

Analisis Kinerja Instrumen Uji Formalin pada Tahu Berbasis Elektronik Nose

Sariayu Wulandari¹

Abstract— Enose is an instrument that be able to discriminated odorant. This instrument is designed to detect formalin content in the tofu product. The aim of artificial olfaction machine design is to find the recommended method to detect content formalin with specified instrument. The instrument consisted of electronic module and pattern recognition systems. The electronic module is a typical application system, consisting of Arduino Uno R3 board, with ATmega 328 chip. In the pattern recognition system, is programmed in Matlab language using LRMA (Linear Regression Moving Average) for pre processing, wavelet and PCA (Principle Component Analysis) for feature extraction, and SVM (Support Vector Machines) for analysis method. Result of pattern recognition that value highest level of recognition is show with SVM method with a 100% of accuracy. Whereas, pattern recognition of unlearn data, the obtained accuracy is 98.33%.

Intisari—Elektronik nose adalah instrument pendeteksi berdasarkan klasifikasi aroma seperti fungsi hidung manusia. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh belum adanya alat pendeteksi formalin pada produk makanan, terutama pada tahu, karena harga instrument analisis modern sangat mahal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah rekomendasi metode yang paling tepat, untuk digunakan pada instrument pendeteksi formalin pada tahu. Rancang bangun enose deteksi formalin dibuat dengan cara perancangan modul elektronik dan sekaligus sistem pengenalan polanya. Modul elektronik dirancang menggunakan board Arduino Uno R3, yang memakai chip ATmega 328. Pada sistem pengenalan pola, dilakukan dengan bahasa pemrograman matlab yang menggunakan preprocessing LRMA (Linear Regression Moving Average), ekstraksi ciri wavelet dan PCA (Principle Component Analysis) serta metode analisis SVM (Support Vector Machines) dan FCM (Fuzzy C Means).

Hasil dari pengenalan pola data pembelajaran, tingkat pengenalan tertinggi adalah pada nilai maksimal bentuk lingkaran, yaitu 100%. Sedangkan tingkat pengenalan data bukan pembelajaran, adalah 98.33%.

Kata kunci: enose, PCA, FCM, SVM KONSEP, LRMA

I. PENDAHULUAN

Sesuai dengan isu strategis ketahanan pangan, terdapat arah kebijakan nasional tentang peningkatan mutu dan keamanan

pangan [1]. Makanan yang aman dikonsumsi adalah makanan yang tidak mengandung bahan tambahan makanan berbahaya, diantaranya adalah borax dan formalin. Formalin mempunyai aroma khas, karena pada udara bebas, larutan formaldehid akan berwujud gas. Selain itu, aroma khas formalin juga disebabkan oleh kandungan methanol [2,3].

Tahu, bakso dan sayuran merupakan makanan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat. Kandungan air dari ketiga makanan tersebut mencapai 52%, sebagai akibatnya daya tahan simpannya hanya berlangsung singkat. Beberapa penelitian menunjukkan, bahwa ketiga bahan makanan tersebut sering ditambah dengan bahan pengawet untuk menambah daya tahan simpannya.

Selama ini, sidak dilaksanakan dengan menggunakan alat uji kimia, proses pengujian dilakukan dengan mengambil sample, kemudian dihancurkan, lalu ditambahkan air dan larutan KMnO₄. Jika larutan berwarna merah lalu memudar, kemungkinan bahan uji mengandung formalin. Cara ini tergolong murah, namun tingkat ketelitiannya masih kurang. Selain itu, bahan makanan yang di uji tidak dapat kembali ke wujud asal, membutuhkan preparasi sample dan membutuhkan waktu yang lama.

Harapan baru sebagai alternatif instrument deteksi formalin yang lebih tepat dan mudah adalah Electronic Nose. Electronic Nose yang selanjutnya disebut enose dapat melakukan pendeteksian formalin berdasarkan aromanya. Pada umumnya, enose terdiri dari komponen larik sensor, sistem akuisisi data dan algoritma pengenalan pola.

