

Identifikasi Daging Segar terhadap Daging Busuk dengan Menggunakan Sensor Polimer Konduktif dan Jaring Saraf Tiruan (JST)

Benrad Edwin Simanjuntak¹, Berman Pandapotan Panjaitan²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektronika – Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

e-mail: ¹benradsimanjuntak@polmed.ac.id, ²bermanpanjaitan@polmed.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 November 2023

Received in revised form 19 Desember 2023

Accepted 20 Desember 2023

Available online 22 Desember 2023

ABSTRACT

Fresh or rotten meat is a different matter. Damage to the meat will produce a distorted odor, mucus, discoloration in certain areas and an undesirable taste due to the formation of metabolism. The odor is described as fishy, rotten, containing sulfur and like ammonia. In this research, the author discusses a system for identifying the condition of meat based on the odor that arises from meat in three states, namely odorless odor, fresh odor and rotten odor. Fresh odor is taken from meat odor that is within 1 (one) day after being cut and rotten odor is taken from meat odor that is on the 2nd day. In this study, the test sample meat was placed in a closed container at room temperature for 2 days. Data was taken for 2 days from meat odors of known type. The sensor array consists of eight sensors made of conducting polymer material. The polymer materials used are silicon DC-200, PEG-20M, OV-101, OV-17, DEGA, PEG-200, PEG-1540, and PEG-6000 mixed with Carbon black. A two-layer artificial neural net consisting of eight input nodes and three output neurons, was trained using the Kohonen algorithm with a training process that was completed in 4 iterations. From 20 tests, 10 times exposure to steam from fresh odor and 10 times exposure to steam from rotten odor, carried out alternately, it was found that the system failed twice. Thus, the system success percentage reached 95 percent.

Keywords: *Conducting Polymer Sensor, Kohonen Network, Odor, Neural Network*

1. Pendahuluan

Daging yang baik adalah daging yang segar. Oleh karena itu diperlukan identifikasi terhadap daging yang segar terutama untuk daging ayam. Ada banyak faktor yang menyebabkan daging tidak segar. Kerusakan daging ditandai oleh terbentuknya senyawa-senyawa berbau busuk seperti amonia, H₂S, indol, dan amin, yang merupakan hasil pemecahan protein oleh mikroorganisme. Daging yang rusak memperlihatkan perubahan organoleptik, yaitu bau, warna, kekenyalan, penampakan, dan rasa.

Berbagai tanda-tanda kerusakan pada daging:

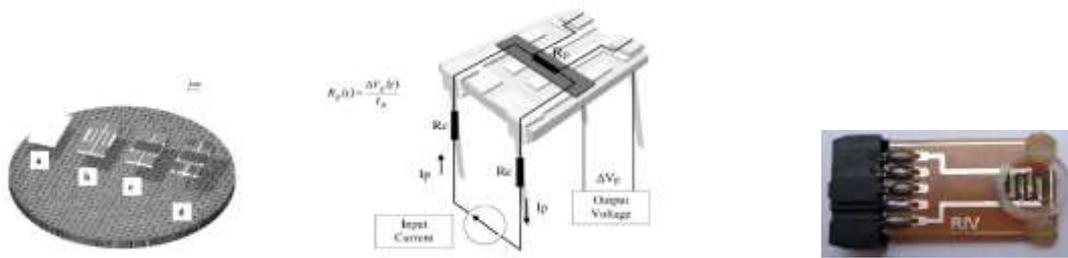
- a. **Perubahan kekenyalan** pada daging disebabkan oleh pemecahan struktur daging oleh berbagai bakteri.
- b. **Pembentukan lendir** pada daging disebabkan oleh pertumbuhan berbagai mikroba seperti kamir, bakteri asam laktat (terutama oleh *Lactobacillus*, misalnya *Lactobacillus. Viredences* yang membentuk lendir berwarna hijau), *Enterococcus*, dan *Bacillus thermosphacta*.
- c. **Pembentukan asam**, umumnya disebabkan oleh berbagai bakteri seperti *Lactobacillus*, *Acinebacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *proteus*, *Microrocci*, *Clostridium*, dan enterokoki.
- d. **Pembentukan warna hijau** pada daging, terutama disebabkan oleh: pembentukan hidrogen peroksida (H_2O_2) oleh *Lactobacillus Viridescens*, *Lactobacillus fructovorans*, *Lactobacillus jensenii*, *Leuconostoc*, *Enterococcus faecium* dan *Enterococcus faecalis*, pembentukan hidrogen sulfida (H_2S) oleh *Pseudomonas mephita*, *Shewanell putrefaciens*, dan *Lactobacillus sake*.
- e. **Pembentukan warna kuning** pada daging, disebabkan oleh *Enterococcus cassliffavus* dan *Enterococcus mundtii*.
- f. **Perubahan bau**, misalnya: timbulnya bau busuk oleh berbagai bakteri karena terbentuknya amonia, H_2S , Indol dan senyawa-senyawa amin seperti diamin kadaverin dan putresin.

