

FUZZY BACKPROPAGATION UNTUK KLASIFIKASI POLA (STUDI KASUS: KLASIFIKASI KUALITAS PRODUK)

Sri Kusumadewi

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

E-mail: cicie@fti.uii.ac.id

ABSTRAKSI

Penggunaan model klasifikasi pola secara klasik akan cukup sulit diterapkan apabila suatu pola dimungkinkan untuk menjadi anggota dari 2 kelas atau lebih. Pada masalah klasifikasi kualitas produk, kondisi semacam ini seringkali muncul terutama dalam menentukan apakah suatu produk termasuk dalam kualitas BAIK, CUKUP, atau BURUK. Pendekatan fuzzy neural network dimungkinkan untuk dapat memfakomodasi permasalahan tersebut. Pada penelitian ini akan memperkenalkan fuzzy backpropagation untuk menentukan kualitas produk. Fuzzy backpropagation menggunakan derajat keanggotaan pada neuron output sebagai target pembelajaran. Kualitas suatu produk digolongkan menjadi 3 golongan, yaitu Kualitas-1 (BAIK), Kualitas-2 (CUKUP), dan Kualitas-3 (BURUK). Baik tidaknya kualitas produk dipengaruhi oleh 3 komponen, yaitu penyusutan volume, kenaikan derajat keasaman, dan cacat kemasan. Ada 27 pola data yang akan dilatih. Jaringan syaraf yang digunakan adalah backpropagation levenberg marquardt, dengan 1 lapisan tersembunyi dan 10 neuron pada lapisan tersembunyi, maksimum epoch = 10000, toleransi error = 10^{-6} , laju pembelajaran = 1. Hasil pelatihan memberikan MSE sebesar $9,854 \times 10^{-7}$ dan koefisien korelasi antara output jaringan dan target output sebesar 1.

Kata kunci: fuzzy, backpropagation, klasifikasi.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masalah klasifikasi klasik dengan jaringan backpropagation, jumlah neuron pada lapisan output sama dengan jumlah kelas yang diinginkan. Output neuron akan bernilai 1 jika output sesuai dengan target, dan bernilai 0 apabila tidak sesuai, yang didekati dengan konsep *winner take all*. Namun adakalanya, suatu pola berada pada 2 kelas, meskipun ada kemungkinan tingkat keberadaannya berbeda antara di kelas pertama dengan kelas kedua. Apabila hal ini terjadi, maka model klasifikasi klasik tidak dapat diterapkan untuk kasus ini.

Logika fuzzy yang memiliki kehandalan dalam mengolah data yang mengandung ketidakpastian dan ketidaktepatan, dapat dimanfaatkan untuk kepentingan tersebut. Dengan menggunakan konsep derajat keanggotaan, suatu pola tidak harus secara tegas menjadi anggota pada suatu kelas, namun bisa menjadi anggota dari 2 kelas atau lebih dengan derajat keanggotaan yang berbeda. Derajat keanggotaan yang lebih besar pada suatu kelas mengindikasikan bahwa pola data tersebut lebih cenderung untuk masuk ke dalam kelas tersebut.

Pada masalah klasifikasi kualitas produk, terkadang kita dihadapkan pada permasalahan sulitnya menentukan apakah suatu produk termasuk dalam kualitas BAIK, CUKUP, atau BURUK. Suatu produk dikatakan BAIK, apabila produk tersebut memiliki karakteristik tertentu yang diberikan oleh

pengambil keputusan. Aturan-aturan yang diberikan oleh pengambil keputusan untuk menentukan kualitas produk dapat dihimpun pada suatu basis pengetahuan. Dengan didasarkan pada basis pengetahuan tersebut, apabila diketahui suatu produk dengan ciri-ciri tertentu, maka akan dapat ditentukan kualifikasi dari produk tersebut.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah membangun suatu model pengambilan keputusan dengan menggunakan fuzzy backpropagation untuk menentukan kualitas produk.