Penelitian tentang formaldehid sendiri telah dilakukan oleh beberapa peneliti lokal, diantaranya dilakukan oleh Hendrick [4] dan Baiq [5]. Hendrick melakukan penelitian tentang uji kandungan O₂ pada bensin, alkohol dan minyak tanah dengan menggunakan metode Short Time Fourier Transform (STFT) untuk karakterisasi frekuensi sensor dan metode Linear Vector Quantization (LVQ) sebagai metode pembelajaran data. Dari penelitian tersebut, output jaringan mempunyai tingkat keberhasilan hanya 89,2%. Selain itu, Baiq melakukan uji formalin pada cumi-cumi dengan menggunakan metode analisis Principal Component Analysis (PCA). Diluar negeri, deteksi formalin juga dilakukan oleh Wang [6] yang melakukan penelitian mengenai deteksi formaldehid konsentrasi rendah dan Zhang [7] yang mendeteksi formaldehid pada gurita.

Penelitian terdahulu mempunyai 2 aspek pembeda. Aspek pertama, sebagian besar penelitian menggunakan cumi dan gurita sebagai objek penelitian. Di Indonesia, kedua ikan tersebut jarang dikonsumsi oleh masyarakat. Sedangkan aspek

¹Universitas Dian Nuswantoro Jl. Imam Bonjol No. 207 Semarang
Telp. (024) 3517261 Fax. (024) 3569684 Kode Pos : 50131
INDONESIA (e-mail: ayu_mtints11@mail.ugm.ac.id)

kedua yaitu rendahnya tingkat keberhasilan dari pengenalan yang dilakukan. Hal ini mungkin disebabkan oleh pemilihan metode yang kurang tepat. Kedua aspek diatas menjadi pokok permasalahan utama yang akan diperbaiki dalam penelitian ini.

II. METODOLOGI

A. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian deteksi formalin pada tahu adalah Tahu formalin 70%, bakso formalin 70% dan sayur formalin 70%, untuk penelitian 1 dan untuk penelitian 2, bahannya adalah air murni, formalin dengan kadar 3%, 7%, 21%, 35% dan 70%, tahu (tahu persegi, tahu kotak, tahu bulat dan tahu buntal), serta tahu formalin (tahu yang telah dicelupkan pada larutan formalin dengan kadar 3%, 7%, 21%, 35% dan 70%).

B. Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk penelitian deteksi formalin pada tahu adalah board enose yang terdiri dari larik sensor yang ditempatkan pada *chamber* dan board *arduino* serta Kipas angin 2500 rpm dan *driver* motor DC, sensor gas yang digunakan pada penelitian adalah MQ2, MQ5, MQ6 dan MQ-Eng, catu daya 12V/ 5A dan 9V/1A, tabung reaksi (*chamber*) gas dan tabung gelas prepreparasi untuk mencampur *odorant*, PC yang digunakan untuk pengambilan data sampel dan perangkat untuk analisis data, *vakum tube*, yang digunakan untuk tempat menyimpan sensor setelah sensor digunakan.

C. Instrument Analisis

Instrument analisis pada penelitian ini adalah grafik Spider, digunakan untuk mengetahui repeatibilitas sensor, sedangkan grafik boxplot dan diagram pareto digunakan untuk mengetahui varian sensor, metode preprocessing LRMA (Linear Regression Moving Average), PCA (Principle component Analysis) dan DWT (Discrete Wavelet Transform) harr wavelet level 7 yang digunakan untuk ekstraksi ciri (dari 4 vektor ciri menjadi 2), metode SVM konsep (Support Vector Machine) dan FCM (Fuzzy C Means) untuk menentukan batas dan analisis klaster.