Metabolisme yang dihasilkan oleh *flavobacteria* termasuk jenis alkohol seperti metanol dan etanol, campuran belerang seperti dimethylsulphide, methylmercaptan dan methanethiol, keton, aldehyd, ester dan amino dari metabolisme asam amino. Berbau dan tak-berbau busuk digambarkan sebagai bau amis, bau busuk, mengandung belerang dan seperti amoniak [2]. Beberapa campuran kimiawi bisa digunakan sebagai indikator kebusukan daging yaitu asam cuka, alkohol, H_2S karena aseton, keton etil metil, dimethyl sulfid atau dimethyl disulphide muncul di dalam daging yang disimpan pada ruang pendingin yang terdapat oksigen [3].

Polimer adalah bahan yang memiliki resistansi tinggi sehingga untuk menurunkan resistansinya diperlukan campuran *carbon black*. Jika polimer terkena uap dari *odor* daging, maka molekul-molekul uap tersebut dapat berdifusi ke permukaan polimer sehingga menyebabkan perubahan ukuran permukaan polimer yang dapat merubah nilai konduktivitasnya. Polimer konduktif adalah polimer terkonjugasi yang menunjukkan perubahan ikatan tunggal dan ganda antara atom-atom karbon pada rantai utama polimer. Ikatan ganda diperoleh dari karbon yang memiliki empat elektron valensi, namun pada molekul terkonjugasi hanya memiliki tiga (kadang-kadang dua) atom lain. Elektron yang tersisa membentuk ikatan π , elektron yang terdelokalisasi pada seluruh molekul. Suatu zat dapat bersifat polimer konduktif jika mempunyai ikatan rangkap yang terkonjugasi. Contoh dari polimer terkonjugasi adalah plastik tradisional (polyethylen), sedangkan polimer konduktif antara lain : polyacetilen, polpyrol, polytiopen, polyaniline dan lain lain [4].

Untuk mendapatkan suatu pola perubahan tegangan dari paparan beberapa uap dari *odor*, digunakan delapan sensor yang dibentuk menjadi suatu deret sensor. Bahan polimer yang digunakan adalah silicon DC-200, PEG-20M, 0V-101, 0V-17, DEGA, PEG-200, PEG-1540, dan PEG-6000. Untuk mendapat pola perubahan tegangan yang merupakan akibat dari perubahan resistansi, maka sensor dirangkai seri dengan sebuah resistor variabel sehingga membentuk rangkaian pembagi tegangan.

Gambar 1a menunjukkan pembuatan sensor polimer konduktif. Bagian a menunjukkan penyusunan substrat Aluminium pembentuk bahan pendukung sensor, b dan c adalah sensor setelah menempatkan jejak elektroda dan polimer, d menunjukkan sensor pada akhir proses pembuatan. Rangkaian ekivalen dari bagian d diperlihatkan pada gambar 3b.



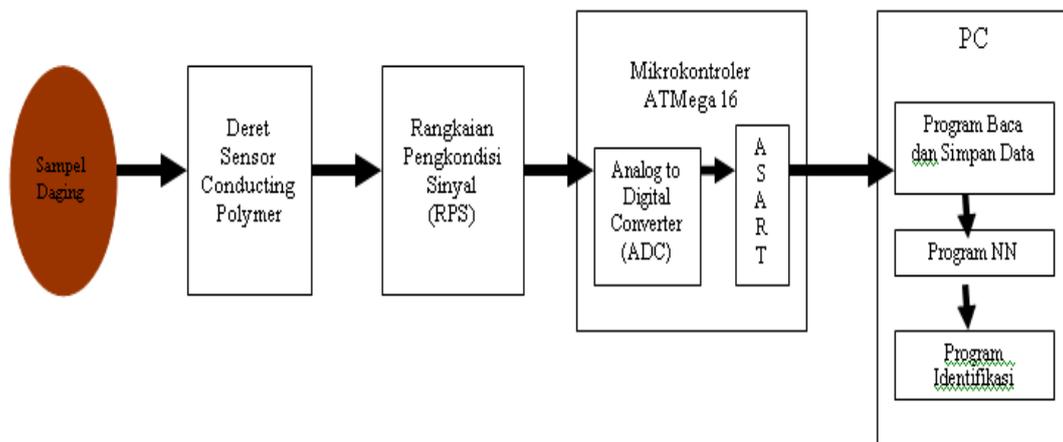
a. Pembuatan sensor [5] b. Rangkaian ekivalen sensor [5] c. Sensor polimer konduktif yang sudah dicampur *carbon black*.