2. DASAR TEORI

Pal dan Mitra (1992) memperkenalkan klasifikasi pola secara fuzzy menggunakan algoritma pembelajaran backpropagation. Konsep dasar dari model ini adalah dengan menggunakan derajat keanggotaan pada neuron output sebagai target pembelajaran. Apabila klasifikasi akan dilakukan terhadap sekelompok pola, $x_k = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ dalam p kelas, maka akan terdapat p neuron pada lapisan output. Misalkan m_k dan v_k adalah mean dan deviasi standar dari kelas ke-k, maka pertama-tama kita harus menghitung jarak terbobot pola pelatihan ke-k, x_k , terhadap kelas ke-k, sebagai berikut (Lin, 1996):

$$z_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left[\frac{x_{ij} - m_{kj}}{v_{kj}} \right]^2}; \quad k = 1, \dots, p \quad (1)$$

dengan x_{ij} adalah nilai komponen ke-j dari pola ke-i. Derajat keanggotaan pola ke-i pada kelas C_k dapat dihitung sebagai berikut:

$$\mu_k(x_i) = \frac{1}{1 + \left(\frac{z_{ik}}{f_d}\right)^{f_e}}; \quad k = 1, \dots, p \quad (2)$$

dengan f_d dan f_e adalah konstanta yang akan mengendalikan tingkat keaburan pada himpunan keanggotaan kelas tersebut. Dari sini, akan didapat p vektor derajat keanggotaan $[\mu_1(x_1), \mu_2(x_2), \dots, \mu_p(x_p)]$. Pada kasus paling fuzzy, akan digunakan operator INT (*intensified*) (Cox, 1994) sebagai berikut:

$$\mu_{INT}(x_i) = \begin{cases} 2[\mu_k(x_i)]^2; & 0 \leq \mu_k(x_i) \leq 0,5 \\ 1 - 2[1 - \mu_k(x_i)]^2; & 0,5 \leq \mu_k(x_i) \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

Sehingga pola input ke-i, x_i , akan memiliki target output ke-k sebagai berikut:

$$d_k \begin{cases} \mu_{INT(k)}(x_i); & \text{untuk kasus paling fuzzy} \\ \mu_k(x_i); & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (4)$$

dengan $0 \leq d_k \leq 1$ untuk setiap k. Selanjutnya algoritma *backpropagation* (Fausett, 1994) (Kusumadewi, 2004) dapat digunakan untuk melakukan pembelajaran.

3. MODEL YANG DIUSULKAN

3.1 Gambaran umum model

Kualitas suatu produk digolongkan menjadi n golongan. Misalkan ada 3 golongan, yaitu Kualitas-1 (BAIK), Kualitas-2 (CUKUP), dan Kualitas-3 (BURUK). Baik tidaknya kualitas produk dipengaruhi oleh m komponen. Misalkan ada 3 komponen, yaitu penyusutan volume, kenaikan derajat keasaman, dan cacat kemasan. Apabila penyusutan volume melebihi 0,1 liter, maka penyusutan bernilai 1; dan jika penyusutan volume kurang dari 0,01 liter, akan bernilai 0. Apabila derajat keasaman naik melebihi 5%, maka kenaikan derajat keasaman bernilai 1; dan jika derajat keasaman naik kurang dari 0,1%, maka kenaikan derajat keasaman bernilai 0. Apabila cacat kemasan melebihi 50%, maka nilai cacat kemasan bernilai 1; dan jika cacat kemasan kurang dari 1%, maka cacat kemasan bernilai 0. Penetapan nilai penyusutan volume, kenaikan derajat keasaman, dan cacat kemasan berdasarkan rumus sigmoid sebagai berikut (Kusumadewi, 2004):

$$\text{NilaiX}(u) = \begin{cases} 0; & u \leq \text{BB} \\ 2 \left[\frac{u - \text{BBX}}{\text{BAX} - \text{BBX}} \right]^2; & \text{BB} \leq u \leq \frac{\text{BB} + \text{BA}}{2} \\ 1 - 2 \left[\frac{\text{BAX} - u}{\text{BAX} - \text{BBX}} \right]^2; & \frac{\text{BB} + \text{BA}}{2} \leq u \leq \text{BA} \\ 1; & u \geq \text{BA} \end{cases} \quad (5)$$

Keterangan:

NilaiX = Nilai penyusutan atau derajat keasaman, atau cacat kemasan.

u = nilai variabel X.