D. Alur Penelitian

Pada penelitian ini, enose terdiri dari dua bagian, yakni bagian perangkat keras yang difokuskan penyempurnaan sistem penanganan aroma (odor handling), bagian perangkat lunak yang difokuskan pada penyempurnaan sistem ekstraksi ciri berbasis PCA dan sistem analisis klaster.

Penelitian dilakukan dengan 5 langkah sebagai berikut :

1) Preparasi Sample

Pengambilan data sensing larik sensor. Pengambilan data masing-masing 3 kali dilakukan untuk air, formalin 70%, formalin 35%, formalin 21%, formalin 7%, formalin 3%, tahu kotak, tahu persegi, tahu bulat, tahu buntal, tahu formalin 70%, tahu formalin 35%, tahu formalin 21%, tahu formalin 7% dan tahu formalin 3%. Terdapat 45 data, dimana 45 didapat dari (15 odorant x 3 percobaan)

2) Pre Processing

Masing-masing sinyal mempunyai jumlah sample 4000. Dilakukan denoising dan normalisasi baseline, menggunakan LRMA. Shifting à pemotongan tiap 1 periode sensor. Interpolasi data hasil shifting (menyamakan 1 periode=1000 sample). Penyusunan Matrix ciri (45000x4), dimana 45000 dari (45 odorant x 8 sample)

3) Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri menggunakan PCA sehingga didapat matrix PC1 dan PC2 (45000x2). Melakukan perhitungan nilai standart deviasi, maksimum, minimum, variance, mean dari tiap 1000 data PCA. Penyusunan Matrik ciri (45x2) dimana 45 adalah jumlah odorant.

4) Analisis Klaster

Melakukan klastering SVM, dengan ,mencari persamaan batas klaster. Mencari prosentase tingkat pengenalan masing-masing klaster dari masing-masing nilai.

5) Analisis Klaster

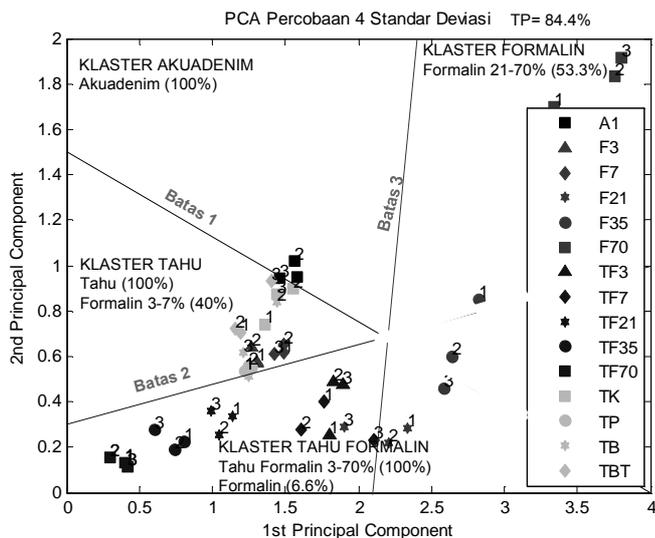
Melakukan Klasifikasi FCM untuk mencoba klasifikasi nonlinear, untuk hasil PCA dari penelitian 2, 3 dan 4. Mencari prosentase tingkat pengenalan masing-masing klaster dari masing-masing nilai. Membandingkan metode SVM dan FCM

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil klastering data pembelajaran menggunakan nilai standart deviasi, maksimal, minimal, varian dan rerata dijabarkan sebagai berikut :

