



Sistem Pengenalan Aroma Teh Dalam Instrumen Penciuman Elektronik Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan

Suwardi

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Bengkulu

Diterima 14 Juni 2012; Disetujui 29 Juni 2012

Abstrak - Penelitian ini merupakan pengembangan pembuatan instrumen penciuman elektronik untuk klasifikasi kualitas teh. Hasil uji kinerja bagian pengindra instrumen ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik. Untuk melengkapi bagian pengenalan pola instrumen penciuman elektronik, maka penelitian ini difokuskan pada pembangunan jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan sinyal keluaran bagian pengindra. Sampel penelitian berupa enam jenis teh dalam kondisi kering dideteksi aromanya menggunakan instrumen penciuman elektronik. Sinyal yang dihasilkan oleh instrumen penciuman elektronik kemudian diproses lanjut dengan melakukan ekstraksi ciri dan normalisasi untuk membangun jaringan syaraf tiruan. Arsitektur jaringan syaraf tiruan yang dibangun berupa multilayer perceptron propagasi balik. Konfigurasinya adalah empat neuron lapisan masukan disesuaikan jumlah sensor gas yang digunakan dalam instrumen penciuman elektronik, lapisan tersembunyi dengan jumlah neuron yang divariasikan maksimal 100, dan enam neuron lapisan keluaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada toleransi kesalahan 0,01, sistem mampu mengenali data-data yang dilatihkan 83%, dan 67% untuk data-data yang tidak dilatihkan. Kondisi sistem optimal saat jumlah neuron layar tersembunyi 20 neuron, laju belajar 1,00 dan momentumnya 0,50. Kemudian dilakukan optimasi lanjutan untuk meningkatkan akurasi sistem dengan memperkecil toleransi kesalahan menjadi 0,001 dengan hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi sistem dalam mengenali pola-pola yang dilatihkan meningkat menjadi 100% dan 91% untuk pola-pola yang tidak dilatihkan.

Kata Kunci: instrumen penciuman elektronik, jaringan syaraf tiruan, teh

1. Pendahuluan

Instrumen penciuman elektronik (*e-nose*) merupakan seperangkat instrumen cerdas yang didesain untuk mendeteksi dan membedakan aroma dengan menggunakan larik sensor gas [4]. Saat ini *e-nose* telah banyak digunakan sebagai instrumen kontrol kualitas teh. Kualitas teh dapat dibedakan dengan tiga parameter yaitu aroma, rasa dan warna. Mayoritas industri teh menggunakan metode *taster* manusia untuk menentukan kualitas teh yang diproduksinya. Metode ini efektif untuk menentukan kualitas teh berdasarkan warna, tetapi kurang efektif untuk penentuan kualitas teh berdasarkan aroma. Pengalaman, kesehatan, dan kondisi psikologis *taster* sangat mempengaruhi hasil evaluasinya. Oleh karena itu *e-nose* merupakan metode alternatif dalam pengujian kualitas teh yang cepat, akurat, dan terkomputerisasi.

Instrumen penciuman elektronik terdiri dari dua bagian, yaitu bagian pengindra berupa larik sensor gas terintegrasi dengan rangkaian elektronik yang fungsinya

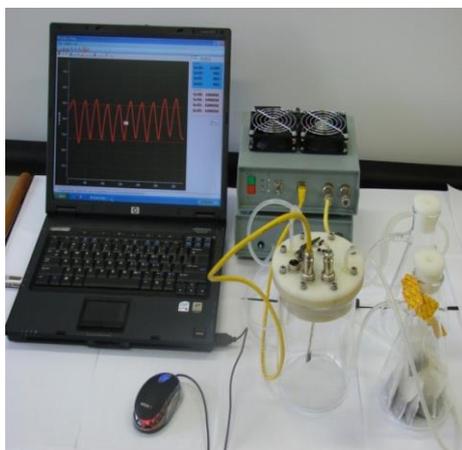
sama dengan sel penerima dalam hidung manusia dan bagian pengenalan pola berupa jaringan syaraf tiruan yang fungsinya sama dengan sistem syaraf pada otak manusia [8]. Bagian pengindra dalam penelitian ini berupa empat sensor gas (TGS 880, TGS 826, TGS 822 dan TGS 825) yang disusun membentuk larik sensor gas. Pengujian bagian pengindra *e-nose* ini telah dilakukan dengan menggunakan beberapa sampel teh. Hasilnya menunjukkan bahwa walaupun setiap sensor didesain hanya sensitif terhadap aroma tertentu, namun setelah disusun secara kolektif dalam bentuk larik sensor gas, sinyal keluaran masing-masing sensor akan memberikan kontribusi dalam membentuk pola unik pada setiap sampel teh yang dideteksi. Oleh karena itu penggunaan empat sensor gas ini dianggap sudah merepresentasikan aroma teh dengan pola yang dibentuk oleh keluaran keempat sensor gas [6]. Bagian pengindra juga dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembaban untuk mengetahui suhu dan kelembaban pada tabung sensor selama proses pengukuran.

