

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Air Minum

Manusia membutuhkan air bersih untuk dikonsumsi sebagai air minum, air minum merupakan kualifikasi yang sangat diperlukan untuk pemenuhan air dalam tubuh manusia. Air di dalam tubuh manusia, berkisar antara 50-70% dari seluruh berat badan (Shyamala, 2008; Momba, 2006; Eshcol, 2009 dikutip oleh Mirza, 2014). Pentingnya air bagi kesehatan tubuh manusia dilihat dari jumlah air yang ada dalam organ, seperti dalam kandungan darah manusia 80% adalah air, kehilangan 15% air dari berat badan dapat mengakibatkan kematian (Wijaya, Ni Nyoman Mestri Agustini dkk, 2014). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 menjelaskan bahwa air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

2.1.1 Kualitas Air Minum

Menurut Profil Kesehatan Provinsi Riau tahun 2015 menyatakan bahwa air minum dan sanitasi yang baik merupakan elemen penting yang menunjang kesehatan manusia, karena berhubungan langsung dengan kesehatan lingkungan yang mempengaruhi derajat kesehatan masyarakat, buruknya kondisi air minum dan sanitasi akan berdampak meningkatnya jumlah kejadian diare dan munculnya penyakit dimasyarakat.

Setiap penyelenggara DAM khususnya daerah pekanbaru, wajib menjamin air minum hasil produksinya aman bagi kesehatan. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif dimuat pada 25 parameter kualitas air minum sesuai dengan standar yang berlaku di UPTD. Laboratorium Pemeriksaan Kualitas Air (PKA) Dinas Kesehatan Kota Pekanbaru.

Berikut 25 parameter kualitas air minum sesuai dengan standar yang berlaku di UPTD. Laboratorium Pemeriksaan Kualitas Air (PKA) Dinas Kesehatan Kota Pekanbaru dalam pemeriksaan kualitas air minum DAM.

Tabel 2.1 Parameter pemeriksaan kualitas air

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
A. FISIKA			
1	Bau	-	Tidak Berbau
2	Kekeruhan	Skala NTU	5
3	Rasa	-	Tidak Berasa
4	Suhu	°C	Suhu udara ± 3 °C
5	Warna	Skala TCU	15
6	Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	500
B. KIMIA			
a) Kimia Anorganik			
1	Aluminium	mg/l	0.2
2	Besi	mg/l	0.3
3	Flourida	mg/l	1.5
4	Kadmium	mg/l	0.003
5	Kesadahan (CaCo ₃)	mg/l	500
6	Khlorida	mg/l	250
7	Total Kromium	mg/l	0.05
8	Mangan	mg/l	0.4
9	Nitrat sebagai NO ₃	mg/l	50
10	Nitrit sebagai NO ₂	mg/l	3
11	pH	mg/l	6.5-8.5
12	Seng	mg/l	3
13	Sianida	mg/l	0.07
14	Sulfat	mg/l	250
15	Sulfida Sebagai H ₂ S	mg/l	0.05
16	Tembaga	mg/l	2
b) Kimia Organik			
1	Zat Organik sebagai KMnO ₄	mg/l	10
c) Mikrobiologi			
1	E. Coli	Jlh / 100 ml	0
2	Total Bakteri Koliform	Jlh / 100 ml	0

2.2 Depot Air Minum (DAM)

Depot air minum isi ulang atau yang disingkat DAM adalah badan usaha yang mengelola air minum untuk keperluan masyarakat dalam bentuk curah dan tidak dikemas (Wulandari, Siwiendrayanti dan Wahyuningsih, 2015). Proses pengolahan air pada depot air minum pada dasarnya adalah filtrasi (penyaringan) dan desinfeksi, dimana proses filtrasi dimaksudkan untuk memisahkan kontaminan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tersuspensi dan campuran yang berbentuk koloid termasuk mikroorganisme dalam air, sedangkan desinfeksi untuk membunuh mikroorganisme yang tidak tersaring pada proses sebelumnya (Athena, 2004 dikutip oleh Pradana dan Marsono, 2013). Secara prinsip memiliki proses pengolahan air sebagaimana proses pengolahan lainnya seperti PDAM, dimana dilakukan filterasi pada air baku dengan syarat hilangnya semua jenis pencemar, baik fisik, kimia maupun mikrobiologi.

DAM yang berkembang pesat sejak tahun 2002, dengan harga yang relatif lebih murah jika dibandingkan dengan harga air minum dalam kemasan (Radji, Oktavia dan Suryadi, 2008). Meningkatnya permintaan masyarakat akan air minum isi ulang yang hemat dan praktis diimbangi dengan banyaknya usaha depot air minum isi ulang yang bermunculan (Marpaung dan Marsono, 2013). Pesatnya perkembangan DAM dibuktikan dengan data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2013 bahwa masyarakat provinsi Riau dalam angka 47% cenderung memilih DAM sebagai sumber air minum proporsi rumah tangga.

Dampak yang ditimbulkan dengan tumbuhnya DAM di berbagai tempat terutama di daerah perkotaan menurut (Ramakrishnaiah, 2009; Trevett, 2005; Tommy, 2007; Luuk, 2008 dikutip oleh Mirza, 2014) menyatakan dampak positif adanya DAM adalah menyediakan air yang kualitasnya aman dan sehat bagi pemakainya, individu maupun masyarakat, menyediakan air yang memenuhi kuantitas menyediakan air secara berkelanjutan, mudah dan murah untuk menunjang *hygiene* perorangan maupun rumah tangga. Disisi lain perkembangan DAM berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan konsumen, bila tidak adanya regulasi yang efektif. Isu yang mengemuka saat ini adalah rendahnya jaminan kualitas terhadap air minum yang dihasilkan. Jika tidak dikendalikan dengan maksimal depot air minum berpotensi menimbulkan kerugian bagi kesehatan misalnya keracunan zat kimia persisten maupun penyebaran penyakit melalui air atau *water borne disease*.