A. Standar Deviasi

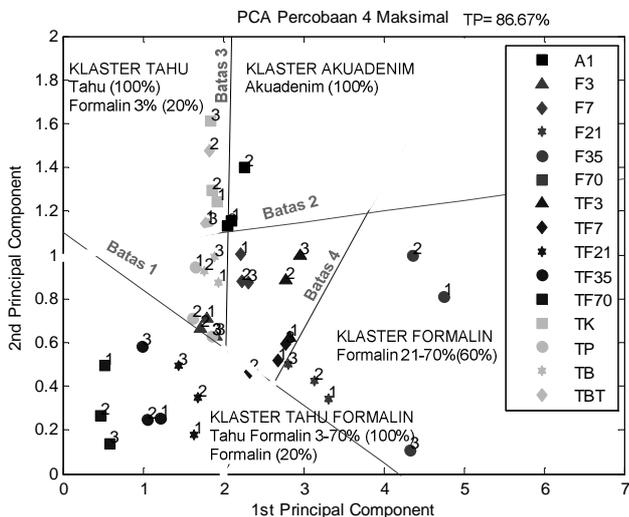
Langkah awal penyusunan metode SVM konsep adalah dengan menentukan persamaan garis pada masing-masing batas klaster.



Gbr. 1 Kluster PCA dari Nilai Standar Deviasi

Gbr. 1 memperlihatkan tentang Klusterisasi PCA pada dari nilai standar deviasi. Dari grafik tersebut titik-titik ciri pada grafik PCA, dibagi menjadi 4 kluster, yaitu kluster tahu, tahu formalin, formalin dan air. Pola yang benar terdapat 38 titik dari 45 titik, sehingga dengan SVM konsep, tingkat pengenalan kluster PCA dari nilai standar deviasi adalah 84,4%. Pemisahan kluster antara tahu dan tahu formalin ataupun dengan tahu formalin, bisa dilakukan, walaupun jaraknya relatif pendek.

B. Maksimal



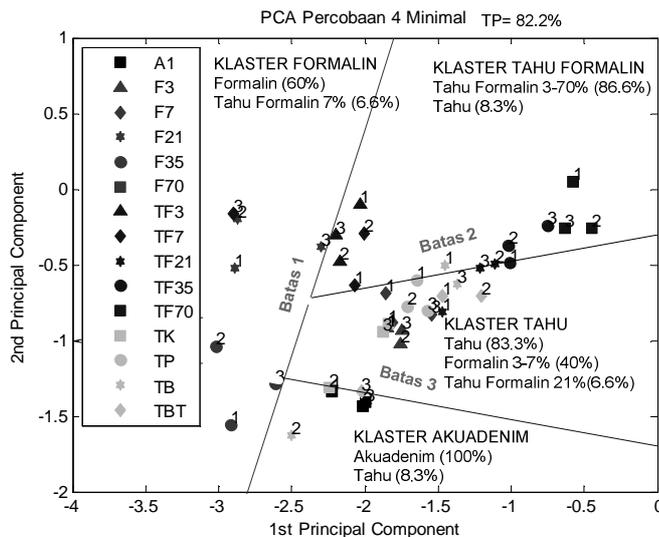
Gbr. 2 Kluster PCA Dari Nilai Maksimal

Langkah awal penyusunan metode SVM konsep adalah dengan menentukan persamaan garis pada masing-masing

batas kluster. Gbr. 2 memperlihatkan tentang Klusterisasi PCA pada dari nilai maksimal. Dari grafik tersebut titik-titik ciri pada grafik PCA, dibagi menjadi 4 kluster, yaitu kluster tahu, tahu formalin, formalin dan air. Pola yang benar terdapat 39 titik dari 45 titik, sehingga dengan SVM konsep, tingkat pengenalan kluster PCA dari nilai standar deviasi adalah 86,6%.

C. Minimal

Langkah awal penyusunan metode SVM konsep adalah dengan menentukan persamaan garis pada masing-masing batas kluster.

