

IDENTIFIKASI AROMA TEH DENGAN E-NOSE MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGATION

Ozil Afindra Putra¹, Firdaus², Mohammad Hafiz Hersyah^{3*}

^{1,3} Jurusan Sistem Komputer UNAND

² Teknik Elektro Politeknik Padang, Padang

Jl. Universitas Andalas, Limau Manis, Pauh, Padang, Sumatera Barat 25163

*E-mail : mohammadhafizhersyah@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini digunakan *E-Nose* yang menggunakan sensor gas TGS 2602, TGS 2620, TGS 2610, TGS 2622, dan TGS 822. Teh yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah teh hitam, teh hijau, teh melati, dan teh oolong. Pola data diperoleh dari pembacaan data dari aroma teh yang diujikan. Pola data tersebut lalu diolah menggunakan metode *Backpropagation* dengan 5 *node input*, 6 *node hidden layer*, dan 2 *node output*. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat yang digunakan dapat mendeteksi aroma teh dengan tingkat keberhasilan deteksi teh hitam 80%, teh hijau 100%, teh melati 90%, dan teh oolong 80%.

Kata kunci: *E-Nose*, teh, *backpropagation*

ABSTRACT

This project used E-Nose that consist of gas sensor of TGS 2602, TGS 2620, TGS 2610, TGS 2622 and TGS 822. The type of tea will be used in this final project are black tea, green tea, jasmine tea, and oolong tea. The pattern of the data obtained from the reading of the scent of the tested tea. The pattern of the data then processed by using Backpropagation methods with 5 input nodes, 6 hidden layer nodes, and 2 output nodes. From the test results, we can conclude that the tools can detect the scent of the tea with the success rate 80% for black tea, 100% for green tea, 90% for jasmine tea, and 80% for oolong tea.

Keywords : *E-Nose*, tea, *backpropagation*

PENDAHULUAN

Salah satu sifat penting dalam mengukur kualitas suatu teh adalah aroma yang dimiliki oleh masing-masing jenis teh. Pada dasarnya, teh terdiri dari teh hitam, teh hijau, teh oolong, teh putih dan teh dengan aroma tambahan. Untuk membedakan aroma dari masing-masing jenis teh ini masih dirasa sulit. Hal ini disebabkan oleh banyaknya kesukaran teknis dalam penentuannya diantaranya adalah konsentrasinya yang kecil, metode analisa, serta peralatan yang akan digunakan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat yang dapat mengidentifikasi aroma teh dengan baik dan tepat.

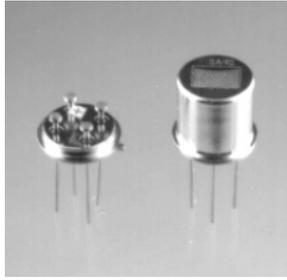
Penggunaan peralatan instrumentasi yang komponennya menggunakan rangkaian sensor gas yaitu *electric nose (e-nose)*, yaitu sebuah alat yang meniru cara kerja hidung manusia. Prinsip kerja *e-nose* menirukan fungsi hidung manusia, yang mana di dalamnya

dijumpai berbagai reseptor pengidentifikasi bau."Reseptor-reseptor ini fungsinya digantikan oleh sensor pada *e-nose*, tiap reseptor yang ada akan memberikan respon yang berbeda dari uap aroma yang sama"^[1].

LANDASAN TEORI

A. Sensor TGS 2602

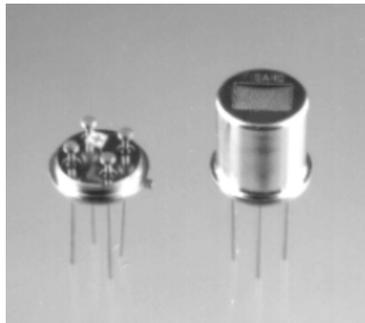
Sensor TGS 2602 dari figaro ini memiliki tingkat sensitivitas dan selektifitas yang baik pada kontaminasi udara terhadap kadar gas di luar ruang seperti amonia dan H₂S, konsentrasi yang rendah dari alkohol. Karena ukuran chip sensor yang kecil, TGS 2602 hanya membutuhkan arus pada pemanas yang kecil pula yakni sebesar 56mA dan komponen ini dirumahkan pada standar paket komponen TO-5. Bentuk Fisik dan rasio hambatan dari sensor TGS 2602 ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Tampilan fisik TGS 2602[2]