Pengawasan kualitas air minum diatur oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang tata laksana dan pengawasan kualitas air minum, bahwa pengawasan secara internal oleh pihak penyelenggara air minum (DAM) dan dilakukan pengawasan secara eksternal oleh Dinas Kesehatan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Provinsi/Kabupaten/Kota dan KKP yang membina DAM dari segi kualitas air, tempat, peralatan, maupun penjamah, agar masyarakat terlindung dari potensi pengaruh buruk akibat konsumsi air minum yang berasal dari DAM. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 43 Tahun 2014 menambahkan bahwa setiap DAM wajib memenuhi prasyarat Higiene Sanitasi dalam pengolahan air minum dan melaksanakan tata laksana pengawasan kualitas air minum.

Pengujian mutu produk wajib dilakukan oleh depot air minum di laboratorium pemeriksaan kualitas air yang ditunjuk oleh pemerintah kabupaten/kota atau yang terakreditasi sekurang-kurangnya 6 (enam) bulan sekali. Pengujian tersebut bertujuan menjamin mutu produk air minum yang dihasilkan, mendukung terciptanya persaingan usaha yang sehat, dan sebagai upaya perlindungan kepada konsumen (Wandrivel, Suharti dan Lestari, 2012).

2.3 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Logika *fuzzy* merupakan suatu metode pengambilan keputusan berbasis aturan yang digunakan untuk memecahkan masalah keabu-abuan masalah pada sistem yang sulit dimodelkan atau memiliki ambiguitas. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy* yang merupakan perluasan dari teori himpunan klasik. Pada teori himpunan klasik (*crisp*), keberadaan suatu elemen pada suatu himpunan, A, hanya akan memiliki 2 kemungkinan keanggotaan, yaitu menjadi anggota A atau tidak menjadi anggota A (Chak, 1998 dikutip oleh Kusumadewi dan Hartati, 2010). Sedangkan pada teori himpunan *fuzzy*, nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1 (Zimmermann, 1991 dikutip oleh Kusumadewi dan Hartati, 2010).

Dalam sistem logika *fuzzy*, terdapat variabel *fuzzy* yang memiliki beberapa nilai linguistik yang umumnya berupa kata sifat direpresentasikan dengan nilai kualitatif dari variabel itu sendiri. Nilai kuantitatif suatu variabel terhadap suatu nilai linguistik, atau derajat keanggotaan ditentukan dengan suatu fungsi keanggotaan yang dapat memiliki semua nilai yang di antara 0 dan 1. Semakin dekat karakteristik suatu variabel terhadap karakteristik suatu nilai linguistik, semakin

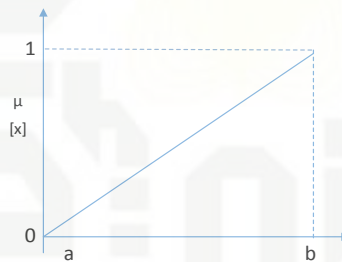
tinggi pula nilai fungsi keanggotaannya terhadap nilai linguistik tersebut (W. Siler dan J. J. Buckley, 2005 dikutip oleh Putra dan Munir, 2014).

2.3.1 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi (Kusumadewi dan Hartati, 2010). Berikut beberapa fungsi yang bisa digunakan dalam penelitian ini.

1. Representasi linear

Pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Terdapat 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear, kenaikan himpunan dimulai nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak kekanan menuju nilai yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

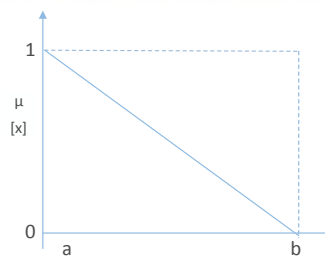


Gambar 2.1 Linear Naik (Kusumadewi dan Hartati, 2010)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu [x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Ke dua, merupakan kebalikan dari yang pertama.



Gambar 2.2 Linear Turun (Kusumadewi dan Hartati, 2010)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

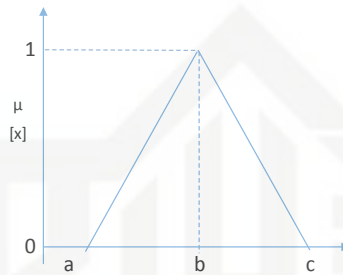
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Fungsi keanggotaan:

$$\mu [x] = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

2. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya gabungan antara 2 garis linear.



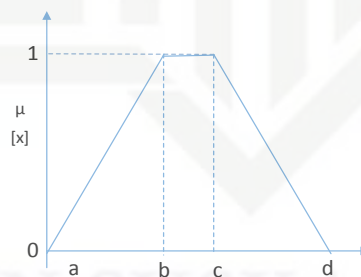
Gambar 2.3 Kurva Segitiga (Kusumadewi dan Hartati, 2010)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu [x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

3. Representasi kurva trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.4 Kurva Trapesium (Kusumadewi dan Hartati, 2010)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu [x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & x \geq d \end{cases} \quad (2.4)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3.2 Operator-operator *Fuzzy*

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength*. Ada 3 operator dasar yang dikemukakan oleh Zedeh, yaitu : AND, OR dan NOT, (Kusumadewi dan Hartati, 2010).

2.3.3 Sistem Inferensi *Fuzzy*

Menurut (Kusumadewi dan Hartati, 2010), sistem inferensi *fuzzy* (FIS) adalah suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan berbentuk *IF-THEN*, dan penalaran *fuzzy*. FIS menerima *input crisp* (himpunan klasik). *Input* ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi n aturan *fuzzy* dalam bentuk *IF-THEN*. *Fire strength* (operasi himpunan *fuzzy*) akan dicari pada setiap aturan. Apabila jumlah aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi dari semua aturan. Selanjutnya, hasil agregasi dilakukan *defuzzy* untuk mendapatkan nilai *crisp* sebagai *output* sistem.