BBX = Batas Bawah variabel X. Untuk variabel Penyusutan = 0,01; Kenaikan derajat keasaman = 0,001 (1%); dan Cacat kemasan = 0,01 (1%).

BAX = Batas Atas variabel X. Untuk variabel Penyusutan = 0,1; Kenaikan derajat keasaman = 0,05 (5%); dan Cacat kemasan = 0,5 (50%).

3.2 Data pelatihan dan pengujian

Pola data yang akan dilatih seperti terlihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data-data akan dilatih.

Data ke-	Penyusutan Volume (X_1)	Kenaikan Derajat Keasaman (X_2)	Cacat Kemasan (X_3)	Kelas (Kualitas)
1	0	0	0	1
2	0	0	0,5	1
3	0	0	1	2
4	0	0,5	0	1
5	0	0,5	0,5	2
6	0	0,5	1	2
7	0	1	0	2
8	0	1	0,5	2
9	0	1	1	3
10	0,5	0	0	1
11	0,5	0	0,5	2
12	0,5	0	1	2
13	0,5	0,5	0	2
14	0,5	0,5	0,5	2
15	0,5	0,5	1	3
16	0,5	1	0	2
17	0,5	1	0,5	3
18	0,5	1	1	3
19	1	0	0	2
20	1	0	0,5	3
21	1	0	1	3
22	1	0,5	0	2
23	1	0,5	0,5	3
24	1	0,5	1	3
25	1	1	0	3
26	1	1	0,5	3
27	1	1	1	3

Apabila terdapat 20 produk dengan spesifikasi sebagaimana terlihat pada **Tabel 2**, tentukanlah kualitas dari setiap produk, apakah termasuk golongan produk yang masih baik atau buruk.

Tabel 2. Data-data akan diuji

Data ke-	Penyusutan (liter)	Kenaikan Derajat Keasaman (%)	Cacat Kemasan (%)
1	0,02	0,030	0,07
2	0,04	0,006	0,50
3	0,06	0,050	0,20
4	0,01	0,010	0,80
5	0,03	0,007	0,30
6	0,02	0,020	0,05
7	0,02	0,070	0,06
8	0,01	0,030	0,20
9	0,07	0,023	0,15
10	0,02	0,010	0,03
11	0,15	0,035	0,06
12	0,06	0,055	0,02
13	0,11	0,075	0,12
14	0,01	0,009	0,07
15	0,10	0,001	0,30
16	0,08	0,020	0,01
17	0,03	0,009	0,09
18	0,03	0,010	0,30
19	0,01	0,040	0,15
20	0,02	0,050	0,50

Apabila digunakan kasus paling fuzzy dengan menggunakan operator INT (*intensified*), $f_d = 1$ dan $f_e = 2$, maka pola pelatihan untuk klasifikasi fuzzy berdasarkan persamaan 5 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pola pelatihan klasifikasi fuzzy

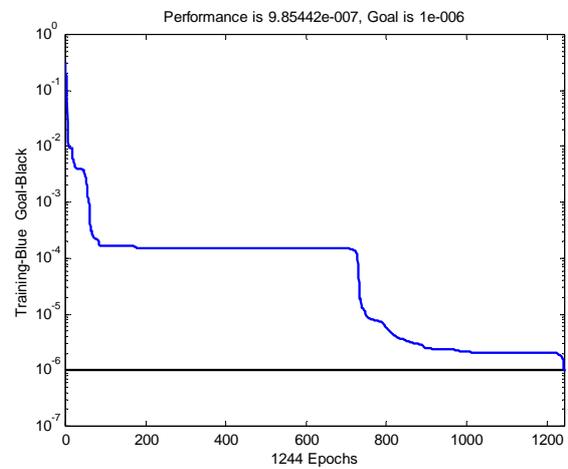
Data ke-	Pola Input			Pola Output		
	X_1	X_2	X_3	T_1	T_2	T_3
1	0	0	0	0,9960	0,7634	0,2979
2	0	0	0,5	0,9570	0,8612	0,4477
3	0	0	1	0,6067	0,6661	0,4382
4	0	0,5	0	0,9570	0,8847	0,4290
5	0	0,5	0,5	0,8952	0,9662	0,6713
6	0	0,5	1	0,5398	0,7881	0,6583
7	0	1	0	0,6067	0,7143	0,4032
8	0	1	0,5	0,5398	0,8127	0,6327
9	0	1	1	0,3083	0,6191	0,6200
10	0,5	0	0	0,9570	0,8371	0,4676
11	0,5	0	0,5	0,8952	0,9288	0,7241
12	0,5	0	1	0,5398	0,7388	0,7108
13	0,5	0,5	0	0,8952	0,9486	0,6975
14	0,5	0,5	0,5	0,8239	0,9989	0,9623
15	0,5	0,5	1	0,4774	0,8612	0,9527
16	0,5	1	0	0,5398	0,7881	0,6583
17	0,5	1	0,5	0,4774	0,8847	0,9314
18	0,5	1	1	0,2802	0,6900	0,9200
19	1	0	0	0,6067	0,6191	0,4780
20	1	0	0,5	0,5398	0,7143	0,7375
21	1	0	1	0,3083	0,5299	0,7241
22	1	0,5	0	0,5398	0,7388	0,7108
23	1	0,5	0,5	0,4774	0,8371	0,9712
24	1	0,5	1	0,2802	0,6424	0,9623
25	1	1	0	0,3083	0,5737	0,6713
26	1	1	0,5	0,2802	0,6661	0,9423
27	1	1	1	0,1840	0,4881	0,9314