Gambar 1. Sensor Polimer Konduktif

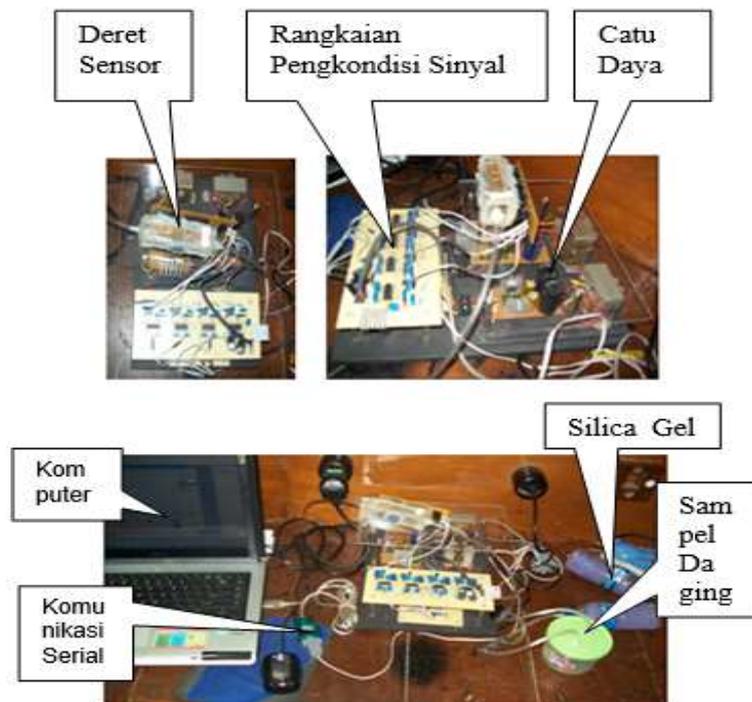
Pola perubahan tegangan dari *odor* daging yang telah dinormalisasi digunakan untuk melatih jaringan Kohonen. Setelah proses pelatihan selesai, diharapkan bobot yang dihasilkan dapat membuat jaringan Kohonen mengklasifikasikan pola tegangan sesuai jenis uap yang memapar deret sensor sehingga jenis uap yang memapar deret sensor dapat diketahui jenisnya.

2. Metode Penelitian

Secara umum, sistem terdiri dari deret sensor, rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) berupa amplifier, Mikrokontroler ATmega16 yang didalamnya terdapat ADC dan komunikasi serial, serta jaringan saraf tiruan yang dijalankan di Komputer. Blok diagram sistem ditunjukkan seperti gambar 2 dan alat penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 3.

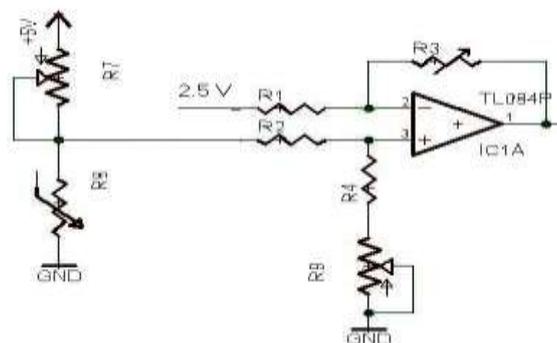


Gambar 2. Blok diagram sistem



Gambar 3. Foto alat penelitian keseluruhan

Ketika *odor* sampel daging mengenai polimer konduktif maka *odor* tersebut akan mengenai permukaan polimer dan berdifusi ke campuran bahan polimer dengan *carbon black* dan menyebabkan ukuran permukaan polimer akan berubah. Perubahan ini akan mengakibatkan perubahan resistansi. Jika terjadi perubahan resistansi polimer, maka menyebabkan perubahan tegangan pada polimer.