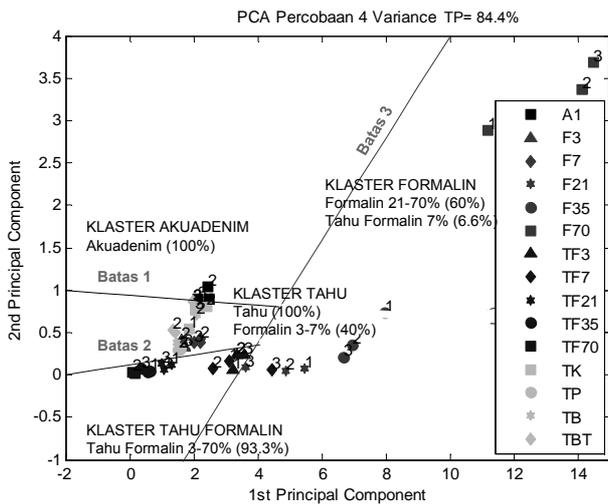


Gbr. 3 Kluster PCA Dari Nilai Minimal

Gbr. 3 memperlihatkan tentang Klusterisasi PCA pada dari nilai minimal. Dari grafik tersebut titik-titik ciri pada grafik PCA, dibagi menjadi 4 kluster, yaitu kluster tahu, tahu formalin, formalin dan air. Pola yang benar terdapat 37 titik dari 45 titik, sehingga dengan SVM konsep, tingkat pengenalan kluster PCA dari nilai standar deviasi adalah 82,2%. Pemisahan kluster antara tahu dan tahu formalin ataupun dengan tahu formalin, bisa dilakukan, walaupun jaraknya relatif pendek.

D. Variance

Langkah awal penyusunan metode SVM konsep adalah dengan menentukan persamaan garis pada masing-masing batas kluster.

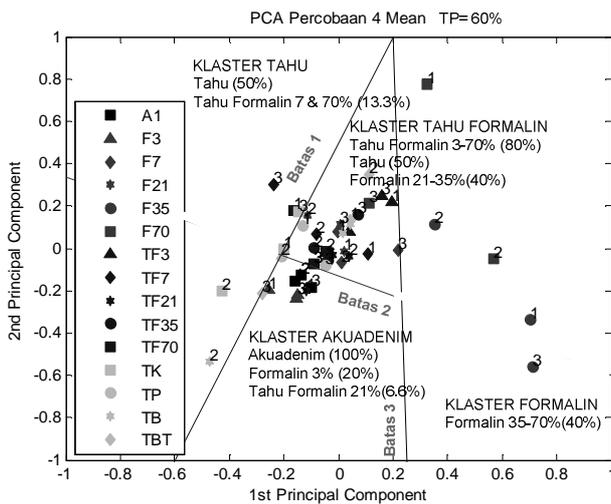


Gbr. 4 Kluster PCA Dari Nilai Variance

Gbr. 4 memperlihatkan tentang Klusterisasi PCA pada dari nilai variance. Dari grafik tersebut titik-titik ciri pada grafik PCA, dibagi menjadi 4 kluster, yaitu kluster tahu, tahu formalin, formalin dan air. Pola yang benar terdapat 38 titik dari 45 titik, sehingga dengan SVM konsep, tingkat pengenalan kluster PCA dari nilai standar deviasi adalah 84.4%.

E. Mean

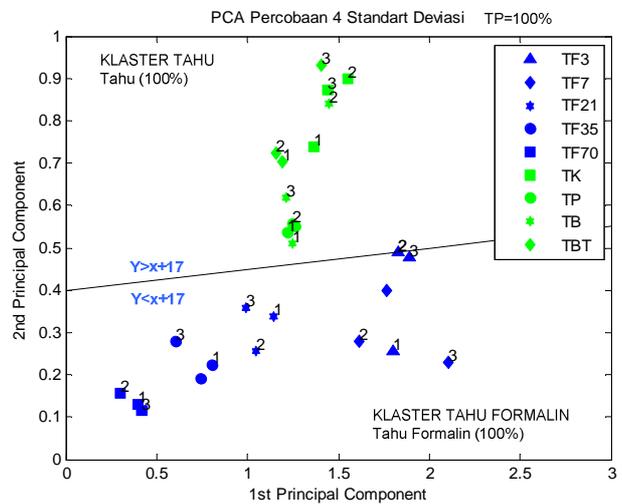
Langkah awal penyusunan metode SVM konsep adalah dengan menentukan persamaan garis pada masing-masing batas kluster.