3.3 Hasil pelatihan

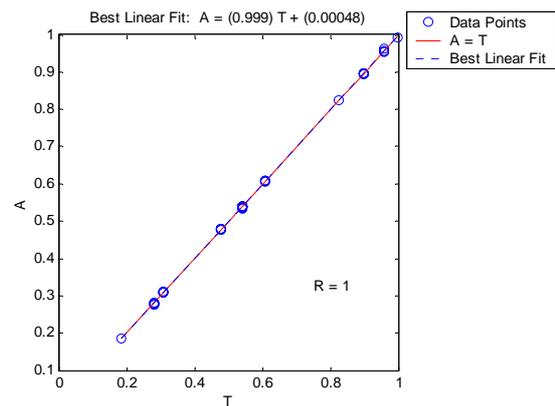
Selanjutnya akan digunakan algoritma pembelajaran backpropagation *levenberg marquardt*, pada jaringan syaraf dengan 1 lapisan dan 10 neuron pada lapisan tersembunyi tersebut, menggunakan parameter-parameter sebagai berikut:

- Maksimum epoch = 10000
- Toleransi error minimum = 10^{-6} .
- Laju pembelajaran = 1

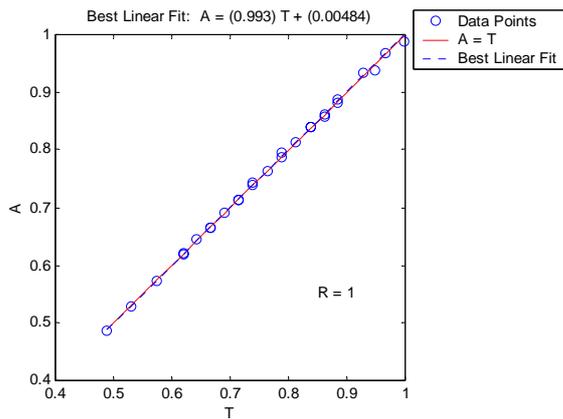
Gambar 1 menunjukkan grafik error pelatihan sampai 10000 epoh, diperoleh *mean square error* (MSE) sebesar $9,854 \times 10^{-7}$.



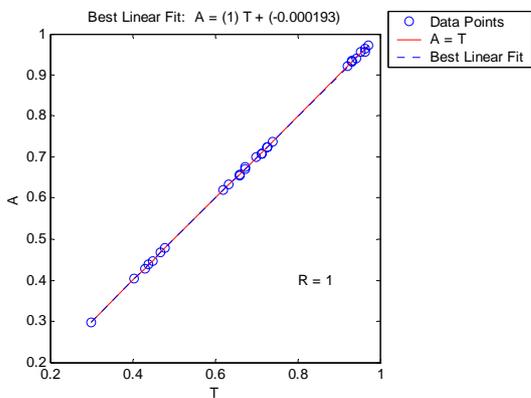
Gambar 1. Grafik error pelatihan



Gambar 2. Grafik koefisien korelasi target & ouput jaringan Kelas-1.