Gambar 4. Rangkaian pengkondisi sinyal sensor

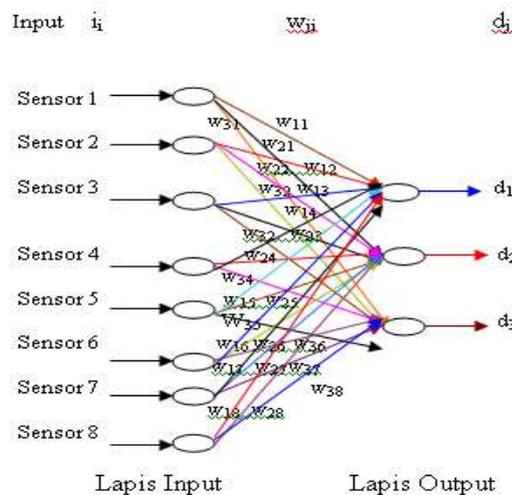
Pada gambar 4, R_8 adalah representasi deret sensor. R_7 berfungsi untuk menyesuaikan tegangan deret sensor saat tidak ada paparan uap dari *odor* daging menjadi sekitar 2.5Volt. R_9 digunakan untuk menyesuaikan nilai R_4 dengan R_3 sehingga penguatan tegangan di *non inverting input* sama dengan penguatan tegangan di *inverting input*. R_7 dan R_8 (sensor) adalah jaringan pembagi tegangan. Nilai tahanan R_7 diatur agar mendekati nilai tahanan R_8 saat tidak ada paparan uap dari *odor* daging. Tegangan 2.5 volt berfungsi untuk mengurangi nilai tegangan awal pada sensor saat tidak ada paparan uap dari *odor* daging

Langkah-langkah penelitian:

- Sebelum uap dari *odor* daging dimasukkan ke dalam ruang sensor, ruang sensor dialiri dengan udara yang dilewatkan ke silica gel untuk membersihkan sisa-sisa uap dari *odor* yang sebelumnya masuk ke ruang sensor, dan mengurangi kelembaban. Hal ini dilakukan karena beberapa elemen sensor sensitif terhadap kelembaban.
- Program di Komputer akan merata-rata data yang dikirim oleh mikrokontroller selama 5 detik atau sebanyak 20 data sebagai nilai tegangan acuan saat tidak ada uap pelarut organik dalam ruang sensor.
- Uap dari *odor* yang berasal dari daging dimasukkan ke ruang sensor dengan cara memasukkan udara yang dilewatkan ke silica gel ke wadah tertutup tempat sampel daging.
- Setelah ruang sensor diberi paparan uap dari *odor* daging, maka didapat hasil pengukuran ataupun identifikasi *odor* daging. Visualisasi hasil pengukuran dan identifikasi dibuat dengan menggunakan program *Visual Basic*..
- Ruang sensor dibersihkan dengan udara yang dilewatkan ke silica gel setelah diberi uap dari *odor* daging sampai tegangan deret sensor menjadi sama atau mendekati nilai tegangan acuan saat tidak ada uap dari *odor* dalam ruang sensor.

Jaringan Kohonen dilatih dengan beberapa sampel respon perubahan tegangan deret sensor tersimpan yang telah dinormalisasi. Normalisasi dilakukan dengan membagi respon dari setiap sensor dengan jumlah dari semua respon sensor. Normalisasi dilakukan menurut aturan :

$$\frac{X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 5. Struktur jaringan kohonen

Algoritma pelatihan jaringan Kohonen [6] adalah sebagai berikut:

A. Inisialisasi bobot :

Bobot dapat di inisialisasi secara acak. Ukuran baris matriks bobot adalah jumlah *cluster* yang akan dibentuk. Ukuran kolom matriks bobot adalah jumlah elemen pada data input. Misalkan ada 15 data yang akan dikelompokkan menjadi 3 *cluster*, dimana setiap data memiliki empat elemen, maka ukuran matriks bobot adalah 3 x 4.

B. Set parameter – parameter tetangga.

C. Set parameter *learning rate*.

Learning rate dapat dipilih sesuai keinginan. Nilainya terletak diantara 0 sampai 1.

