

**PERANCANGAN SISTEM PENGIDENTIFIKASI AROMA MENGGUNAKAN
JARINGAN SARAF TIRUAN METODA KOHONEN**

Tugas Akhir

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Terapan Pada Program Studi Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik
Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



OLEH:

FEBRIZAL RAMADHANI

1202012.2012

PROGRAM STUDI DIV TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2017

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

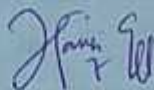
PERANCANGAN SISTEM PENGIDENTIFIKASIAN AROMA
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN METODA KOHONEN

Nama : Febrizal Ramadhani
BP / NIM : 2012 / 1202012
Program Studi : Teknik Elektro Industri (D4)
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Padang, Februari 2017

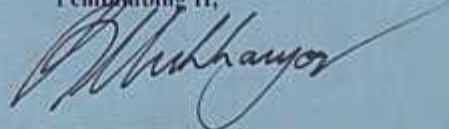
Disetujui Oleh

Pembimbing I,



Dr. Hansi Effendi, S.T, M.Kom
NIP. 19790211 200212 1 001

Pembimbing II,



Dr. Ir. Riki Mukhaiyar
NIP. 19780625 200812 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

FT-UNP



Dr. H. Hambali, M.Kes
NIP. 19620805 198703 1 004

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

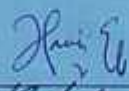
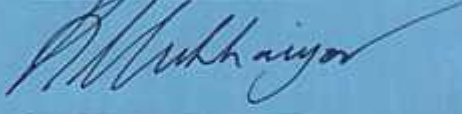
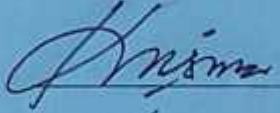

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan tim penguji tugas akhir
Program Studi Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Judul : Perancangan Sistem Pengidentifikasian Aroma Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Metoda Kohonen

Nama : Febrizal Ramadhani
BP / NIM : 2012 / 1202012
Program Studi : Teknik Elektro Industri (D4)
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Padang, Februari 2017

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Hansi Effendi, S.T, M.Kom	 _____
Sekretaris	: Dr. Ir. Riki Mukhaiyar	 _____
Anggota	: Krismadinata, S.T, M.T, Ph.D	 _____
Anggota	: Dwiprima Elvanny M, S.Si, M.Si	 _____



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171
Fax (0751) 705644 e-mail: info@ft.unp.ac.id



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

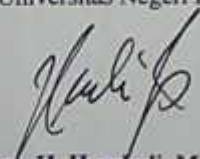
Nama : Febrizal Ramadhani
NIM/TM : 1202012 / 2012
Program Studi : Teknik Elektro Industri (D4)
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul **"Perancangan Sistem Pengidentifikasian Aroma Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Metoda Kohonen"** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang


Dr. H. Hambali, M.Kes
NIP. 19620508 1987 03 1004

Saya yang menyatakan,


Febrizal Ramadhani
NIM/BP. 1202012/2012

ABSTRAK

Febrizal Ramadhani : Perancangan Sistem Pengidentifikasian Aroma
Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Metoda Kohonen

Pembimbing 1 : Dr. Hansi Effendi, S.T, M.Kom

Pembimbing 2 : Dr. Ir. Riki Mukhaiyar

Hidung merupakan alat indera manusia yang menanggapi rangsang berupa bau (aroma) atau zat kimia yang berupa gas. Aroma merupakan salah satu parameter yang penting dalam menentukan kualitas suatu produk. Hadirnya teknologi biomimetik telah memunculkan sensor aroma yang memungkinkan untuk mengekstrak informasi dari sebuah sampel yang diberikan. MQ adalah sensor untuk mendeteksi kandungan gas pada suatu aroma, sedangkan untuk identifikasi kandungan gas sebatas mengetahui persentase tingkat kemurnian dari zat kimia. Pada tugas akhir ini sistem pengidentifikasian aroma menggunakan jaringan saraf tiruan.