B. Sensor TGS 2620

Sensor TGS 2620 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap uap larutan organik selain itu sensitif pula pada gas yang mudah terbakar seperti *karbon monoksida* maupun *hidrogen*. Karena ukurannya yang kecil TGS 2620 hanya memerlukan arus untuk mengendalikan pemanas internal sebesar 42mA. Hubungan antara hambatan sensor terhadap konsentrasi gas adalah linier pada skala logaritmik mulai dari beberapa ppm hingga beberapa ribu ppm. Bentuk fisik dan rasio hambatan dari sensor TGS 2620 ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Tampilan fisik TGS 2620[2]

C. Sensor TGS 2611

Sensor gas TGS 2611 adalah sensor gas yang memiliki sensitifitas tinggi terhadap adanya konsentrasi gas methane disekitar sensor. Sensor gas TGS 2611 ini akan memberikan perubahan resistansi apabila mendeteksi adanya gas methane disekitar sensor. Sensor gas TGS 2611 memiliki konsumsi arus yang rendah sehingga dapat digunakan dalam waktu yang lama. Konsumsi arus utama dari sensor gas TGS 2611 adalah pada bagian heater sensor yaitu 56 mA. Sensor gas TGS 2611 ini memiliki bentuk fisik yang kecil sehingga dapat digunakan dalam perlatan detektor gas yang praktis. Sensor gas TGS 2611 ini membutuhkan sumber tegangan DC +5 volt yang digunakan untuk mengoperasikan heater

pada sensor gas dan memberikan output perubahan tegangan dari perubahan resistansi pada sensor gas TGS 2611 tersebut. Bentuk fisik dan rasio hambatan dari sensor TGS 2611 ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Fisik Sensor TGS 2611[2]

D. Sensor TGS 822

TGS 822 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap uap pelarut organik serta mudah menguap. TGS 822 juga memiliki kepekaan terhadap berbagai gas yang mudah terbakar seperti *karbon monoksida*, sehingga sensor umum digunakan. Juga tersedia dengan keramik dasar yang sangat tahan terhadap lingkungan yang parah setinggi 200 °C.

Elemen penginderaan sensor gas Figaro adalah dioksida timah (SnO_2) semikonduktor yang memiliki konduktivitas rendah di udara bersih. Dengan keberadaan gas terdeteksi, yang meningkatkan konduktivitas sensor tergantung pada konsentrasi gas di udara. Sebuah rangkaian listrik sederhana dapat mengkonversi perubahan konduktivitas untuk sinyal output yang sesuai dengan konsentrasi gas. Bentuk fisik dan rasio hambatan dari sensor TGS 822 ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 Tampilan Fisik TGS 822

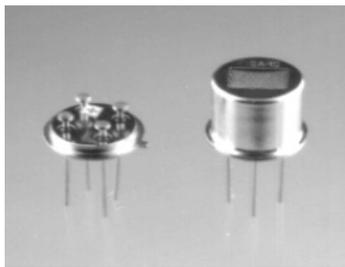
E. Sensor TGS 2610

Sensor gas TGS 2610 adalah suatu jenis semikonduktor oksida logam tebal yang dapat

mendeteksi adanya kebocoran gas LPG, beroperasi dengan konsumsi arus yang rendah dan memiliki daya tahan yang lama dalam penggunaannya. Sensor gas TGS 2610 memiliki sensitivitas yang tinggi sehingga sesuai untuk keperluan pendeteksian kebocoran gas LPG.

Elemen yang digunakan untuk sensor gas TGS 2610 adalah semikonduktor dari bahan dioksida timah (SnO₂) yang mempunyai resistansi yang tinggi pada udara bersih. Jika terdapat gas yang dideteksi, maka resistansi dari sensor gas TGS 2610 akan menurun tergantung pada konsentrasi gas LPG di udara sekitar sensor TGS 2610 diletakan.