D. Kerjakan jika kondisi berhenti bernilai salah :

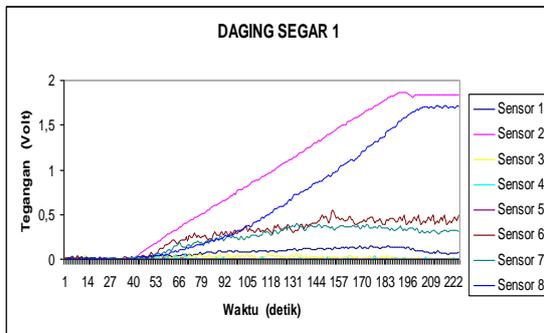
- a. Untuk setiap vektor input x , kerjakan :
 - Untuk setiap vektor j , hitung :

$$D_j = \sum (w_{ij} - x_i)^2 \dots\dots\dots (2)$$
 Tentukan j , sedemikian hingga D_j minimum.
 - Untuk setiap unit j dengan spesifikasi tetangga tertentu, dan untuk setiap i :

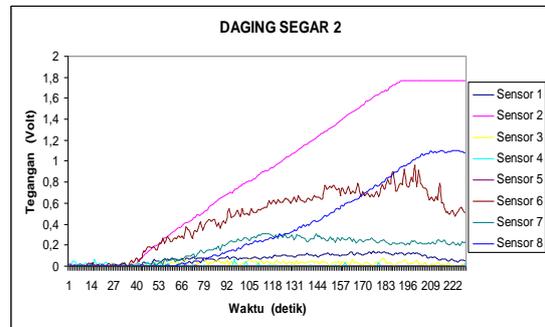
$$w_{ij}(\text{baru}) = w_{ij}(\text{lama}) + \alpha(x_i - w_{ij}(\text{lama})) \dots(3)$$
- b. Perbaiki *learning rate*.
- c. Kurangi radius ke – tetangga – an pada waktu – waktu tertentu
- d. Tes kondisi berhenti.

3. Hasil dan Pembahasan

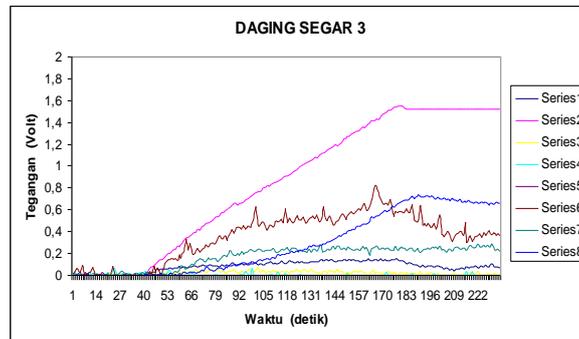
Selama proses pemaparan deret sensor dengan uap dari *odor* daging, didapat respon seperti gambar 6 dan 7. Pada gambar 10 terlihat bahwa respon stabil saat data ke-337. Pada gambar 11 terlihat bahwa respon stabil saat data ke-517. Pada gambar 12 terlihat bahwa respon stabil saat data ke-125. Dari kondisi tersebut, data training diambil pada data ke-600.