Untuk menyempurnakan sistem dan meningkatkan kinerja *e-nose*, maka penelitian ini menitikberatkan pembuatan bagian pengenalan pola menggunakan jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan pada penelitian ini menggunakan algoritma propagasi balik yang berdasarkan beberapa literatur terbukti mudah pembuatannya, mempunyai proses pembelajaran yang cepat dan berkemampuan tinggi mengenali pola, sehingga memungkinkan sistem dapat berlaku adaptif yaitu melakukan proses pembelajaran kembali setiap mengenali suatu aroma baru.

2 Metode Penelitian

2.1. Pengukuran Aroma.

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran instrumen penciuman elektronik (*e-nose*) merk Enablue produksi Laboratorium Fismatel Jurusan Fisika FMIPA UGM (Gambar 1). Bahan penelitian adalah enam jenis sampel teh hitam (BP1, BP2, DUST 1, DUST2, BT2, dan BBL) dalam kondisi kering yang diperoleh dari Pusat Penelitian Teh dan Kina Balitbang Departemen Pertanian di Jawa Barat. Setiap jenis sampel dibungkus sebanyak 50 bungkus (5 gram/bungkus) menggunakan kertas khusus berpori-pori halus agar aroma teh dapat dideteksi dengan baik.



Gambar 1. Instrumen penciuman elektronik

Sampel sebanyak 50 gram (10 bungkus) diletakkan dalam tabung sampel, kemudian mengaktifkan program akuisisi data instrumen penciuman elektronik dan aroma sampel yang berada dalam tabung sampel akan didorong oleh pompa sampel ke tabung sensor untuk dideteksi oleh larik sensor gas. Respon larik sensor terhadap aroma teh berupa perubahan resistansi setiap sampel yang

mengakibatkan perubahan tegangan listrik pada sensor. Data perubahan tegangan listrik semua jenis sampel ini disimpan dalam komputer dengan ketentuan setiap jenis sampel dilakukan lima kali pengukuran.

2.2. Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri adalah proses mencari ciri aroma setiap jenis teh dengan cara menganalisa sinyal keluaran *e-nose* yang berupa grafik perubahan tegangan larik sensor gas. Analisa sinyal yang dimaksud adalah proses menentukan besar perubahan tegangan sensor dengan mengukur tegangan puncak ke puncak (V_{pp}) saat larik sensor gas mendeteksi aroma sampel teh. Untuk setiap sensor gas diperoleh lima nilai perubahan tegangan dan dirata-ratakan untuk menentukan satu nilai yang mewakili keluaran masing-masing sensor gas. Hasil ekstraksi ciri ini selanjutnya dinormalisasi untuk menjaga kekonsistenan data sehingga interval data menjadi seragam antara 0 – 1. Data-data ternormalisasi inilah yang menjadi data masukan (data latih dan data uji) dalam pembangunan jaringan syaraf tiruan sebagai sistem pengenalan pola.

2.3. Sistem Pengenalan Pola Aroma.

Sistem pengenalan pola yang dibangun dalam penelitian ini menggunakan jaringan syaraf tiruan propagasi balik. Jaringan syaraf tiruan ini dirancang untuk mengenali enam jenis aroma teh. Vektor masukan jaringan syaraf tiruan berupa vektor ciri hasil pengukuran aroma teh dengan ukuran 4×1 dan vektor target berukuran 1×6 . Prosedur algoritma perambatan balik adalah sebagai berikut:

Umpan maju

1. Setiap unit masukan (X_n , $n = 1, \dots, n$) menerima sinyal - sinyal masukan x_n dan mengirimkan sinyal-sinyal tersebut ke unit-unit tersembunyi.
2. Setiap unit tersembunyi (I_h , $h = 1, \dots, h$) menjumlahkan bobotnya dengan sinyal masukan:

$$i_{in_h} = \theta_{hn} + \sum_n x_n W_{hn} \dots \dots \dots (1)$$

Menerapkan fungsi aktivasinya untuk menghitung sinyal keluarannya dan mengirimkannya ke lapisan keluaran:

$$I_h = f(i_{in_h}) \dots \dots \dots (2)$$

3. Setiap unit keluaran (O_k , $k = 1, \dots, k$) menjumlahkan bobotnya dengan sinyal masukan:

$$o_{in_k} = \theta_{kh} \sum_h x_h w_{kh} \dots\dots\dots (3)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya :

$$o_k = f(o_{in_k}) \dots\dots\dots (4)$$

Perhitungan dan perambatan balik kesalahan

1. Pada setiap unit keluaran (O_k , $k = 1, \dots, k$) menerima sebuah pola keluaran target yang berhubungan dengan pola masukan pelatihan, untuk menghitung informasi kesalahannya:

$$\delta_k = (t_k - o_k) f'(o_k) \dots\dots\dots (5)$$

Selanjutnya menghitung besar koreksi bobotnya (untuk memperbaiki w_{kh}).

$$\Delta w_{kh} = \alpha \delta_k I_h \dots\dots\dots (6)$$

Lalu menghitung besar koreksi biasnya (untuk memperbaiki θ_{kh}).

$$\Delta \theta_{kh} = \alpha \delta_k \dots\dots\dots (7)$$

dan mengirimkan δ_k ke unit-unit lapis tersembunyi.

1. Pada setiap unit tersembunyi (I_h , $h = 1, \dots, h$) masukan deltanya (dari unit-unit lapis keluaran) dijumlahkan.

$$\delta_{in_h} = \sum_k \delta_k w_{kh} \dots\dots\dots (8)$$

Hasil ini selanjutnya digunakan untuk menghitung besar informasi kesalahannya,

$$\delta_h = \delta_{in_h} f'(I_h) \dots\dots\dots (9)$$

Lalu menghitung besar koreksi bobotnya (untuk memperbaiki w_{hn}),

$$\Delta w_{hn} = \alpha \delta_h x_n \dots\dots\dots (10)$$

Dan menghitung koreksi biasnya (untuk memperbaiki θ_{hn}),

$$\Delta \theta_{hn} = \alpha \delta_h \dots\dots\dots (11)$$

Perbaiki bobot dan bias

1. Masing-masing unit keluaran O_k , ($k = 1, \dots, k$) diperbaiki bobot dan biasnya.

$$w_{kh} (baru) = w_{kh} (lama) + \Delta w_{kh} \dots\dots (12)$$

$$\theta_{kh} (baru) = \theta_{kh} (lama) + \Delta \theta_{kh} \dots\dots\dots (13)$$

1. Masing-masing unit tersembunyi (I_h , $h = 1, \dots, h$) diperbaiki bobot dan biasnya.

$$w_{hn} (baru) = w_{hn} (lama) + \Delta w_{hn} \dots\dots (14)$$

$$\theta_{hn} (baru) = \theta_{hn} (lama) + \Delta \theta_{hn} \dots\dots (15)$$

2. Proses berhenti pada saat koreksi kesalahan mencapai minimum.

Untuk mempercepat konvergensi jaringan menggunakan penambahan momentum untuk perbaikan bobot. Perumusan bobot unit keluaran perambatan balik dengan momentum seperti persamaan berikut.

$$w_{kh}(t+1) = w_{kh}(t) + \alpha \delta_k I_h + \mu [w_{kh}(t) - w_{kh}(t-1)] \dots\dots\dots (16)$$

atau

$$\Delta w_{kh}(t+1) = \alpha \delta_k I_h + \mu \Delta w_{kh}(t) \dots\dots\dots (17)$$

perbaikan pada unit tersembunyi :

$$w_{hn}(t+1) = w_{hn}(t) + \alpha \delta_h x_n + \mu [w_{hn}(t) - w_{hn}(t-1)]$$

atau

$$\Delta w_{hn}(t+1) = \alpha \delta_h x_n + \mu \Delta w_{hn}(t) \dots\dots\dots (18)$$