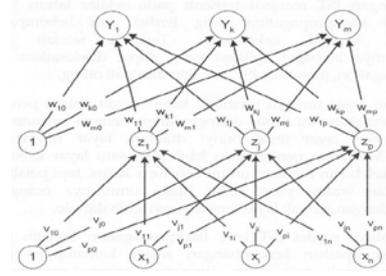
Sensor gas TGS 2610 dapat mendeteksi adanya konsentrasi gas LPG disekitar sensor tersebut. Sensor gas TGS 2610 akan memberikan perubahan resistansi pada saat terdeteksi adanya gas LPG disekitar sensor, dimana semakin kuat konsenstrasi gas LPG yang terdeteksi maka semakin rendah resistansi output sensor gas TGS 2610 dan sebaliknya resistansi membesar apabila tidak terdeteksi adanya gas LPG disekitar sensor. Bentuk fisik dan rasio hambatan dari sensor TGS 2610 ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Fisik Sensor TGS 2610

F. Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation

Jaringan syaraf tiruan adalah paradigma pengolahan informasi yang terinspirasi oleh saraf secara biologis, seperti proses informasi pada otak manusia, cara kerja jaringan syaraf tiruan sama dengan cara kerja manusia yaitu belajar melalui contoh^[7]. Arsitekturnya pada gambar 6.



Gambar 6 Arsitektur Backpropagation

G. Mikrokontroller Arduino

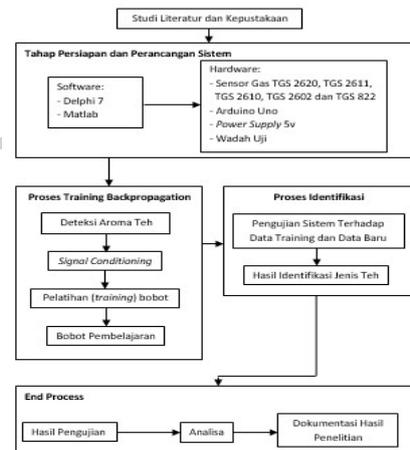
Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino memiliki 14 pin *input/output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, kepala ICSP, dan tombol *reset*. Berikut adalah ilustrasi Arduino pada gambar 7.



Gambar 7. Mikrokontroller Arduino Uno

METODE

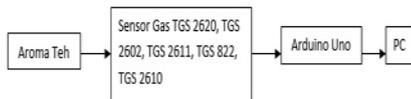
Publikasi ini dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan sekuensial linear. Dengan menggunakan pendekatan tersebut, maka penulis melakukan desain sistem penelitian seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Rancangan Penelitian

H. Perancangan Perangkat Lunak

Dirancang blok diagram yang mempunyai prinsip kerja pada input aroma teh akan diterima oleh beberapa set sensor gas, yaitu; TGS 2620, TGS 2602, TGS 2611, TGS 2610, dan TGS 822. Ketika sensor mendeteksi aroma teh maka resistansi dari sensor akan berubah, dengan menggunakan rangkaian *signal conditioning* yang terdapat di *Arduino Uno*, sinyal akan dirubah kedalam bentuk tegangan. Kemudian sinyal ini akan dikonversikan ke dalam bentuk digital. Sinyal dalam bentuk digital inilah yang akan diteruskan ke PC. Ilustrasi blok diagram pada gambar 3.2.

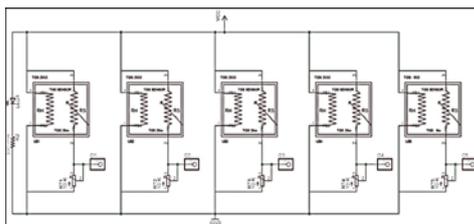


Gambar 9. Perancangan Blok Diagram

Perancangan sensor tahapan berikutnya dimana pada kegiatan ini merupakan rangkaian pengkondisi sinyal yang terdiri dari lima sensor gas TGS yang menggunakan beberapa komponen elektronika untuk mendukung fungsi kerja dari sensor tersebut, yaitu:

- Resistor yang berfungsi untuk memberikan nilai RL dan RS pada rangkaian.
- Jumper header yang berfungsi untuk memngubungkan Vin, GND, dan Vout dengan rangkaian pengkondisi sinyal
- LED yang berfungsi untuk memberi tanda bahwa tegangan telah masuk ke rangkaian sensor.

