang melalui suatu koneksi atau hubungan yang mempunyai sebuah bobot (*weight*). Setiap sel syaraf mempunyai sebuah nilai ambang. Jumlah bobot dari *input* dan dikurangi dengan nilai ambang kemudian akan mendapatkan suatu aktivasi dari sel syaraf (*post synaptic potential*, PSP, dari sel syaraf). *Signal* aktivasi kemudian menjadi fungsi aktivasi / fungsi transfer untuk menghasilkan *output* dari sel syaraf.

Jika tahapan fungsi aktivasi digunakan (*output* sel syaraf = 0 jika *input* < 0 dan 1 jika *input* >= 0) maka tindakan sel syaraf sama dengan sel syaraf biologi yang dijelaskan diatas (pengurangan nilai ambang dari jumlah bobot dan membandingkan dengan 0 adalah sama dengan membandingkan jumlah bobot dengan nilai ambang). Biasanya tahapan fungsi jarang digunakan dalam Jaringan Syaraf Tiruan. Fungsi aktivasi (*f(.)*) dapat dilihat pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6. Fungsi Aktivasi

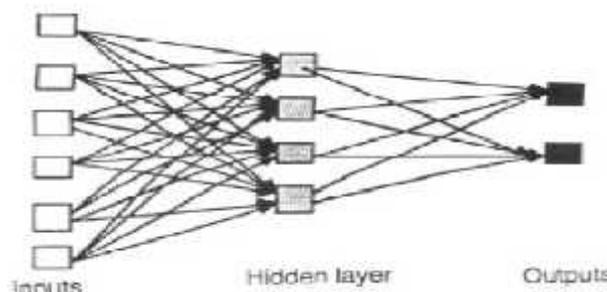
Bagaimana sel syaraf saling berhubungan? Jika suatu jaringan ingin digunakan untuk berbagai keperluan maka harus memiliki *input* (akan membawa nilai dari suatu variabel dari luar) dan *output* (dari prediksi atau *signal* kontrol). *Input* dan *output* sesuai dengan sensor dan syaraf motorik seperti *signal* datang dari mata kemudian diteruskan ke tangan, Dalam hal ini terdapat

sel syaraf atau neuron pada lapisan tersembunyi berperan pada jaringan ini. *Input*, lapisan tersembunyi dan *output* sel syaraf diperlukan untuk saling terhubung satu sama lain.

Berdasarkan dari arsitektur (pola koneksi), Jaringan Syaraf Tiruan dapat dibagi ke dalam dua katagori : struktur *feedforward* dan struktur *recurrent (feedback)*

Sebuah jaringan yang sederhana mempunyai struktur *feedforward* di mana *signal* bergerak dari *input* kemudian melewati lapisan tersembunyi dan akhirnya mencapai unit *output* (mempunyai struktur perilaku yang stabil). Seperti pada gambar 1.7

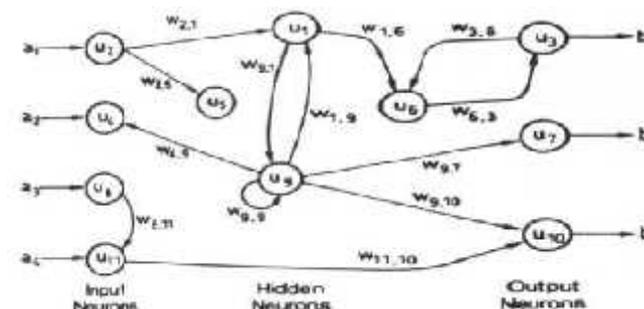
Tipe jaringan *feedforward* mempunyai sel syaraf yang tersusun dari beberapa lapisan. Lapisan *input* bukan merupakan sel syaraf. Lapisan ini hanya memberi pelayanan dengan mengenalkan suatu nilai dari suatu variabel. Lapisan tersembunyi dan lapisan *output* sel syaraf terhubung satu sama lain dengan lapisan sebelumnya. Kemungkinan yang timbul adalah adanya hubungan dengan beberapa unit dari lapisan sebelumnya atau terhubung semuanya (lebih baik).