FIS menggunakan metode Sugeno (TSK) yang diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno-Kan, tahun 1985. Dimana memiliki karakteristik yaitu bagian *output* (konsekuen) tidak merupakan himpunan *fuzzy* namun merupakan suatu persamaan linear dengan variabel-variabel sesuai dengan variabel-variabel *input*-nya. Metode sugeno terdiri dari 2 model, yaitu model *fuzzy* sugeno orde-0 (nol) dan model *fuzzy* sugeno orde-1 (satu) (Cox, 1994 dikutip oleh Kusumadewi dan Hartati, 2010):

1. Model *fuzzy* sugeno orde-0 (nol)

Secara umum bentuk model *fuzzy* sugeno orde-0 adalah

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z = k \quad (2.5)$$

Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai antesenden, \circ adalah operator *fuzzy* (AND atau OR), dan k adalah konstanta sebagai konsekuen.

2. Model *fuzzy* sugeno orde-1 (satu)

Secara umum bentuk model *fuzzy* sugeno orde-0 adalah

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q \quad (2.6)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai anteseden, \circ adalah operator *fuzzy* (AND atau OR), π_i adalah konstanta ke- i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

Proses agregasi dan *defuzzy* untuk mendapatkan nilai tegas sebagai *output* untuk M aturan *fuzzy* juga dilakukan dengan rata-rata terbobot (Cox, 1994 dikutip oleh Kusumadewi dan Hartati, 2010), yaitu:

$$z = \frac{\sum_{k=1}^M \alpha_k z_k}{\sum_{k=1}^M \alpha_k} \quad (2.7)$$

Teori logika *fuzzy* adalah memetakan sebuah ruang *input* ke dalam ruang *output* dengan menggunakan *IF-THEN rules*. Pemetaan dilakukan dalam suatu FIS kemudian FIS mengevaluasi semua *rule* secara simultan untuk menghasilkan kesimpulan. Oleh karenanya, semua *rule* harus didefinisikan lebih dahulu sebelum membangun sebuah FIS yang akan digunakan untuk menginterpretasikan semua *rule* tersebut (Welim dan Wisjhnuadji, 2014).

2.4 Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan syaraf tiruan (Artificial Neural Network) merupakan salah satu representasi buatan otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan digunakan karena jaringan syaraf diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Fausett, 1994 dikutip oleh Kusumadewi dan Hartati, 2010).

Jaringan Syaraf Tiruan adalah sistem pemroses informasi dengan karakteristik dan performa yang mendekati syaraf biologis. Jaringan syaraf tiruan adalah generalisasi dari permodelan syaraf biologi dengan asumsi antara lain (Kuwoyo dan Agani, 2015):

1. Pemrosesan informasi terletak pada sejumlah komponen neuron. Sinyal merambat antara satu neuron ke neuron yang lainnya melalui jalur penghubung. Tiap jalur penghubung memiliki bobot dan mengalihkan besar nilai sinyal yang masuk (jenis neuron tertentu). Tiap neuron menerapkan fungsi aktivasi yang menjumlahkan semua masukan untuk menentukan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

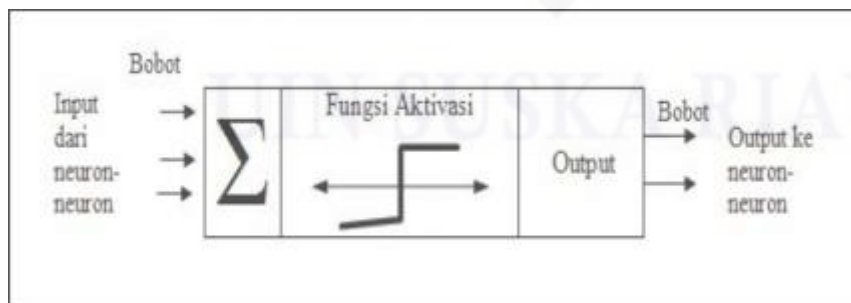
sinyal keluarannya. Tiap jaringan ditentukan oleh arsitektur pola jaringan, bobot, pada koneksi dan fungsi aktivasi.

2. Jaringan syaraf adalah pemroses sederhana yang berjumlah banyak dan bekerja secara paralel dan terdistribusi, memiliki kemampuan menyimpan pengetahuan dan memberikan saat dibutuhkan terdiri dari pengetahuan yang dimiliki sebagai hasil proses pembelajaran dan koneksi antar neuron yang berfungsi menyimpan pengetahuan itu. Sedangkan jaringan syaraf tiruan bermaksud membuat sistem yang menyerupai syaraf tiruan biologis.
3. Antara neuron masukan dan neuron keluaran terdapat beberapa lapis tersembunyi (*hidden layer*). Lapisan tersembunyi merupakan pembeda JST dengan ANFIS. Neuron pada JST yang menghubungkan satu neuron dengan neuron-neuron pada lapis berikutnya berisi bobot yang besarnya berdasarkan hasil pembelajaran, berbeda dengan ANFIS yang bobotnya berupa rule logika *fuzzy*.

2.4.1 Komponen-komponen Jaringan Syaraf

Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain (Kusumadewi dan Hartati, 2010).

Berikut struktur neuron jaringan syaraf ditunjukkan dalam Gambar 2.5:



Gambar 2.5 Struktur Neuron Jaringan Syaraf(Kusumadewi dan Hartati, 2010)

Keterangan struktur neuron jaringan syaraf antara lain:

- a. *Input* berupa $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ adalah sinyal yang masuk ke sel syaraf

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- b. Bobot berupa $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ adalah faktor bobot yang berhubungan dengan masing masing neuron
- c. *Threshold* merupakan nilai ambang internal dari neuron, dimana besarnya *offset* yang mempengaruhi aktivasi dari *output* neuron y
- d. Fungsi Aktivasi merupakan operasi matematik yang dikenakan pada sinyal *output* y .