(a). Daging Segar 1

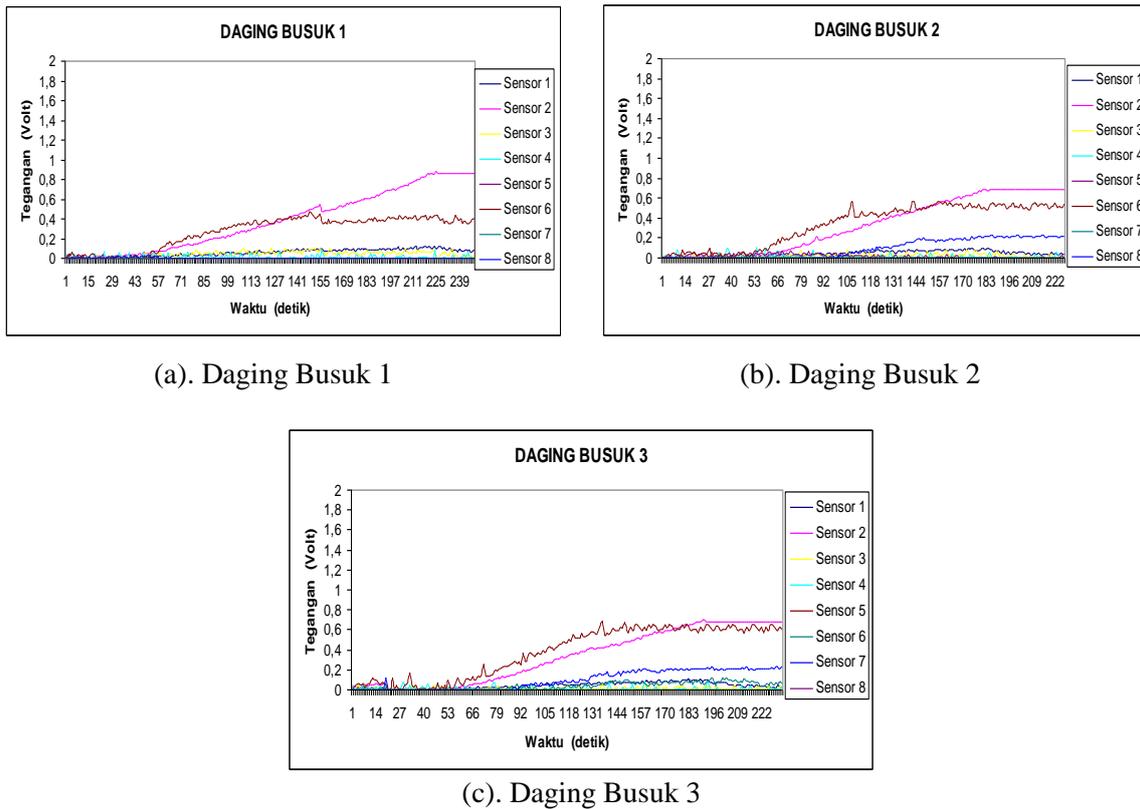


(b). Daging Segar 2



(c). Daging Segar 3

Gambar 6. Respon deret sensor terhadap paparan uap dari *odor* segar



(a). Daging Busuk 1

(b). Daging Busuk 2

(c). Daging Busuk 3

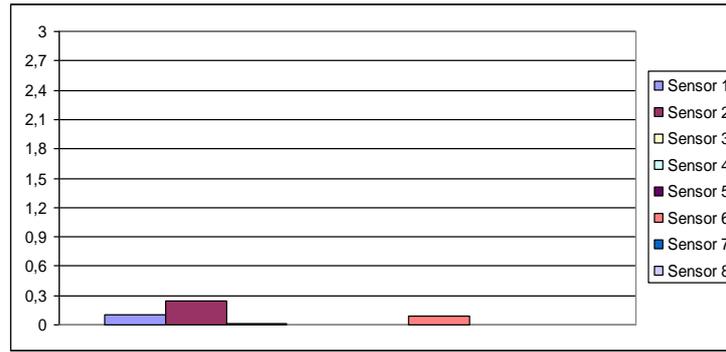
Gambar 7. Respon deret sensor terhadap paparan uap dari *odor* busuk

Data masukan untuk jaring saraf tiruan untuk masing-masing daging segar dan daging busuk dengan masing-masing sebanyak 6 data. Tabel 1. memperlihatkan data masukan untuk jaring saraf tiruan.

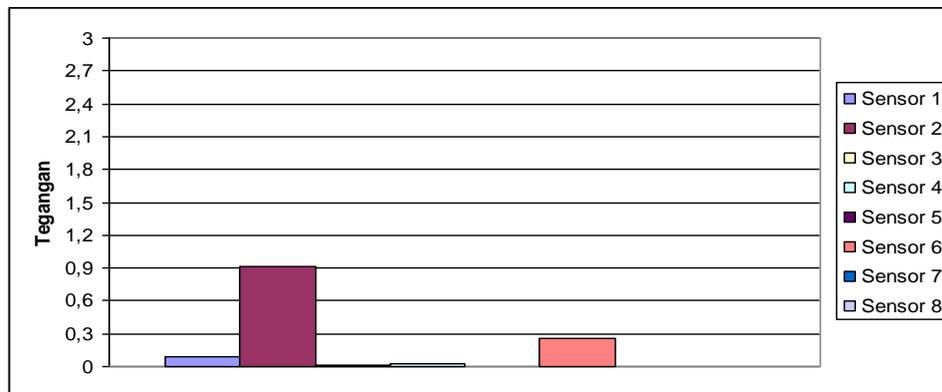
Tabel 1. Data Masukan (Data Training) untuk Jaring Saraf Tiruan