Gambar 3. Grafik koefisien korelasi target & output jaringan Kelas-2.



Gambar 4. Grafik koefisien korelasi target & output jaringan Kelas-3.

Hasil akhir memberikan nilai yang sama persis antara target output dengan output jaringan, terlihat dengan nilai koefisien korelasi = 1 (Gambar 2 – 4).

3.4 Hasil pengujian

3.4.1 Hasil pengujian terhadap data pelatihan

Pengujian jaringan syaraf dilakukan terhadap data pelatihan dan data pengujian. Hasil pengujian terhadap data pelatihan dapat dilihat pada Tabel 4.

Output jaringan diperoleh dengan mengambil kelas yang memiliki derajat keanggotaan terbesar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa output jaringan memiliki nilai yang tepat sama dengan target.

Tabel 4. Hasil pengujian data pelatihan

Data ke-	Derajat keanggotaan			Target	Output Jaringan
	1	2	3		
1	0,9924	0,7631	0,2979	1	1
2	0,9540	0,8601	0,4478	1	1
3	0,6078	0,6644	0,4375	2	2
4	0,9576	0,8860	0,4292	1	1
5	0,8993	0,9797	0,6723	2	2
6	0,5382	0,7901	0,6580	2	2
7	0,6068	0,7131	0,4029	2	2
8	0,5382	0,8155	0,6328	2	2
9	0,3101	0,6164	0,6199	3	3
10	0,9555	0,8383	0,4677	1	1
11	0,8978	0,9337	0,7241	2	2
12	0,5382	0,7419	0,7126	2	2
13	0,8981	0,9387	0,6971	2	2
14	0,8203	0,9740	0,9552	2	2
15	0,4777	0,8600	0,9515	3	3
16	0,5390	0,7920	0,6587	2	2
17	0,4750	0,8841	0,9300	3	3
18	0,2867	0,6896	0,9235	3	3
19	0,6069	0,6186	0,4780	2	2
20	0,5385	0,7139	0,7372	3	3
21	0,3102	0,5283	0,7235	3	3
22	0,5391	0,7409	0,7112	2	2
23	0,4800	0,8375	0,9783	3	3
24	0,2772	0,6439	0,9614	3	3
25	0,3087	0,5719	0,6711	3	3
26	0,2834	0,6655	0,9436	3	3
27	0,1767	0,4894	0,9294	3	3

3.4.2 Hasil pengujian terhadap data pengujian

Untuk melakukan pengujian terhadap data-data pada Tabel 2, terlebih dahulu harus dicari Nilai Penyusutan, Nilai Kenaikan Derajat Keasaman, dan Nilai Cacat Kemasan berdasarkan persamaan 5. Misalkan untuk data pertama: Penyusutan = 0,02 liter; Kenaikan derajat keasaman = 0,03 (3%); dan Cacat kemasan = 0,07 (7%), maka:

$$\text{NilaiPenyusu} \tan(0,02) = 2 \left[\frac{0,02 - 0,01}{0,1 - 0,01} \right]^2 = 0,0247$$

$$\text{NilaiKenaikanDerajatKeasaman}(0,03) = 1 - 2 \left[\frac{0,05 - 0,03}{0,05 - 0,001} \right]^2 = 0,6668$$

$$\text{NilaiCacatKemasan}(0,07) = 2 \left[\frac{0,07 - 0,01}{0,5 - 0,01} \right]^2 = 0,03$$

Demikian pula untuk data-data yang lain, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Selanjutnya dengan menggunakan bobot-bobot akhir yang telah diperoleh selama proses pembelajaran, maka dihasilkan klasifikasi terhadap data pengujian seperti terlihat pada Tabel 6.

Dari Tabel 6 tersebut dapat terlihat bahwa produk ke-5, 6, 10, 14, 15, 17 dan 18 termasuk dalam kategori kualitas BAIK. Produk ke-1, 2, 4, 7, 8, 12, 16, 19 dan 20 termasuk dalam kategori kualitas CUKUP. Produk ke-3, 11, dan 13 termasuk dalam kategori kualitas BURUK.