2.4.2 Fungsi Aktivasi

Terdapat beberapa fungsi aktivasi dalam jaringan syaraf tiruan, digunakan tergantung dari masalah yang akan diselesaikan. Fungsi aktivasi dalam jaringan syaraf tiruan, antara lain (Kusumadewi dan Hartati, 2010):

1. Fungsi undak biner (*hard limit*)
Fungsi undak digunakan untuk mengkonversikan *input* dari suatu variabel yang bernilai kontinu ke suatu *output* biner (0 atau 1).
2. Fungsi bipolar
Sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, namun *output* yang dihasilkan berupa 1, 0 atau -1.
3. Fungsi linear (identitas)
Fungsi linear memiliki nilai *output* yang sama dengan nilai *input*-nya.
4. Fungsi saturating linear
Fungsi yang akan bernilai 0 jika *input*-nya kurang dari $-\frac{1}{2}$ dan akan bernilai 1 jika *input*-nya lebih dari $\frac{1}{2}$. Sedangkan jika nilai *input* terletak antara $-\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{2}$, maka *output*-nya akan bernilai sama dengan nilai *input* ditambah $\frac{1}{2}$.
5. Fungsi symetric saturating linear
Fungsi akan bernilai -1 jika *input*-nya kurang dari -1, dan akan bernilai 1 jika *input*-nya lebih dari 1. Sedangkan jika nilai *input* terletak antara -1 dan 1, maka *output*-nya akan bernilai sama dengan nilai *input*-nya.
6. Fungsi sigmoid biner
Fungsi digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada range 0 sampai 1.

7. Fungsi sigmoid bipolar

Sebenarnya hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, namun *output* memiliki range antara 1 sampai -1.

2.4.3 Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan

Konsep jaringan syaraf adalah terjadinya proses pembelajaran, bertujuan untuk melakukan pengaturan terhadap bobot-bobot yang ada pada jaringan syaraf, sehingga diperoleh bobot akhir yang tepat sesuai pola yang dilatih. Selama proses pembelajaran akan terjadi perbaikan bobot-bobot berdasarkan algoritma tertentu. Nilai bobot bertambah, jika informasi yang diberikan neuron tersampaikan, dan sebaliknya maka nilai bobot dikurangi. Pada saat pembelajaran dilakukan pada *input* berbeda, maka nilai bobot akan diubah secara dinamis hingga mencapai suatu nilai yang cukup seimbang. Apabila nilai ini telah tercapai mengindikasikan bahwa tiap-tiap *input* telah berhubungan dengan *output* yang diharapkan (Kusumadewi dan Hartati, 2010).

2.5 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System atau *Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System* (ANFIS) adalah arsitektur yang secara fungsional sama dengan *fuzzy rule base* model Sugeno. Arsitektur ANFIS juga sama dengan jaringan syaraf tiruan yang memiliki fungsi radial dengan sedikit batasan tertentu. ANFIS adalah suatu metode yang mana dalam melakukan penyetelan aturan digunakan algoritma pembelajaran terhadap sekumpulan data. ANFIS juga memungkinkan aturan-aturan untuk beradaptasi (Kusumadewi dan Hartati, 2010).

ANFIS adalah Jaringan Syaraf digunakan untuk mengimplementasikan *Fuzzy Inference System* yang merupakan aplikasi sistem *Hybrid*, komponen-komponen utama soft computing saling dipadukan untuk mendapatkan algoritma yang lebih sempurna. Logika *fuzzy* dapat menerjemahkan pengetahuan dari para pakar secara langsung dengan menggunakan aturan-aturan yang dibangun secara linguistik, namun membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menetapkan fungsi keanggotaan pada setiap pernyataan linguistiknya. Untuk kepentingan efisiensi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

waktu dan biaya, perlu adanya metode lain yang digunakan untuk melengkapi logika *fuzzy* tersebut. Teknik-teknik pembelajaran pada jaringan syaraf dapat mengotomatisasi proses tersebut dan secara substansial dapat mengurangi waktu dan biaya (Fuller, 1995 dikutip oleh Kusumadewi dan Hartati, 2010).

ANFIS atau yang biasa dikenal dengan *Neuro fuzzy* berupa jaringan syaraf dengan masukan *fuzzy* pada lapisan pertama atau ke dua, namun bobot-bobot pada jaringan syaraf tersebut tidak *fuzzy* (Osowski, 2004 dikutip oleh Kusumadewi dan Hartati, 2010). Terdapat struktur ANFIS yang menggambarkan proses yang terdapat pada sistem logika *fuzzy* sedangkan proses pembelajaran jaringan syaraf tiruan digunakan untuk mengoptimalkan nilai parameter fuzzyfikasi (Fatkhurrozi, Muslim dan Santoso, 2014).

ANFIS merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk prediksi atau diagnosis, dengan akurasi yang cukup bagus (Singla, P. dan Singla, 2011 dikutip oleh Dewi dan Muslikh, 2013). Pemilihan metode ANFIS dalam menentukan kualitas air minum disebabkan logika *fuzzy* mampu menggunakan variabel linguistik dalam menentukan nilai keanggotaan dari parameter kualitas air minum, sedangkan jaringan saraf mempunyai kemampuan beradaptasi karena parameter kualitas air minum yang bersifat non-linear, dapat memperbaiki pernyataan linguistiknya untuk mengoptimalkan nilai parameter fuzzyfikasi.