Data ke	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Keterangan
1	0,091398	0,975807	0,004643	0	0	0,273705	0	0	Segar 1
2	0,091398	0,951369	0,004643	0,068182	0	0,273705	0	0	Segar 1
3	0,101173	0,917155	0,014418	0,048631	0	0,254154	0	0	Segar 2
4	0,081623	0,902493	0,024194	0	0	0,26393	0	0	Segar 2
5	0,101173	0,873167	0,038856	0	0	0,249267	0	0	Segar 3
6	0,096285	0,853617	0,009531	0,009531	0	0,259042	0	0	Segar 3
7	0,576002	2,670577	0,277126	0	0	0	0	0,785679	Busuk 1
8	0,566227	2,626588	0,247801	0	0	0,079912	0	0,790567	Busuk 1
9	0,576002	2,709677	0,262463	0,040811	0	0,148338	0	0,678152	Busuk 2
10	0,60044	2,714565	0,233138	0	0	0,138563	0	0,756354	Busuk 2
11	0,590665	2,70479	0,267351	0	0	0	0	0,902982	Busuk 3
12	0,571114	2,714565	0,291789	0	0	0,1239	0	0,829668	Busuk 3

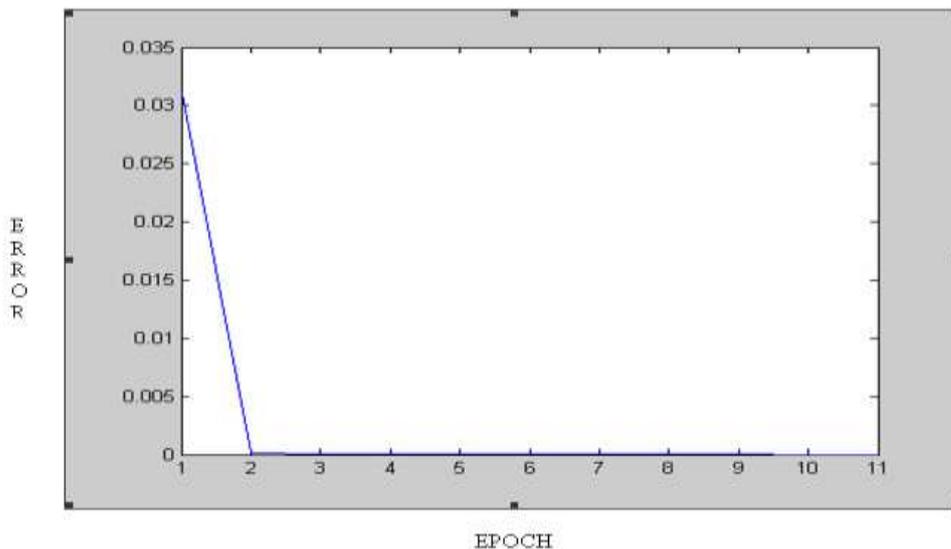
Pola perubahan tegangan deret sensor yang telah dinormalisasi saat terpapar uap dari *odor* daging tampak pada gambar 8 dan 9, terlihat bahwa untuk masing-masing keadaan *odor* segar dan busuk akan memberi pola respon deret sensor polimer konduktif yang khas (berbeda).



Gambar 8. Pola tegangan deret sensor yang telah dinormalisasi terhadap paparan uap dari *odor* segar



Gambar 9. Pola tegangan deret sensor yang telah dinormalisasi terhadap paparan uap dari *odor* busuk



Gambar 10. Rata-rata selisih bobot antar iterasi

Jaringan Kohonen dilatih menggunakan pola tegangan yang telah dinormalisasi. Proses pelatihan dibatasi oleh 2 kondisi yaitu jumlah iterasi maksimum dan tidak adanya perubahan bobot. Pelatihan akan berhenti jika salah satu kondisi tersebut terpenuhi salah satunya.

Jaringan Kohonen dilatih menggunakan 60 data pola tegangan yang telah dinormalisasi

dari paparan 2 jenis uap dari *odor* daging ayam. Jumlah iterasi dibatasi sampai 50 iterasi. Perubahan bobot dihitung dengan mengurangi bobot pada suatu iterasi dengan bobot pada iterasi sebelumnya. Rata-rata dari selisih bobot antar iterasi ditunjukkan pada gambar 10.

Proses pelatihan jaringan Kohonen selesai dalam 11 iterasi. Untuk memeriksa apakah bobot yang dihasilkan selama proses pelatihan, jaringan Kohonen disimulasikan dengan input berupa semua data yang digunakan dalam proses pelatihan. Bobot hasil pelatihan untuk baris pertama sampai baris ketiga ada pada tabel 2. Hasil simulasi ditunjukkan dalam tabel 3.