Berikut adalah ilustrasi perancangan pada gambar 10.

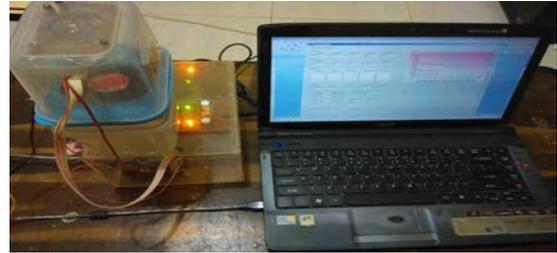


Gambar 10. Perancangan Rangkaian Sensor

I. Perancangan Perangkat Keras

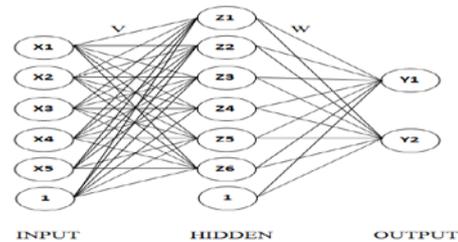
Sistem dirancang untuk dapat mengidentifikasi aroma teh berdasarkan jenisnya. Sistem terdiri atas ruang sensor, wadah uji, *Arduino Uno*, *power supply*, *fan*, dan

PC. Data yang didapat dari respon sensor terhadap aroma teh akan diteruskan ke PC yang akan disimpan untuk proses *training* dan identifikasi menggunakan metode *Backpropagation*. Ilustrasi pada gambar 11.



Gambar 11 Perancangan Perangkat Keras.

Berikutnya adalah perancangan struktur *backpropagation* akan menjadi langkah awal dalam pengembangan AI pada sistem ini. Dalam penelitian ini akan dibangun struktur *backpropagation* dengan rincian: 1 *input layer* 5 *node*, 1 *hidden layer* 6 *node*, dan 1 *output layer* 2 *node*, seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Perancangan Struktur Backpropagation

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor gas TGS 2620, TGS 2602, TGS 2610, TGS 2611, dan TGS 822 memiliki nilai resistansi yang berbeda pada saat mendeteksi gas. *Output* dari sensor ini berupa hambatan, oleh karena itu dibutuhkan rangkaian pengkondisi sinyal untuk mengubah nilai hambatan dari sensor menjadi tegangan. Tegangan input yang diberikan harus konstan dengan nilai tegangan masukan 5 V DC.

Pengujian rangkaian dilakukan dengan cara memberikan sampel teh pada ruang sensor. Sensor TGS memiliki nilai resistansi R_s yang akan berubah ketika mendeteksi bau, nilai R_s dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$R_s = \frac{V_{in} R_t}{V_{out}} - R_t \dots\dots\dots (4.1)$$

Untuk mendapatkan tahanan dalam (R_s) dapat diuji berdasarkan persamaan (4.1),

sebagai berikut: Untuk Nilai $V_{RL} = 0,96$ Volt,
 $V_c = 5$ Volt, dan $R_L = 10$ kOhm

= 42,08kOhm

$$R_s = \frac{V_c \times R_L}{V_{RL}} - R_L$$

Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

$$= \frac{5V \times 10kOhm}{0,96V} - 10kOhm$$

Tabel 1. Data Tahanan Sensor

V_{IN} (V)	V_{RL} (V)	R_L (KOhm)	R_s (Kohm)	V_{IN} (V)	V_{RL} (V)
5	0,96	10	42,08	5	0,96
5	0,89	10	46,18	5	0,89
5	0,81	10	51,73	5	0,81
5	0,75	10	56,67	5	0,75
5	0,72	10	59,44	5	0,72

A. Hasil Training Backpropagation

Tabel 2 merupakan nilai bobot baru yang didapatkan setelah proses *training*.