Gbr. 5 Kluster PCA Dari Nilai Mean

Gbr. 5 memperlihatkan tentang Klusterisasi PCA pada dari nilai variance. Dari grafik tersebut titik-titik ciri pada grafik PCA, dibagi menjadi 4 kluster, yaitu kluster tahu, tahu formalin, formalin dan air. Pola yang benar hanya terdapat 27 titik dari 45 titik, sehingga dengan SVM konsep, tingkat pengenalan kluster PCA dari nilai standar deviasi adalah 60%. Dari ke-5 nilai tersebut, yaitu nilai deviasi standar, maksimal, minimal, variance dan mean, dicari tingkat pengenalan dari kluster yang terbaik. Tingkat pengenalan tertinggi adalah pada nilai maksimal, dengan nilai 86,67%.

Konsep Multikluster digunakan untuk melihat, sampai pada prosentase berapa, formalin masih bisa dikenali enose. Dari hasil analisis kluster dengan SVM konsep, diketahui bahwa enose telah mampu mengenali prosentase larutan formalin terkecil hingga 3%.



Gbr. 6 Analisis 2 Kluster antara Tahu dan Tahu Formalin

Berikutnya dilakukan analisis 2 kluster antara tahu dan tahu formalin sesuai dengan tingkat prosentase larutan terkecil yaitu 3%. Tabel hasil analisis kluster antara tahu dengan tahu formalin diperlihatkan pada Tabel 1.

TABEL I

HASIL ANALISIS KLASTER ANTARA TAHU DAN TAHU FORMALIN

NAMA	TINGKAT PENGENALAN KLASTER		TINGKAT PENGENALAN (%)
	TAHU	TAHU FORMALIN	
Standar deviasi	Tahu (100%)	Tahu Formalin 21-70% (100%)	100
Maksimal	Tahu (91,6%)	Tahu Formalin (86,6%)	100
	Tahu Formalin 7-21%(13,3%)	Tahu (8,3%)	
Minimal	Tahu (100%)	Tahu Formalin 21-70% (66,6%)	88,8
	Tahu Formalin 21-70% (33,3%)		
Variance	Tahu (100%)	Tahu Formalin 3-70% (100%)	100
Mean	Tahu (50%)	Tahu Formalin 3-70% (80%)	66,67
	Tahu Formalin 7 & 70% (20%)	Tahu (50%)	

Dari tabel tersebut, pada kluster tahu, untuk nilai maksimal, minimal, variance dan mean, masih tercampur dengan tahu formalin 70%, yaitu pada nilai minimal dan mean, sehingga pada nilai minimal dan mean tersebut terdapat percampuran ciri yang tidak wajar. Namun demikian, tingkat pengenalan kluster dapat diperbesar. Tingkat pengenalan tertinggi adalah pada kluster nilai standar deviasi, maksimal dan variance yang mencapai 100%. Sedangkan pengenalan terendah adalah pada kluster mean (66,67%).

• SVM Optimal

Untuk meningkatkan kinerja dari sistem pengenalan, kemudian analisis kluster diujicobakan menggunakan SVM optimal, yaitu menggunakan SVM kernel linear.