Tabel 2. Bobot Jaringan Kohonen untuk *odor* daging

Kolom ke-1	Kolom ke-2	Kolom ke-3	Kolom ke-4	Kolom ke-5	Kolom ke-6	Kolom ke-7	Kolom ke-8
0.000005	0.093349	0.000000	0.872685	0.000000	0.019883	0.000000	0.014172
0.000006	0.324302	0.000001	0.532630	0.000000	0.141803	0.000000	0.014466
0.000011	0.245596	0.000000	0.671016	0.000000	0.084986	0.000000	0.025835

Tabel 3. Hasil Simulasi dengan Kohonen

Data ke	Kelompok	Jenis Odor
1	1	SEGAR
2	1	SEGAR
3	1	SEGAR
4	1	SEGAR
5	1	SEGAR
6	1	SEGAR
7	2	BUSUK
8	2	BUSUK
9	2	BUSUK
10	2	BUSUK
11	2	BUSUK
12	2	BUSUK

Setelah proses simulasi menunjukkan bahwa jaringan Kohonen dapat mengelompokkan semua data yang digunakan dalam proses. Hasil pengujian terlihat pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Percobaan identifikasi jenis *odor* segar dengan jaring saraf tiruan.

Lama Daging Setelah Pematangan	Interpretasi Manusia	Interpretasi Alat	Hasil Percobaan
3	Segar	Segar	B
3,5	Segar	Segar	B
4	Segar	Segar	B
4,5	Segar	Segar	B
5	Segar	Segar	B

Identifikasi Daging Segar terhadap Daging Busuk dengan Menggunakan Sensor Polimer Konduktif dan Jaring Saraf Tiruan (JST) (Benrad Edwin Simanjuntak)

5,5	Segar	Segar	B
6	Segar	Segar	B
6,5	Segar	Segar	B
7	Segar	Segar	B
7,5	Segar	Segar	B

Keterangan : B = Pengujian Benar ; S = Pengujian Salah

Tabel 5. Percobaan identifikasi jenis *odor* busuk dengan jaring saraf tiruan.

Lama Daging Setelah Pematangan	Interpretasi Manusia	Interpretasi Alat	Hasil Percobaan
22	Busuk	Busuk	B
22,5	Busuk	Busuk	B
23	Busuk	Segar	S
23,5	Busuk	Busuk	B
24	Busuk	Busuk	B
24,5	Busuk	Busuk	B
25	Busuk	Busuk	B
25,5	Busuk	Busuk	B
26	Busuk	Busuk	B
26,5	Busuk	Busuk	B

Keterangan : B = Pengujian Benar ; S = Pengujian Salah

Dari 20 kali pengujian, masing-masing 10 kali pemaparan uap dari *odor* segar (dari daging segar) dan 10 kali pemaparan uap dari *odor* busuk (dari daging busuk) yang dilakukan secara bergantian, didapat bahwa sistem mengalami kegagalan sebanyak 1 kali. Dengan demikian, persentase keberhasilan sistem adalah mencapai 95 persen.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dibuat suatu deret sensor yang terdiri dari 8 sensor polimer konduktif yang berbeda dan jaring saraf tiruan dengan algoritma kohonen dengan 8 *input*, dan 3 *output* dilatih untuk mengenali pola tanggapan sensor terhadap uap dari *odor* tidak berbau, segar dan busuk. Pengujian dan identifikasi uap dari *odor* telah dilakukan dan berhasil mengidentifikasi daging segar, daging busuk dan tanpa sampel yang dilewatkan pada sensor. Tingkat keberhasilan identifikasi sebesar 95%. Kesalahan identifikasi terjadi karena ada kemiripan pola perubahan tegangan masing-masing *odor*. Disamping itu, kesalahan bisa terjadi pula oleh karena proses pembersihan deret sensor yang tidak bersih.

References

- [1] Siagian Albiner, (2002), *Mikroba Patogen pada Makanan dan Sumber Pencemarannya*, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara, ©2002 digitized by USU digital library.
- [2] Mielmann, Annchen, (2006), *Food Spoilage Characteristics of Chryseobacterium Species*, tesis
- [3]. Nouredine El Barbri dkk, (2008), *Electronic Nose Based on Metal Oxide Semiconductor Sensors as an Alternative Technique for the Spoilage Classification of Red Meat*, Sensors, ISSN1424-8220, 8, hal 142-156 http://id.wikipedia.org/wiki/Polimer_konduktif
- [5] Fabio Di Franceco dkk, (2001), *An electronic nose for odour annoyance assessment*, Atmospheric Environment 35, hal 1225-1234.
- [6] Siang J J,(2005), *Jaringan Saraf Tiruan Programnya Menggunakan MATLAB*, Andi, Yogyakarta.