Tabel 2. Hasil Pembobotan Back-propagation

No.	Bobot	Nilai Bobot	Keterangan	No.	Bobot	Nilai Bobot	Keterangan
1	V_{11}	9.921		21	V_{51}	3.4225	
2	V_{12}	-2.6828		22	V_{52}	43.8909	Nilai Bobot Input ke Z_5
3	V_{13}	-0.4191	Nilai Bobot Input ke Z_1	23	V_{53}	-0.8224	
4	V_{14}	62.7492			24	V_{54}	40.4191
5	V_{15}	-6.538		25	V_{55}	2.8607	
6	V_{21}	-29.6996		26	V_{61}	11.1347	
7	V_{22}	-7.5359		27	V_{62}	15.591	Nilai Bobot Input ke Z_6
8	V_{23}	0.1161	Nilai Bobot Input ke Z_2	28	V_{63}	0.6352	
9	V_{24}	32.9758			29	V_{64}	52.6714
10	V_{25}	25.8708		30	V_{65}	-14.8203	
11	V_{31}	-0.9663		31	V_{10}	-22.9546	
12	V_{32}	14.4633		32	V_{20}	3.5727	
13	V_{33}	-0.4641	Nilai Bobot Input ke Z_3	33	V_{30}	6.4757	Nilai Bobot Bias Input ke Hidden Layer
14	V_{34}	47.7574			34	V_{40}	
15	V_{35}	-24.6521		35	V_{50}	-36.9171	
16	V_{41}	-36.0031		36	V_{60}	6.5101	
17	V_{42}	34.0162		36	W_{11}	-3.0132	
18	V_{43}	4.7635	Nilai Bobot Input ke Z_4	37	W_{12}	-6.6037	
19	V_{44}	-261.1156			38	W_{13}	3.6811
20	V_{45}	-9.7095		39	W_{14}	-38.4534	
				40	W_{15}	-12.031	
				41	W_{16}	12.5919	

42	W_{21}	12.5919	Bobot <i>Hidden</i> ke Y_2
43	W_{22}	-15.3933	
44	W_{23}	-5.8541	
45	W_{24}	73.7581	
46	W_{25}	1.9681	
47	W_{26}	4.8115	Nilai Bobot Bias <i>Hidden</i> Layer ke <i>Output</i> layer
48	W_{10}	0.2942	
49	W_{20}	3.1333	

B. Hasil dan Analisa Identifikasi Teh

Berikut adalah hasil identifikasi dengan beberapa jenis the yaitu : teh hitam, teh hijau, teh melati dan teh oolong pada tabel 3, 4, 5 dan 6.

Tabel 3. Hasil identifikasi teh hitam

Sensor	Teh Hitam				
	P1	P2	P3	P4	P5
TGS 2602	0.62881355	0.69016393	0.601754385	0.563157894	0.619587629
TGS 2620	0.7033898	0.568852455	0.598245614	0.490430622	0.491752577
TGS 2610	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TGS 2611	0.13728813	0.172131147	0.184210526	0.157416267	0.159793814
TGS 822	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
TARGET	0	1	0	1	1
HASIL	Teh Hijau	Teh Hitam	Teh Hijau	Teh Hitam	Teh Hitam

Sensor	Teh Hitam				
	P6	P7	P8	P9	P10
TGS 2602	0.494029850	0.48327943	0.554794520	0.593617021	0.581203007
TGS 2620	0.517910447	0.529581993	0.54383561	0.551063825	0.553135336
TGS 2610	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TGS 2611	0.162089552	0.166881026	0.168493150	0.170921985	0.166165413
TGS 822	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
TARGET	1	1	1	1	1
HASIL	Teh Hitam				

Dari 10 kali percobaan identifikasi dengan menggunakan sampel teh hitam, diperoleh 8 keputusan identifikasi yang sesuai dengan input yang diberikan. Dari semua data identifikasi didapatkan tingkat keberhasilan identifikasi sebesar:

$$\frac{8}{10} \times 100\% = 80\%$$

Tingkat keberhasilan identifikasi teh hitam adalah 80%. Berikutnya adalah identifikasi teh hijau pada tabel 4.2.