2.5.1 Arsitektur ANFIS

Pada penelitian ini ANFIS diterapkan pada sistem inferensi *fuzzy* dengan menggunakan model Sugeno (TSK) dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. Menggunakan model *fuzzy* Sugeno Orde 0 dengan alasan aturan yang dibentuk memiliki konsekuen yang merupakan konstanta (tegas). Misalkan ada 2 *input* x_1 dan x_2 dan 1 *output*. Basis aturan dengan 4 aturan *fuzzy if-then*, dengan *Input* x dan y , konsekuennya f , ditunjukkan oleh persamaan 2.8:

<i>Rule 1 : if</i>	x_1 is A_1 and y_1 is B_1	<i>then</i>	$f_1 = k$
	Premis		konsekuen
<i>Rule 2 : if</i>	x_1 is A_1 and y_2 is B_2	<i>then</i>	$f_2 = k$
	Premis		konsekuen

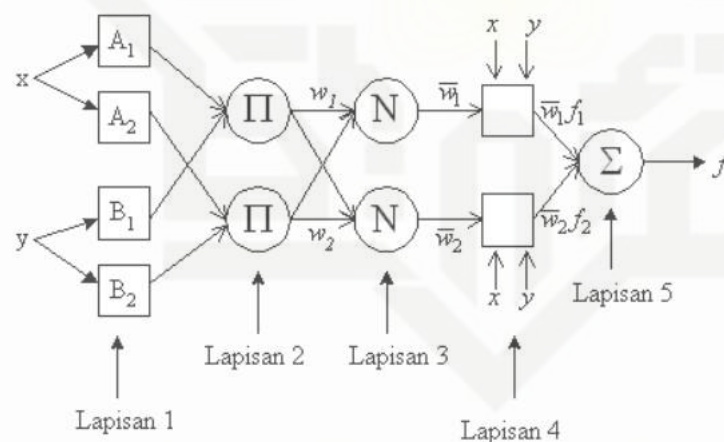
$$\begin{array}{ll}
 \text{Rule 3 : if} & x_1 \text{ is } A_2 \text{ and } y_1 \text{ is } B_1 \text{ then } f_3 = k \\
 & \text{Premis} \qquad \qquad \qquad \text{konsekuen} \\
 \text{Rule 4 : if} & x_1 \text{ is } A_2 \text{ and } y_2 \text{ is } B_2 \text{ then } f_4 = k \\
 & \text{Premis} \qquad \qquad \qquad \text{konsekuen} \qquad \qquad \qquad (2.8)
 \end{array}$$

Dari persamaan 2.8 dimana A_i dan B_i adalah parameter sebagai label linguistik (rendah, sedang, tinggi, dan lain-lain) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, *and* yang merupakan operator fuzzy dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen..

Maka dapat dihitung rata-rata terbobot :

$$f = \frac{(w_1 f_1 + w_2 f_2 + w_n f_n)}{w_1 + w_2 + w_n} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 + \bar{w}_n f_n \qquad (2.9)$$

Dalam sistem *Neuro-Fuzzy* terdapat 5 lapisan dimana setiap lapisan memiliki perlakuan yang berbeda, lapisan proses yang mana fungsi dan persamaan masing-masing lapisannya. Berikut arsitektur jaringan ANFIS secara umum dapat dilihat dalam Gambar 2.6:



Gambar 2.6 Arsitektur Jaringan ANFIS (Jang, 1997 dikutip oleh Kusumadewi dan Hartati, 2010)

Penjelasan untuk Gambar 2.6 tentang Arsitektur Jaringan ANFIS yang terdiri dari 5 lapisan, dijelaskan sebagai berikut (Widodo, 2005):

a. Lapisan 1

Lapisan ini merupakan lapisan fuzzyfikasi. Setiap neuron i lapisan pertama ini adalah neuron adaptif dengan fungsi neuron sebagai berikut:

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x), \qquad i=1,2,\dots,n \text{ dan}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2\dots n}}(y), \quad i=3,4\dots n \quad (2.10)$$

Dimana x atau y adalah *input* dari neuron, A_i atau B_i merupakan label linguistik yang terhubung pada neuron i , dan $O_{1,i}$ adalah derajat keanggotaan sebuah himpunan *fuzzy* dengan fungsi linear naik, linear turun, kurva segitiga dan kurva trapesium yang terdapat pada persamaan (2.1), (2.2), (2.3) dan (2.4).

b. Lapisan 2

Tiap-tiap neuron pada lapisan kedua berupa neuron tetap yang *output*-nya merupakan hasil kali dari semua masukan. Digunakan operator *AND*.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{B_i}(y) \dots \mu_{N_i}(n), \quad i = 1, 2 \dots n \quad (2.11)$$

Hasil perhitungan ini disebut *firing strength* dari sebuah aturan. Tiap neuron merepresentasikan aturan ke- i .

c. Lapisan 3

Tiap neuron pada lapisan ketiga berupa neuron tetap yang merupakan hasil perhitungan rasio dari *firing strength* ke- i (w_i), dari aturan ke- i terhadap jumlah dari keseluruhan *firing strength* pada lapisan kedua, sebagai berikut:

$$O_{3,i} = \bar{w} = \frac{w_i}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}, \quad i = 1, 2 \dots n \quad (2.12)$$

Hasil perhitungan ini disebut *normalised firing strength*.

d. Lapisan 4

Tiap neuron pada lapisan keempat berupa neuron tetap terhadap suatu *output*. Dimana pada penelitian ini menggunakan model Sugeno Orde 0, jadi hasil keluaran pada lapisan ini merupakan hasil kali \bar{w} dan f sebagai parameter konsekuen dari tiap aturan, sebagai berikut:

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i(f), \quad i = 1, 2 \dots n \quad (2.13)$$

e. Lapisan 5

Lapisan ini berupa neuron tunggal, merupakan hasil penjumlahan dari seluruh keluaran lapisan keempat, sebagai berikut:

$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (2.14)$$

2.5.2 Algoritma Pelatihan ANFIS

Tahap pelatihan ANFIS yang terdiri atas tahap maju dan tahap mundur adalah dimana pada tahap maju (*forward*) yang berisi inferensi sistem *fuzzy* untuk memperoleh konsekuen dari aturan yang dibuat dan melakukan penjumlahan terhadap semua masukan pada lapisan kelima. Kemudian dilakukan tahap mundur (*backward*) untuk mengecek setiap error pada lapisan dan menggunakan *gradient descent* untuk mengubah nilai parameter masukan pada lapisan pertama (Kusumadewi dan Hartati, 2010).