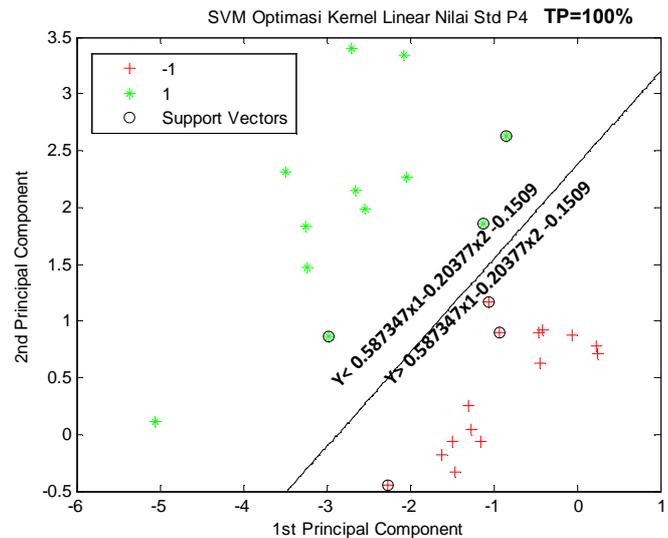
TABEL 2

HASIL ANALISIS KLASTER PENELITIAN 2 ANTARA SVM KONSEP DAN SVM OPTIMAL

NAMA	TP SVM konsep (%)	TP SVM Optimal (%)
Standar deviasi	100	100
Maksimal	100	100
Minimal	88,89	92,57
Variance	100	100
Mean	66,67	88,89

Hasil perbandingan tingkat pengenalan antara metode SVM konsep dan SVM optimal diperlihatkan pada Tabel 2,

tingkat pengenalan dari metode SVM optimasi jauh lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan SVM konsep. Hasil SVM Optimal diperlihatkan pada Gbr. 7.



Gbr. 7 Grafik Hasil SVM Optimal

Penelitian diakhiri dengan pengujian 60 sample odorant dengan data tingkat pengenalan kluster diperlihatkan pada Tabel 3.

TABEL III

GRAFIK TINGKAT PENGENALAN DATA UJI

Percobaan	TP FCM Lingkaran (%)
Standart Deviasi	76.67
Maksimal	98.33
Minimal	88.33
Variance	70
Mean	80

IV. PENUTUP

Berdasarkan perancangan dan hasil pengukuran sebuah instrument deteksi formalin pada tahu dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan, maka dihasilkan rekomendasi metode sesuai dengan penelitian 4, dengan sistem ekstraksi ciri yang menggunakan nilai maksimal dan analisis kluster FCM bentuk lingkaran.
2. dengan metode FCM bentuk lingkaran dan elip pada penelitian 2,3 dan 4, tingkat pengenalan kluster yang tertinggi dari data pembelajaran adalah pada nilai

maksimal, yaitu bernilai 100%, pada nilai maksimal pada penelitian 4.

REFERENSI

- [1] Frederic, Joseph., "Formaldehyde Chemistry", German : Reinhold Publishing, p.397, 2008.
- [2] Wen Zeng dkk, "Selective Detection of Formaldehyde Gas Using a Cd-Doped TiO₂-SnO₂ Sensor", Cinii, Japan, 2007.
- [3] Zang dkk, "Detection formaldehyde on the Octopus", IEEE, 2008, 978-1-4244-4520-2/08.
- [4] Hendrick dkk, "Klasifikasi Odor pada Ruang Terbuka dengan Menggunakan Short Time Fourier Transform dan Neural Learning Vector Quantization", Makalah Tesis jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri ITS, 2011.
- [5] Baiq Laely H dkk, "Penggunaan Perangkat Deret Sensor Gas Dalam Usaha Penentuan Formalin Pada Bahan Makanan", Makalah Tesis Jurusan Kimia Fakultas MIPA ITS, 2011
- [6] Wang, Ed., "Detection Low Concentration Of Formaldehid Methode, With Sno₂ Gas Sensor", in Proc 13 International Symposium, 2008, 973-0-7121-0453-2/08.
- [7] Jun Zhang, "Determination Freshwater Fish
- [8] Freshness with Gas Sensor Array", IEEE Std 978-0-7695-3507-4/08, 2009.
- [9] E Std 978-0-7695-3507-4/08, 2009