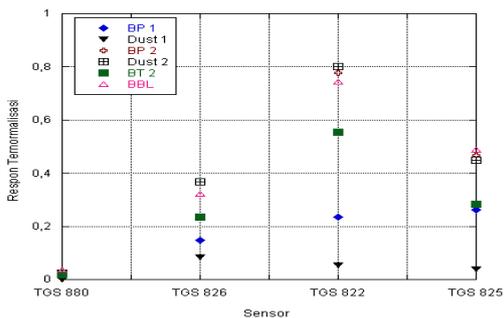
Setelah pelatihan, sebuah jaringan syaraf tiruan perambatan balik hanya menggunakan tahap umpan maju untuk prosedur pengujian. Hasil perhitungan aktivasi Y_k dari proses umpan maju pengujian merupakan keluaran akhir jaringan. Untuk inialisasi bobot awalnya digunakan bobot-bobot hasil pelatihan.

3. Hasil dan Pembahasan.

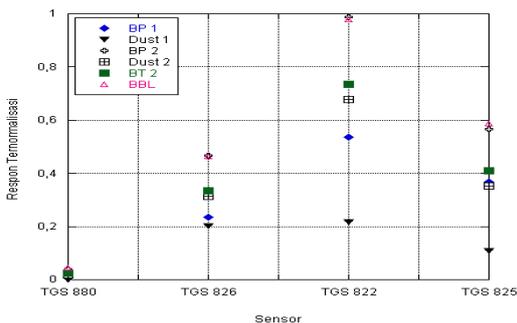
a. Pembangunan dan Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan

Pengukuran aroma enam jenis teh hitam menghasilkan 30 pola sinyal keluaran larik sensor gas dan dilakukan proses ekstraksi ciri dan normalisasi seperti diilustrasikan pada Gambar 2 sampai 6. Perbedaan pola terlihat jelas pada pola-pola, teh hitam Dust 1 dan BP 1 menghasilkan perubahan tegangan lebih kecil dibanding perubahan tegangan yang dihasilkan oleh jenis BP 2, Dust 2, BT 2, dan BBL. Hal ini diduga sangat dipengaruhi oleh jumlah dan komposisi kandungan gas dari masing-masing sampel [2]. Pola-pola sinyal respon larik sensor gas terhadap enam jenis teh hitam ini selanjutnya dibagi menjadi dua kelompok, kelompok pertama sebagai data

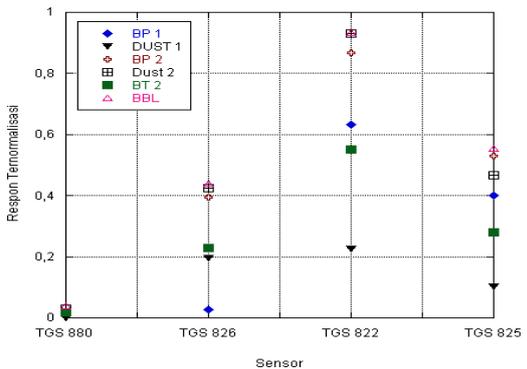
pelatihan sebanyak 24 pola dan kelompok kedua sebagai data pengujian jaringan sebanyak 6 pola.



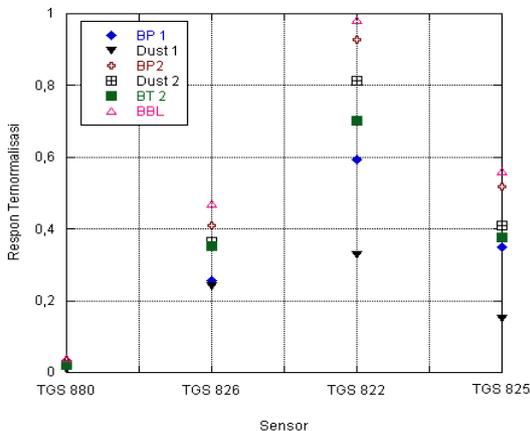
Gambar 2. Pola sinyal keluaran e-nose (Pengukuran Pertama)



Gambar 4. Pola sinyal keluaran e-nose (Pengukuran Ketiga)



Gambar 5. Pola sinyal keluaran e-nose (Pengukuran Keempat)



Gambar 6. Pola sinyal keluaran e-nose (Pengukuran Kelima)