Pada penelitian ini pelatihan (*training*) propogasi eror dengan konsep *gradient descent* pada arah mundur (*backward*). Satu tahap pembelajaran maju-mundur dinamakan satu *epoch* (Suyanto, 2008). Data hitoris pemeriksaan kualitas air minum digunakan untuk proses pelatihan, pelatihan data berguna untuk memperbaharui parameter sistem inferensi *fuzzy* (Sumathi, 2010 dikutip oleh Fatkhurrozi dkk, 2014). Pada priode pelatihan data tersebut dapat diperoleh *output* berupa penentuan kualitas air minum yang lebih kualitatif.

2.5.3 Model Propagasi Error

Model Propagasi Error atau *Error Backpropagation* (EBP) digunakan untuk mencari eror pada tiap lapisan antara keluaran jaringan adaptif dan target dipropagasi balik menggunakan *gradient-descent* untuk memperbaiki parameter premis. Model propogasi eror dengan derivatif beruntun (*ordered derivative*), eror pada setiap lapisan antara keluaran jaringan dan target dipropagasi balik menggunakan *gradient-descent* untuk memperbaiki parameter premis. Dilakukan proses perhitungan akan berulang terus menerus sampai *epoch* memenuhi maksimum yang telah ditentukan.

Perhitungan eror pada tiap lapisan dirumuskan sebagai berikut (Kusumadewi dan Hartati, 2010):

a. Error pada lapisan 5

Lapisan 5 yang hanya memiliki 1 neuron, maka popagasi eror yang menuju pada lapisan ini dirumuskan sebagai berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\varepsilon_{5i} = \frac{\partial E_p}{\partial f} = -2(d_p - O_{5i}) \quad (2.15)$$

Dengan d adalah keluaran target.

b. Error pada lapisan 4

Propagasi error yang menuju lapisan 4 ini dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{4j} = \left(\frac{\partial E_p}{\partial O_{5i}} \right) \left(\frac{\partial f_{5i}}{\partial O_{4j}} \right) = \varepsilon_{5i} \left(\frac{\partial f_{5i}}{\partial O_{4j}} \right) = \varepsilon_{5i}(1) \quad (2.16)$$

Karena $f_{5i} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 + \dots + \bar{w}_n f_n$, maka $\frac{\partial f_{5i}}{\partial w_i f_i} = 1$

c. Error pada lapisan 3

Propagasi error yang menuju lapisan 3 ini dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{3j} = \left(\frac{\partial E_p}{\partial O_{5i}} \right) \left(\frac{\partial f_{5i}}{\partial O_{4j}} \right) \left(\frac{\partial f_{4j}}{\partial O_{3j}} \right) = \varepsilon_{4i} \left(\frac{\partial f_{4j}}{\partial O_{3j}} \right) = \varepsilon_{4j}(f_i) \quad (2.17)$$

Karena $f_{4i} = \bar{w}_i f_i$, maka $\frac{\partial f_{4i}}{\partial w_i} = f_i$

d. Error pada lapisan 2

Propagasi error yang menuju lapisan 2 ini dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{2j} = \sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial^+ E}{\partial O_{3j}} \right) \left(\frac{\partial f_{3j}}{\partial O_{2k}} \right) = \sum_{k=1}^n \varepsilon_{3j} \left(\frac{\partial f_{3j}}{\partial O_{2j}} \right) \quad (2.18)$$

karena $\partial O_{21} = w_1$ dan $\partial O_{2k} = w_k$, maka:

$$\left(\frac{\partial f_{3j}}{\partial O_{2j}} \right) = \left(\frac{\partial \left(\frac{w_j + w_{j+1} + \dots + w_J}{w_1 + \dots + w_J} \right)}{\partial w_j} \right) = \left(\frac{w_j + w_{j+1} + \dots + w_J}{(w_1 + \dots + w_J)^2} \right) \quad (2.19)$$

dimisalkan mencari ε_{21} , Sehingga:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{21} &= \varepsilon_{3j} \left(\frac{w_2 + w_3 + w_4 + \dots + w_J}{(w_1 + \dots + w_J)^2} \right) + \varepsilon_{3j+1} \left(-\frac{w_2 + w_3 + w_4 + \dots + w_J}{(w_1 + \dots + w_J)^2} \right) + \dots + \\ &+ \varepsilon_{3j+J} \left(-\frac{w_2 + w_3 + w_4 + \dots + w_J}{(w_1 + \dots + w_J)^2} \right) \\ &= \left(\frac{w_2 + w_3 + w_4 + \dots + w_J}{(w_1 + \dots + w_J)^2} \right) (\varepsilon_{3j} - \varepsilon_{3j+1} - \varepsilon_{3j+2} - \dots - \varepsilon_{3j+J}) \end{aligned} \quad (2.20)$$

e. Error pada lapisan 1

Propagasi error yang menuju lapisan 1 ini dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{1k} = \sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial^+ E}{\partial O_{2j}} \right) \left(\frac{\partial f_{2k}}{\partial O_{1j}} \right) = \sum_{k=1}^n \varepsilon_{2j} \left(\frac{\partial f_{2k}}{\partial O_{1j}} \right) \quad (2.21)$$