Tabel 4. Hasil Identifikasi Teh Hijau

Sensor	Teh Hijau				
	P1	P2	P3	P4	P5
TGS 2602	0.6113402	0.68181818	0.6801165	0.68181818	0.7320987
TGS 2620	0.7432989	0.8272727	0.8438596	0.86606060	0.89012345
TGS 2610	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TGS 2611	0.2113402	0.21363636	0.2263157	0.24060606	0.2432098
TGS 822	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
TARGET	0	0	0	0	0
HASIL	Teh Hijau	Teh Hijau	Teh Hijau	Teh Hijau	Teh Hijau

Sensor	Teh Hijau				
	P6	P7	P8	P9	P10
TGS 2602	0.67435897	0.580874316	0.64566473	0.6953488	0.452631
TGS 2620	0.9	0.77759562	0.798265	0.8069767	0.857894
TGS 2610	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TGS 2611	0.2435897	0.20491803	0.2063583	0.2069767	0.2210526
TGS 822	0.8743589	0.9	0.9	0.9	0.9
TARGET	0	0	0	0	0
HASIL	Teh Hijau	Teh Hijau	Teh Hijau	Teh Hijau	Teh Hijau

Dari 10 kali percobaan identifikasi dengan menggunakan sampel teh hijau, diperoleh 10 keputusan identifikasi, didapatkan tingkat keberhasilan identifikasi sebesar:

$$\frac{10}{10} \times 100\% = 100\%$$

Tingkat keberhasilan identifikasi teh hijau adalah 100%.

Berikutnya adalah hasil identifikasi teh melati pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil identifikasi teh melati

Sensor	Teh Melati				
	P1	P2	P3	P4	P5
TGS 2602	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
TGS 2620	0.568181	0.5208333	0.5355555	0.5319559	0.5330484
TGS 2610	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TGS 2611	0.1522727	0.14375	0.1488888	0.1462809	0.14558404
TGS 822	0.875	0.7854166	0.7688888	0.75895316	0.76552706
TARGET	1	1	1	1	1
HASIL	Teh Melati				

Sensor	Teh Melati				
	P6	P7	P8	P9	P10
TGS 2602	0.7806349	0.9	0.9	0.9	0.9
TGS 2620	0.5698412	0.4718015	0.48746438	0.471988	0.4728815
TGS 2610	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TGS 2611	0.1888888	0.1772845	0.1683760	0.1627450	0.161016
TGS 822	0.9	0.6556135	0.66980056	0.651260	0.655932
TARGET	0	1	1	1	1
HASIL	Teh Hijau	Teh Melati	Teh Melati	Teh Melati	Teh Melati

Dari 10 kali percobaan identifikasi dengan menggunakan sampel teh melati, diperoleh 9 keputusan identifikasi yang sesuai dengan input yang diberikan. Dari semua data identifikasi didapatkan tingkat keberhasilan identifikasi sebesar:

$$\frac{9}{10} \times 100\% = 90\%$$

Tingkat keberhasilan identifikasi teh melati adalah 90%. Berikutnya adalah hasil identifikasi teh oolong pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Identifikasi Teh Oolong

Sensor	Teh Oolong				
	P1	P2	P3	P4	P5
TGS 2602	0.3287029	0.519310344	0.51448467	0.5837491	0.45734870
TGS 2620	0.5653465	0.499380455	0.52735515	0.5847381	0.50806916
TGS 2610	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TGS 2611	0.14593845	0.120229885	0.12674094	0.1583937	0.12536023
TGS 822	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
TARGET	0	0	0	1	0
	1	1	1	0	1
HASIL	Teh Oolong	Teh Oolong	Teh Oolong	Teh Hitam	Teh Oolong

Sensor	Teh Oolong				
	P6	P7	P8	P9	P10
TGS 2602	0.34228571	0.47014925	0.53653395	0.52340861	0.4973830
TGS 2620	0.52971428	0.54179104	0.47470725	0.49466073	0.5103874
TGS 2610	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TGS 2611	0.10457142	0.11194029	0.14871194	0.13577345	0.17389374
TGS 822	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
TARGET	0	0	1	0	0
	1	1	0	1	1
HASIL	Teh Oolong	Teh Oolong	Teh Hitam	Teh Oolong	Teh Oolong