Jaringan syaraf tiruan sebagai sistem pengenalan pola aroma teh ini didesain menggunakan arsitektur multilayer perceptron dan algoritma propagasi balik. Jumlah neuron lapisan masukan 4 buah sesuai dengan jumlah sensor gas dan lapisan keluaran berjumlah 6 buah sesuai dengan jumlah jenis teh yang akan diklasifikasikan. Jumlah neuron lapisan tersembunyi dirancang fleksibel dengan jumlah neuron maksimum 100 buah. Nilai momentum dan laju belajar sebagai parameter pelatihan didesain dapat divariasikan dari 0 sampai 1 dan fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi sigmoid biner (Tabel 1). Lapisan masukan menerima sinyal pola aroma teh, kemudian melewatkannya ke lapisan tersembunyi, yang akan diteruskan ke lapisan keluaran [5]. Pemilihan arsitektur ini didasari pemikiran arsitektur ini paling banyak digunakan dalam suatu aplikasi, dan pemilihan algoritma propagasi balik karena proses pelatihannya sederhana, yaitu jika keluaran memberikan hasil yang salah maka bobot dikoreksi supaya kesalahannya dapat diperkecil dan respon jaringan selanjutnya mendekati harga yang benar [1]. Implementasi jaringan syaraf tiruan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0.

Gambar 5. Pola sinyal keluaran e-nose (Pengukuran Kedua)

Tabel 1. Desain arsitektur jaringan syaraf tiruan

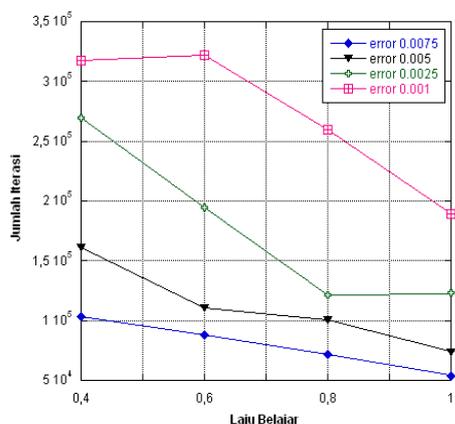
No	Komponen	Jumlah
1.	Jumlah lapisan jaringan	3 lapisan
2.	Neuron lapisan masukan	4 buah
3.	Neuron lapisan keluaran	6 buah
4.	Neuron lapisan tersembunyi	1 – 100 buah
5.	Laju belajar dan momentum	0 – 1
6.	Fungsi aktivasi	Sigmoid biner
7.	Algoritma belajar	Propagasi balik
8.	Paradigma pembelajaran	Supervised
9.	Arsitektur	MILP

Proses pelatihan jaringan dilakukan menggunakan data Gambar 5. Pola sinyal keluaran e-nose pelatihan yang disusun secara berpasangan antara pola masukan dengan target keluaran. Pola masukan merupakan kombinasi dari keluaran empat sensor gas dan target keluarannya dinyatakan dalam bilangan biner (Tabel 2) yang mengkodekan jenis teh hitam. Sistem keluaran enam digit untuk identifikasi enam pola keluaran sangat baik dimana masing-masing pola yang diujikan hanya diwakili oleh satu pemenang, selain itu semua berupa angka nol. Hal inilah yang menyebabkan jaringan mampu memperkecil kesalahan identifikasi jaringan terhadap pola yang akan diujikan [7].

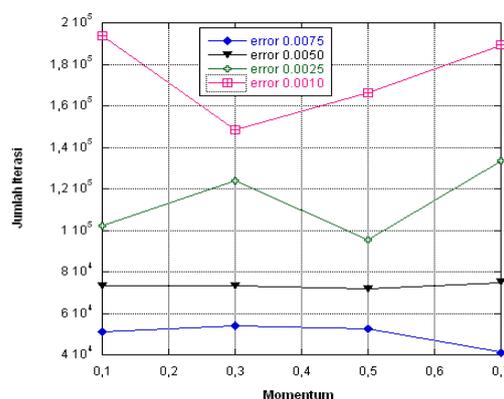
Tabel 2. Target keluaran jaringan

No	Target Keluaran	Klasifikasi Teh
1	1 0 0 0 0 0	BP 1
2	0 1 0 0 0 0	Dust 1
3	0 0 1 0 0 0	BP 2
4	0 0 0 1 0 0	Dust 2
5	0 0 0 0 1 0	BT 2
6	0 0 0 0 0 1	BBL