Karena $f_{2k} = w_k = \mu A_i(x) \cdot \mu B_i(y) \dots \mu N_i(n)$, dan $f_{1k} = A_k, f_{1k} = B_k$ dan untuk premis n adalah $f_{1k+n} = N_k$, dimisalkan mencari ε_{11} , maka:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{11} &= \varepsilon_{2j} \left(\frac{\partial(\mu A_i(x), \mu B_i(y), \mu C_i(y), \mu D_i(y), \mu E_i(y), \dots, \mu N_i(n))}{\partial(A_1(x))} \right) + \\
 &\varepsilon_{2j+1} \left(\frac{\partial(\mu A_i(x), \mu B_i(y), \mu C_i(y), \mu D_i(y), \dots, \mu N_i(n))}{\partial(B_1(x))} \right) + \\
 &\varepsilon_{2j+2} \left(\frac{\partial(\mu A_i(x), \mu B_i(y), \mu C_i(y), \mu D_i(y), \dots, \mu N_i(n))}{\partial(C_1(x))} \right) + \dots + \\
 &\varepsilon_{2j+J} \left(\frac{\partial(\mu A_i(x), \mu B_i(y), \mu C_i(y), \mu D_i(y), \dots, \mu N_i(n))}{\partial(N_1(x))} \right) \\
 &= \varepsilon_{2j} \cdot \mu B_i(y) \cdot \mu C_i(y) \cdot \mu D_i(y) \cdot \mu E_i(y) \dots \mu N_i(n) + \\
 &\varepsilon_{2j+1} \cdot \mu B_i(y) \cdot \mu C_i(y) \cdot \mu D_i(y) \cdot \mu E_i(y) \dots \mu N_i(n) + \\
 &\varepsilon_{2j+2} \cdot \mu B_i(y) \cdot \mu C_i(y) \cdot \mu D_i(y) \cdot \mu E_i(y) \dots \mu N_i(n) + \dots + \\
 &\varepsilon_{2j+J} \cdot \mu B_i(y) \cdot \mu C_i(y) \cdot \mu D_i(y) \cdot \mu E_i(y) \dots \mu N_i(n) \quad (2.22)
 \end{aligned}$$

f. Error antara lapisan 1 dengan parameter masukan

Error tersebut digunakan untuk mencari informasi error terhadap parameter a (a_{ij}) dan c (c_{ij}) sebagai berikut:

$$\varepsilon_{a_{ij}} = \sum_{k=1}^m \left(\frac{\partial^+ E}{\partial O_{1ik}} \right) \left(\frac{\partial f_{1ik}}{\partial a_{ij}} \right) \quad (2.23)$$

$$\varepsilon_{c_{ij}} = \sum_{k=1}^m \left(\frac{\partial^+ E}{\partial O_{1ik}} \right) \left(\frac{\partial f_{1ik}}{\partial c_{ij}} \right) \quad (2.24)$$

Karena fungsi keanggotaan yang digunakan adalah segitiga seperti persamaan (2.3):

$$\mu [x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.25)$$

Sehingga:

$$\left(\frac{\partial \left(\frac{x-a}{b-a} \right)}{\partial a_{ij}} \right) = \frac{x-b}{(b-a)^2} \quad (2.26)$$

$$\left(\frac{\partial \left(\frac{c-x}{c-b} \right)}{\partial c_{ij}} \right) = \frac{x-b}{(c-b)^2} \quad (2.27)$$

Dimisalkan mencari $\varepsilon_{a_{11}}$, maka:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{a_{11}} &= \varepsilon_{11} \left(\frac{\partial f_{11}}{\partial a_{11}} \right) + \varepsilon_{12} \left(\frac{\partial f_{12}}{\partial a_{11}} \right) + \varepsilon_{1m} \left(\frac{\partial f_{1m}}{\partial a_{11}} \right) = (\varepsilon_{11}) \left(\frac{x-b}{(b-a)^2} \right) + \\
 &(\varepsilon_{12})(0) + (\varepsilon_{1m})(0) \quad (2.28)
 \end{aligned}$$

Dan mencari $\varepsilon_{c_{11}}$, maka:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\varepsilon_{c_{11}} = \varepsilon_{11} \left(\frac{\partial f_{11}}{\partial c_{11}} \right) + \varepsilon_{12} \left(\frac{\partial f_{12}}{\partial c_{11}} \right) + \varepsilon_{1m} \left(\frac{\partial f_{1m}}{\partial c_{11}} \right) = (\varepsilon_{11}) \left(\frac{x-b}{(c-b)^2} \right) + \varepsilon_{12}(0) + \varepsilon_{1m}(0) \quad (2.29)$$

g. Menentukan perubahan nilai parameter masukan pada lapisan 1 dengan menggunakan *gradient-descent*

Kemudian tentukan perubahan nilai parameter a_{ij} dan c_{ij} (Δa_{ij} dan Δc_{ij}).

Dihitung sebagai berikut:

$$\Delta a_{ij} = \eta \varepsilon_{aij} x_i \quad (2.30)$$

$$\Delta c_{ij} = \eta \varepsilon_{cij} x_i \quad (2.31)$$

Dengan η adalah laju pembelajaran yang terletak pada interval $[0,1]$, sehingga nilai a_{ij} dan c_{ij} yang baru adalah:

$$a_{ij} = a_{ij} \text{ (lama)} + \Delta a_{ij} \text{ dan} \quad (2.32)$$

$$c_{ij} = c_{ij} \text{ (lama)} + \Delta c_{ij} \quad (2.33)$$

2.5.4 Sum Squere Error (SSE)

Sum Squere Error (SSE) merupakan metode statistik yang digunakan untuk mengukur selisih total dari nilai sebenarnya terhadap nilai yang tercapai (Widodo, 2005). Istilah SSE disebut sebagai *Summed Squere of Residuals*. Ukuran error untuk masukan ke-p ($1 \leq p \leq P$) adalah jumlah kuadrat error dari semua neuron keluaran. Karena dalam penelitian ini ANFIS hanya terdapat satu neuron keluaran, maka:

$$E_p = (d_p - f_p)^2 \quad (2.34)$$

Dengan d_p merupakan keluaran target untuk masukan ke-p, dan f_p merupakan keluaran aktual untuk masukan ke-p. Yang menjadi tujuan adalah minimasi seluruh error untuk seluruh P pasangan masukan-keluaran pelatihan yang didefinisikan sebagai berikut:

$$E = \sum_{p=1}^P E_p \quad (2.35)$$

Nilai SSE yang mendekati 0 menandakan bahwa model tersebut mempunyai komponen kesalahan acak terkecil dan nilai tersebut akan lebih berguna untuk klasifikasi terhadap kelayakan suatu model yang diamati.