Tabel 5. Nilai variabel input

Data ke-	Nilai Penyusutan	Nilai kenaikan Derajat Keasaman	Nilai cacat Kemasan
1	0,0247	0,6668	0,0300
2	0,2222	0,0208	1,0000
3	0,6049	1,0000	0,3007
4	0,0000	0,0675	1,0000
5	0,0988	0,0300	0,6668
6	0,0247	0,3007	0,0133
7	0,0247	0,6668	0,0208
8	0,0000	0,6668	0,3007
9	0,7778	0,4032	0,1633
10	0,0247	0,0675	0,0033
11	1,0000	1,0000	0,0208
12	0,6049	0,9792	0,0008
13	1,0000	1,0000	0,1008
14	0,0000	0,0533	0,0300
15	1,0000	0,0000	0,6668
16	0,9012	0,3007	0,0000
17	0,0988	0,0533	0,0533
18	0,0988	0,0675	0,6668
19	0,0000	0,9167	0,1633
20	0,0247	1,0000	1,0000

Tabel 6. Perbandingan hasil pengujian antara fuzzy backpropagation & jaringan probabilistik

Data ke-	Hasil	
	Jaringan Probabilistik	Fuzzy Backpropagation
1*	1	2
2	2	2
3	3	3
4	2	2
5	1	1
6	1	1
7*	1	2
8	2	2
9*	2	3
10	1	1
11	3	3
12	2	2
13	3	3
14	1	1
15*	3	1
16	2	2
17	1	1
18	1	1
19	2	2
20*	3	2

Tabel 6. Hasil pengujian data pengujian

Data ke-	Derajat keanggotaan			Kecenderungan Kualitas (Kelas ke-)
	1	2	3	
1	0,8957	0,8984	0,5804	2
2	0,5709	0,7262	0,6776	2
3	0,4044	0,8888	0,9461	3
4	0,6773	0,7558	0,3949	2
5	0,9979	0,0007	0,0000	1
6	0,9813	0,8949	0,4935	1
7	0,9010	0,8929	0,5423	2
8	0,6700	0,9587	0,9859	2
9	0,6842	0,9473	0,9624	3
10	0,9898	0,8105	0,3821	1
11	0,3051	0,5869	0,6998	3
12	0,5143	0,7858	0,6789	2
13	0,2913	0,6352	0,7824	3
14	0,9889	0,8270	0,4650	1
15	0,9223	0,0002	0,0000	1
16	0,7168	0,8131	0,6828	2
17	0,9846	0,8864	0,6241	1
18	0,9974	0,0013	0,0000	1
19	0,5466	0,8816	0,8520	2
20	0,3140	0,6338	0,6283	2

3.4.3 Perbandingan dengan jaringan probabilistik

Kusumadewi (2004), telah melakukan klasifikasi terhadap data yang sama dengan menggunakan jaringan probabilistik. Pengujian terhadap data pelatihan menunjukkan hasil yang 100% benar, seperti layaknya pada *fuzzy backpropagation*. Sedangkan hasil pengujian terhadap data pengujian menggunakan jaringan probabilistik tersebut dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Dari hasil tersebut, terlihat adanya 5 perbedaan hasil, yaitu data ke-1, 7, 9, 15 dan 20.

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. kualitas produk dapat diklasifikasikan dengan menggunakan *fuzzy backpropagation*.
2. dengan menggunakan fuzzy backpropagation ini, dapat diketahui derajat kualitas produk dalam kelas atau kategori tertentu.
3. hasil perbandingan data pengujian, antara *fuzzy backpropagation* dan jaringan probabilistik, terdapat 5 perbedaan hasil.

PUSTAKA

[1] Cox, Earl. 1994. *The Fuzzy Systems Handbook (A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems)*. Massachusetts: Academic Press, Inc

[2] Fausett, Laurence. 1994. *Fundamentals of Neural Networks (Architectures, Algorithms, and Applications)*. New Jersey: Prentice-Hall.

[3] Kusumadewi, Sri. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB dan ExcelLink*. Graha Ilmu, Yogyakarta

[4] Lin, Chin-Teng; dan Lee, George. 1996. *Neural Fuzzy Systems*. London: Prentice-Hall