Dari 10 kali percobaan identifikasi dengan menggunakan sampel teh oolong, diperoleh 6 keputusan identifikasi yang sesuai dengan input yang diberikan. Dari semua data identifikasi didapatkan tingkat keberhasilan identifikasi sebesar:

$$\frac{6}{10} \times 100\% = 80\%$$

Tingkat keberhasilan identifikasi teh oolong adalah 80%

SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Sensor gas TGS 2602, TGS 2620 dan TGS 822 dapat mendeteksi adanya kandungan gas alkohol, amonia, hidrogen sulfida, dan karbon monoksida pada teh, sedangkan sensor gas TGS 2610 dan TGS 2611 tidak mendeteksi adanya kandungan gas metana dan butana pada teh.
2. Jaringan syaraf tiruan backpropagation yang digunakan dalam sistem dapat mengidentifikasi jenis aroma teh dengan tingkat keberhasilan program identifikasi pada teh hitam 80%, pada teh hijau 100%, pada teh melati 90%, dan pada teh oolong 80%.

B. Saran

Setelah melakukan penelitian tentang identifikasi aroma teh dengan metoda backpropagation ini, penulis memiliki beberapa saran yang dapat digunakan untuk kelanjutan penelitian berikutnya:

1. Agar hasil identifikasi lebih akurat dan valid, sebaiknya ditambahkan beberapa sensor yang dapat menangkap aroma teh dengan baik.
2. Pada proses training diharapkan dapat menggunakan lebih banyak sampel teh dan penambahan jumlah unit serta *layer* jaringan agar menghasilkan nilai bobot yang lebih akurat.
3. Agar pengambilan data nilai sensor lebih akurat dan valid, sebaiknya pengambilan data dilakukan pada ruangan tertutup dan wadah uji juga dipastikan tertutup dengan baik supaya tidak tercampur dengan udara luar.

DAFTAR PUSTAKA

- Kusumadewi, Sri. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Figaro (2004), "General Information for TGS Sensor", [http://www.figarosensor.com/products/common\(I104\).pdf](http://www.figarosensor.com/products/common(I104).pdf)
- Jong Jek Siang. 2004. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta : Penerbit Andi
- Fitra, Olya Neni. 2012. *Identifikasi Aroma Bubuk Kopi Menggunakan Backpropagation*. Politeknik Negeri Padang.
- Nugroho, Joko. 2008. *Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Identifikasi Aroma Teh Menggunakan Electronic Nose*. Universitas Gadjah Mada
- Hendrick. Rivai, Muhammad. Tasripan. 2010. *Klasifikasi Odor Pada Ruang Terbuka dengan Menggunakan Short Time Fourier Transform dan Neural Learning Vector Quantization*, ITS.
- Sitohang, Marlus Eri. 2012. *Analisis Sinyal E-Nose Berbasis Wavelet Menggunakan Support Vector Machine untuk Identifikasi Jenis Teh Hitam*.
- Developers, Arduino.2013. *Arduino Uno*, <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.
- Tanudjaja, Harlianto.2007. *Pengolahan Sinyal Digital dan Sistem Pemrosesan Digital*. ANDI OFFSET: Yogyakarta
- Lou Heiss, Mary. 2007. *The Story Of Tea A Cultural History And Drinking Guide*. Crown Publishing Group: New York.
- Sutojo, T. Mulyanto Edy, dan Suhartono Vincent. 2011. *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi Offset

Putra, Deki Andreas. 2013. Identifikasi Penyakit Halitosis Dengan Sensor Gas Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Pembelajaran Backpropagation. *Skripsi S1 Fakultas Teknologi Informasi Universitas Andalas, Padang.*

Rukmana, Rahmat dan Yudirachman, Herdi. 2015. *Untung Selangit dari Agribisnis Teh.* Yogyakarta: Lily Publisher.

Hara Y, Luo SJ, Wickremashinghe RL, Yamanishi T. 1995. Flavor of tea. *Food Rev. Int.*, 11: 477-525