2.5.5 Root Mean Square Error (RMSE)

Hasil pelatihan dari metode ANFIS dapat diperiksa untuk mencari akurasi hasil dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) sebagai berikut (Makridakis, Whellwright dan McGee, 1995 dikutip oleh Tjahjono, Martiana dan Ardhinata, 2011):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_p - f_p)^2}{n}} \quad (2.36)$$

Dengan n adalah banyak data, d_p adalah keluaran target dan f_p keluaran aktual. RMSE sebagai pengujian performa statistik untuk mencari keakuratan hasil, dimana semakin kecil nilai yang dihasilkan semakin bagus pula hasil akhir, nilai RMSE yang dimulai dari 0 hingga tak terbatas, dengan 0 menjadi nilai terbaik.

2.5.6 Kondisi Berhenti Pelatihan

Setiap perubahan bobot terhadap parameter kualitas air minum yang terjadi dapat mengurangi *error*. Siklus perubahan *epoch* dilakukan pada setiap set pelatihan sehingga kondisi berhenti dicapai, yaitu bila mencapai jumlah epoch yang diinginkan atau hingga sebuah nilai toleransi eror yang ditetapkan terlampaui (Agustin dan Prahasto, 2012).

2.5.7 Weighted Average

Rata-rata tertimbang/ terbobot (*weighted average*) adalah metode mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan (Suyanto, 2008), didefinisikan sebagai berikut:

$$WA = \frac{\sum_{p=1}^n c_p w_p}{\sum_{p=1}^n w_p} \quad (2.37)$$

Dengan WA adalah rata-rata tertimbang/ terbobot sebagai hasil akhir nilai kelayakan kualitas air minum, c_p adalah nilai kelayakan kualitas air minum keluaran kelas ke- p dan w_p adalah bobot/ jumlah parameter dalam kelas.

2.5.8 Akurasi

Pengujian akurasi untuk persentase ketepatan penentuan nilai kelayakan kualitas suatu air minum dilakukan dengan persamaan mengurangi persentase

keseluruhan data dengan tingkat kesalahan, pengujian akurasi didefinisikan sebagai berikut (Dewi dan Muslikh, 2013):

$$\text{Akurasi} = 100 - (x) \times 100 \quad (2.38)$$

Dimana x adalah selisih target dengan keluaran aktual.

2.6 Confusion Matrix

Confusion matrix berisi informasi actual dan prediksi pada sistem klasifikasi. Tiap kolom pada matriks adalah contoh kelas prediksi sedangkan tiap baris mewakili kejadian di kelas yang sebenarnya (Gorunescu, 2011 dikutip oleh Amrin, 2015).

Pengujian *confusion matrix* menggunakan dua kategori yaitu *accuracy* dan *error rate*. Berikut perhitungan *confusion matrix* dapat dilihat dalam Tabel 2.2:

Tabel 2.2 Confusion Matrix

		<i>Predicted Class</i>	
		Layak	Tidak layak
<i>Actual Class</i>	Layak	a	b
	Tidak layak	c	d

$$\text{Accuracy} : \frac{a+d}{a+b+c+d} \times 100\% \quad (2.39)$$

$$\text{Error Rate} : \frac{b+c}{a+b+c+d} \times 100\% \quad (2.40)$$

Keterangan:

- a) Layak adalah perbandingan nilai akurasi sebelum dan sesudah pelatihan dengan implementasi ANFIS dalam menentukan kualitas suatu air minum yang lebih tinggi mendekati target layak dengan persamaan (2.38).
- b) Tidak layak adalah perbandingan nilai akurasi sebelum dan sesudah pelatihan yang lebih tinggi mendekati target dengan persamaan (2.38).
- c) *Accuracy* adalah perbandingan kasus yang diidentifikasi benar dengan jumlah semua kasus.
- d) *Error rate* adalah yang diidentifikasi salah dengan semua jumlah kasus.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7 User Acceptance Test (UAT)

Sebagai pengujian sistem oleh penerima pengguna untuk menghitung kelayakan penggunaan sistem digunakan metode yang dapat mengukur kelayakan sistem. Dengan memberikan skor oleh pengguna maka dapat dihitung berapa persentase tingkat kelayakan penggunaan sistem (Goel dan Gupta, 2014).

Pilihan jawaban responden yang terdiri dari 5 kategori, yakni SS untuk sangat setuju dengan skor 5, S untuk setuju dengan skor 4, CS untuk cukup setuju dengan skor 3, KS untuk kurang setuju dengan skor 2 dan TS untuk tidak setuju dengan skor 1. Berikut adalah persamaan untuk mencari skor:

$$X = \text{skor tertinggi linkkert} * \text{jumlah pertanyaan terjawab} \quad (2.41)$$

$$Y = \text{skor terendah linkkert} * \text{jumlah pertanyaan terjawab} \quad (2.42)$$

Nilai rata-rata hasil survei dihitung dengan persamaan berikut:

$$M = \frac{\text{total skor}}{x} 100\% \quad (2.43)$$

Selanjutnya hasil perhitungan nilai rata-rata dikategorikan dalam beberapa kelompok untuk mengetahui bahwa sistem yang dibangun untuk dapat diterima oleh pengguna. Berikut range persetujuan pengguna dapat dilihat dalam Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Range Persetujuan Pengguna

No.	Keterangan	Range
1	Tidak Setuju	0% - 20%
2	Kurang Setuju	21% - 40%
3	Cukup Setuju	41% - 60%
4	Setuju	61% - 80%
5	Sangat Setuju	81% - 100%