Untuk mencari konfigurasi jaringan optimal dilakukan optimasi jaringan yang indikatornya adalah jumlah iterasi dan jumlah neuron paling sedikit dalam mencapai konvergensi. Pada pelatihan awal dilakukan dengan cara memvariasikan jumlah neuron lapisan tersembunyi, nilai laju belajar, nilai momentum pada toleransi kesalahan 0.01. Hasil optimasi jaringan pada toleransi kesalahan 0.01 menunjukkan jaringan optimal adalah 4 – 20 – 6 dengan laju belajar 1 dan momentum 0.3. Hasil ini selanjutnya digunakan untuk melakukan proses optimasi lanjutan, yaitu: optimasi laju belajar dan momentum pada berbagai toleransi kesalahan menggunakan konfigurasi jaringan 4 – 20 – 6. Dengan menggunakan laju belajar 1 dan momentum 0.3 dilakukan optimasi jumlah neuron lapisan tersembunyi pada berbagai toleransi kesalahan. Hasil optimasi lanjutan ini menunjukkan bahwa perubahan laju belajar memberikan kontribusi besar terhadap jumlah iterasi saat mencapai konvergen (Gambar 7). Semakin besar laju belajar kecenderungannya makin sedikit jumlah iterasi yang dibutuhkan jaringan dalam mencapai konvergensi (kecuali pada toleransi kesalahan 0.0025). Namun untuk momentum kecenderungannya itu tidak berlaku dan setiap toleransi kesalahan memiliki satu nilai momentum yang optimal (Gambar 8).



Gambar 7. Hubungan laju belajar dengan jumlah iterasi.



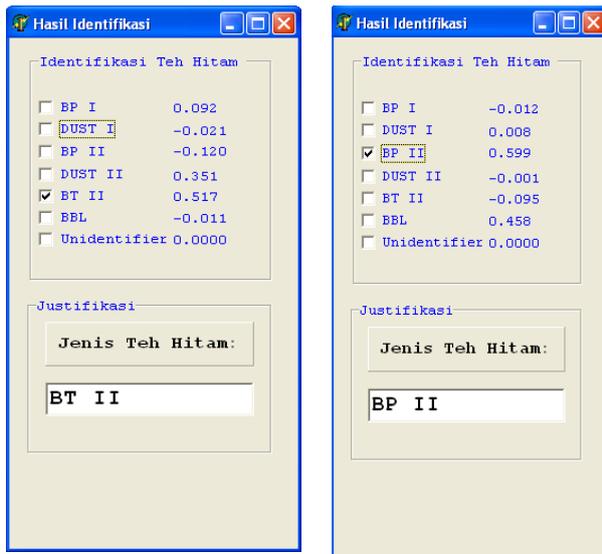
Gambar 8. Hubungan momentum dengan jumlah iterasi.

Sedangkan pengaruh jumlah neuron lapisan tersembunyi pada berbagai tingkat toleransi kesalahan menunjukkan jumlah neuron optimal untuk tiap toleransi kesalahan berbeda-beda. Namun berdasarkan hasil optimasi jumlah neuron lapisan tersembunyi dapat diketahui bahwa jumlah neuron optimal berada pada interval 20 – 30.

3.2. Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan memori dan generalisasi jaringan syaraf tiruan yang dibuat. Semua data baik data yang dilatihkan maupun yang tidak dilatihkan disimpan secara individu. Misalkan pola data teh hitam BP 1 sebanyak lima buah, data disimpan satu persatu agar mempermudah proses pengujian.

Jaringan optimal yang diperoleh dari proses pelatihan dan optimasi, selanjutnya digunakan untuk pengujian jaringan. Hasil pengujian pengujian jaringan pada toleransi kesalahan 0.01 menunjukkan bahwa jaringan mampu mengenali pola-pola yang dilatihkan dengan tingkat akurasi 83% dan mampu mengenali pola-pola yang tidak dilatihkan dengan tingkat akurasi 67%. Hasil lainnya pada tingkat toleransi kesalahan 0.01 ini, keluaran jaringan saat dilakukan pengujian masih ada yang *ambiguous*. Sebagai contoh pada saat jaringan diuji dengan teh hitam jenis BT 2, jaringan mengenalinya sebagai BT 2 dengan keluaran 0.517 dan mengenali sebagai jenis Dust 2 dengan keluaran 0.351. Hal ini berarti keluaran jaringan mendua, mengenali teh yang diujikan tersebut sebagai BT 2 dengan akurasi 51.7% dan mengenali sebagai Dust 2 dengan akurasi 35.1% (Gambar 9).