Gambar 1.7 Jaringan Syaraf Tiruan Feedforward

Jika suatu jaringan berulang (mempunyai koneksi kembali dari *output* ke *input*) akan menimbulkan ketidakstabilan dan akan menghasilkan dinamika yang sangat kompleks. Jaringan yang berulang sangat menarik untuk diteliti dalam Jaringan Syaraf Tiruan, namun sejauh ini *structure feedforward* sangat berguna untuk memecahkan masalah, seperti pada gambar 1.8. Yang termasuk dalam stuktur *recurrent (feedback)* :

- Competitive networks
- Self-organizing maps
- Hopfield networks
- Adaptive-resonanse theory models



Gambar 1.8 Jaringan Syaraf Tiruan FeedBack

Ketika sebuah Jaringan Syaraf digunakan. *Input* dari nilai suatu variabel ditempatkan dalam suatu *input* unit. dan kemudian unit lapisan tersembunyi dan lapisan *output* menjalankannya. Setiap lapisan tersebut menghitung nilai aktivasi dengan mengambil jumlah bobot *output* dari setiap unit dari lapisan sebelumnya dan kemudian dikurangi dengan nilai ambang. Nilai aktivasi kemudian melalui fungsi aktivasi untuk menghasilkan *output* dari sel syaraf. Ketika semua unit pada Jaringan Syaraf telah dijalankan maka aksi dari lapisan *output* merupakan *output* dari seluruh jaringan syaraf.

Jaringan Syaraf Tiruan biasanya mempunyai 3 *group* atau lapisan yaitu unit-unit : lapisan *input* yang terhubung dengan lapisan tersembunyi yang selanjutnya terhubung dengan lapisan *output*.

1. Aktifitas unit-unit lapisan input menunjukkan informasi dasar yang kemudian digunakan dalam Jaringan Syaraf Tiruan.
2. Aktifitas setiap unit-unit lapisan tersembunyi ditentukan oleh aktifitas dari unit-unit *input* dan bobot dari koneksi antara unit-unit *input* dan unit-unit lapisan tersembunyi
3. Karakteristik dari unit-unit *output* tergantung dari aktifitas unit-unit lapisan tersembunyi dan bobot antara unit-unit lapisan tersembunyi dan unit-unit *output*.

Karakter dari Jaringan Syaraf Tiruan tergantung atas bobot dan fungsi *input-output* (fungsi transfer) yang mempunyai ciri tertentu untuk setiap unit. Fungsi ini terdiri dari 3 katagori yaitu :

1. *Linear units*, Aktifitas *output* adalah sebanding dengan jumlah bobot *output*.
2. *Threshold units*, *Output* diatur satu dari dua tingkatan tergantung dari apakah jumlah *input* adalah lebih besar atau lebih kecil dari nilai ambang.
3. *Sigmoid units*, *Output* terus menerus berubah-ubah tetapi tidak berbentuk *linear*. Unit ini mengandung kesamaan yang lebih besar dari sel syaraf sebenarnya dibandingkan dengan *linear* dan *threshold* unit, namun ketiganya harus dipertimbangkan dengan perkiraan kasar.

2. Pembahasan

Kriteria dan Penentuan Nilai ISPU

Tabel 1. Kategori ISPU

Indeks	Kategori
1 - 50	Baik
51 - 100	Sedang
101 - 199	Tidak Sehat
200 - 299	Sangat Tidak Sehat
300 - lebih	Berbahaya

Maka dengan menggunakan *Rule Viewer* seperti pada gambar 1.9. *Rule Viewer* di bawah ini:



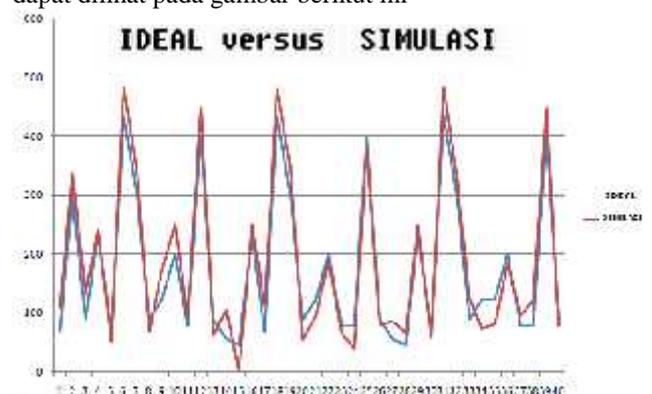
Gambar 1.9 Rule Viewer

Maka dihasilkan tabel yang berisi hubungan antara *parameter input* dengan *output*, artinya bahwa setiap set nilai *input* yang berisi 5 *parameter input* akan memberikan satu nilai *output* tunggal yang dapat dikategorikan kedalam salah satu kategori berdasarkan tabel 1. Kategori ISPU di atas.

Tabel 2. Hasil Simulasi FIS

Input 1	Input 2	Input 3	Input 4	Input 5	Output
0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5

Dengan Hasil *Error* Rata Rata RMSE = 2.97 Didapatkan Perbandingan Hasil Simulasi dengan Nilai Ideal, dan dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 2 Nilai Ideal Versus Simulasi FIS

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan FIS yang dibangkitkan berdasarkan proses *Training* dengan nilai *error* RMSE = 0.00045359 atau RMSE = 0.45×10^{-3} , serta hasil perbandingannya dengan nilai ideal, dengan *error* rata rata RMSE = 2.97, maka dihasilkan grafik perbandingan seperti pada Gambar 2 Ideal Versus Simulasi FIS.

Yang dimaksud dengan nilai ISPU ideal di sini adalah nilai ISPU yang diperoleh dengan mencari nilai ISPU

terbesar pada setiap *set parameter input* yang terdiri dari nilai ISPU ; PM10, SO₂, CO₂, O₃ dan NO₂ Sedangkan nilai ISPU Simulasi FIS, adalah yang didapat dengan menggunakan FIS yang telah di *Training* sehingga menghasilkan *Critical ISPU* yang merupakan hasil Simulasi FIS.

Hasil perbandingan keduanya menunjukkan adanya selisih, hal ini disebabkan karena FIS yang di “*generate*” sendiri memiliki *training error* RMSE = 0.00045359 dan *testing error* RMSE = 2.97

3. Kesimpulan

Hasil *Training* pada Data adalah *error* rata rata RMSE = 0.0004535 sedangkan Hasil *Testing* pada data yang digunakan untuk Validasi menghasilkan *error* RMSE = 2.97

Hasil Perbandingan antara nilai ISPU idel dengan Nilai ISPU *Critical* hasil simulasi dengan FIS yang dibangkitkan oleh sistem ANFIS menunjukkan kesesuaian , yang artinya selisih yang timbul adalah sebesar 2.97 persen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sri K, Hari P. ,”Aplikasi Logika *Fuzzy* untuk Pendukung Keputusan”, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004.
- [2] Marimin, Nurul Magfiroh,”Aplikasi Teknik Pengambilan Keputusan Dalam Manajemen Rantai Pasok”,IPB Press, 2010
- [3] Thomas Wahyu, Agung Prasetyo, “Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan MATLAB”, Penerbit Andi, Yogyakarta,2003.
- [4] Gunaidi,”*The Short Cut of MATLAB Programming*”, Informatika, Bandung,2010
- [5] Agus Naba, “Belajar Cepat *Fuzzy Logic* Menggunakan MATLAB”,Andi Yogyakarta,2009
- [6] Sri Kusuma Dewi, Hartati,”*Neuro Fuzzy*, Integrasi Sistem *Fuzzy* dan Jaringan Syaraf”,Graha Ilmu , Yogyakarta,2010.
- [7] Dwi Ana,”Sistem Kendali Cerdas”,Graha Ilmu , Yogyakarta,2010.
- [8] Emha Taufik Luthfi,” Implementasi ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) Pada Prediksi Pembayaran Pinjaman Berdasar Analisis Rencana Pembiayaan Nasabah (Studi Kasus : BMT XYZ)’, STMIK AMIKOM , Yogyakarta, 2007.
- [9] Sofyan Hadi, “Pemodelan Rekayasa Sistem Pakar Dengan *Neuro Fuzzy* Untuk Mendiagnosis Permasalahan Pada Sistem Pengendalian *CNC Turbotext HX- SERIES*”,MKOM Univ.Budi Luhur,2007

Biografi Penulis

Ir. Yohannes Yahya Welim, M.M., memperoleh gelar Sarjana Komputer (Ir., Jurusan Teknik Informatika STMIK BUDI LUHUR Jakarta, lulus tahun 1991. Memperoleh gelar Magister Manajemen (M.M) Program Pasca Sarjana Magister Manajemen Sekolah Tinggi

Manajemen IMMI Jakarta, lulus tahun 2001.Saat ini menjadi Dosen di Universitas Budi Luhur Jakarta.

Ir. T.W. Wisjhnuadji, M.Kom., memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom), Jurusan Teknik Informatika Universitas Budi Luhur Jakarta, lulus tahun 1995. Memperoleh gelar Magister Komputer (M.Kom) Program Pasca Sarjana Magister Teknik Informatika Universitas Budi Luhur Jakarta, lulus tahun 2011.Saat ini menjadi Dosen di Universitas Budi Luhur Jakarta.