Gambar 9. Ambiguitas keluaran jaringan saat pengujian pada toleransi kesalahan 0.01.

Tabel 3. Tingkat akurasi jaringan syaraf tiruan pada toleransi kesalahan berbeda

No	Toleransi Kesalahan	Akurasi	
		Data dilatih	Data tidak dilatih
1.	0.01	83 %	67 %
2.	0.001	100 %	91 %

Untuk mengatasi keluaran yang mendua di atas dilakukan optimasi lanjutan dengan memperkecil toleransi kesalahan secara berjenjang sampai 0.001 [3]. Optimasi lanjutan ini selain berhasil meningkatkan kemampuan memori dan generalisasi jaringan juga berhasil menghilangkan keluaran-keluaran yang mendua. Hasil pengujian pada toleransi kesalahan 0.001 menunjukkan bahwa kemampuan memori jaringan dalam mengenali pola-pola yang dilatihkan akurasinya meningkat menjadi 100% dan mampu mengenali pola-pola yang tidak dilatihkan dengan akurasi 91% (Tabel 3).

4. Kesimpulan

4.1. Simpulan.

1. Telah berhasil dibangun jaringan syaraf tiruan sebagai sistem pengenalan pola dalam instrumen penciuman elektronik untuk mengenali kualitas teh hitam dengan memanfaatkan aromanya.
2. Akurasi jaringan syaraf tiruan dalam mengenali pola-pola yang dilatihkan pada toleransi kesalahan 0,001 mencapai 100%, sedangkan dalam mengenali pola-pola yang tidak dilatihkan akurasinya 91% .

4.2. Saran-Saran.

1. Perlu memperbanyak jumlah pola yang dilatihkan untuk meningkatkan kemampuan generalisasi jaringan dan dicobakan variasi jumlah lapisan tersembunyi untuk mengetahui pengaruhnya dalam optimasi jaringan.
2. Perlu otomatisasi proses ekstraksi ciri sinyal untuk meminimalisasi *human error* dan meningkatkan akurasi jaringan.
3. Perangkat lunak yang dihasilkan masih bersifat *stand alone* sehingga perlu dikoneksikan dengan perangkat kerasnya dengan membuat program interfacingnya.

Daftar Pustaka

- [1] Bermak, A., Belhouari, S.B., Shi, M., & Martinez, D., 2006, *Pattern recognition techniques for odour discrimination in gas sensor array*, Encyclopedia of Sensor, American Scientific Publisher 10, 1.
- [2] Bhattacharyya, N., Seth, S., Tudu, B., Tamuly, P., Jana, A., Ghosh, D., Bandyopadhyay, R., Bhuyan, M., & Sabhapandit, S., 2007, *Detection of optimum fermentation time for black tea manufacturing using electronic nose*, Sensor and Actuators B 122, 627.
- [3] Dutta, R., Hines, E.L., Gardner, J.W., Kashwan, K.R., & Bhuyan, M., 2003, *Tea quality prediction using a tin oxide-based electronic nose: an artificial intelligence approach*, Sensors and Actuators B 94, 228.
- [4] Gardner, J.W., & Bartlett, P.N., 1994, *A brief history of electronic noses*, Sensor and Actuators B 18, 210.
- [5] Iswanto, B.H., 1996, *Prototipe hybrid expert system untuk analisis spectrum inframerah*, Tesis Magister, Pascasarjana ITB, Bandung.
- [6] Rahayu, S., Nugroho, J., Kustamiyati., & Rohdiana, D., 2007, *Perancangan hidung elektronik untuk penentuan kualitas the*, Laporan penelitian, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM, Yogyakarta.
- [7] Subekti, R.M., 1997, *Analisis data keluaran renograf dual probe (BI-756) menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi kondisi ginjal pasien*, Skripsi, Jurusan Teknik Nuklir, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- [8] Triyana, K., 1997, *Prototipe metoda identifikasi keluaran sistem sensor penciuman dengan jaringan neural artifisial*, Tesis Magister, Pascasarjana