Jaringan saraf tiruan (JST) adalah suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik yang menyerupai jaringan saraf manusia. Jaringan saraf tiruan tercipta sebagai suatu generalisasi model matematis dari pemahaman manusia (*human cognition*). Dalam proses pedeteksian aroma menggunakan metode jaringan kohonen. Metode kohonen adalah pembelajaran tanpa pengarahan (pembelajaran tanpa supervisi).

Data pelatihan JST menggunakan konverter ADC sensor gas MQ. Nilai ADC sensor dari gas aroma yang diberikan digunakan sebagai input terdiri dari 4 variabel yaitu MQ-2, MQ-3, MQ-4, dan MQ-6. Terdapat 4 target output yaitu parfum, asap, korek api dan tanpa gas. Pelatihan atau pembelajaran pada perancangan ini menggunakan 100 data yang mana masing-masing 25 data parfum (pola 1), 25 data asap (pola 2), 25 data korek api (pola 3), dan 25 data tanpa gas (pola 4). Hasil prediksi menunjukkan angka 94% dengan error yang sangat kecil.

Kata Kunci : Aroma, Jaringan Saraf Tiruan (JST), MQ, ADC

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Perancangan Sistem Pengidentifikasian Aroma Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Metoda Kohonen”**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV (D4).

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Hansi Effendi, S.T, M.Kom selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Riki Mukhaiyar selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis sampai Tugas Akhir ini selesai. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd, M.T Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. H. Hambali, M.Kes selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Asnil, S.Pd.,M.Eng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro
4. Bapak Drs. Aswardi, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Industri (DIV).
5. Bapak Dr. Hansi Effendi, S.T, M.Kom selaku pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Riki Mukhaiyar selaku Pembimbing II yang telah memberi motivasi dan bimbingan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Krismadinata, S.T, M.T, Ph.D selaku pengarah I dan Ibuk Dwiprima Elvanny Myori, S.Si, M.Si selaku pengarah II dalam tugas akhir ini.
7. Bapak/Ibu staf pengajar Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa studi.
8. Kedua orang tua dan saudaraku yang telah memberikan dorongan, doa, dan semangat serta kasih sayang kepada penulis.
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNP, khususnya Program Studi Teknik Elektro Industri (D4) Universitas Negeri Padang angkatan 2012.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kelemahan dan kekurangan dan penulis mengharapkan saran demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin

Padang, Februari 2017

Febrizal Ramadhani

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan	5
F. Manfaat	5
BAB II KAJIAN TEORI	6
A. Aroma dan Pengidentifikasiannya	6
B. Jaringan Saraf Tiruan	8
1. Pengertian jaringan saraf tiruan	8
2. Arsitektur jaringan saraf tiruan	13
3. Karakteristik jaringan saraf tiruan.....	16
C. Jaringan Kohonen.....	16

1. Arsitektur jaringan kohonen.....	17
2. Algoritma jaringan kohonen	18
3. Laju pemahaman	18
D. Sensor MQ	20
1. Sensor MQ-2	21
2. Sensor MQ-3	22
3. Sensor MQ-4	23
4. Sensor MQ-6	25
E. Arduino UNO.....	26
BAB III PERANCANGAN ALAT	30
A. Blok Diagram	30
B. Prinsip Kerja Alat.....	31
C. Perancangan <i>Hardware</i>	32
1. Rangkaian sensor	32
2. Mikrokontroler Arduini UNO	32
D. Perancangan <i>Software</i>	34
1. <i>Flowchart</i>	34
2. Konverter ADC	35
3. Jaringan saraf tiruan	36
4. Membentuk jaringan kohonen.....	49
5. <i>Graphical User Interface Design (GUIDE)</i>	40
6. Implementasi JST menggunakan GUIDE.....	44
7. Perancangan struktur sistem.....	45
8. Perancangan muka	47

BAB IV ANALISA DATA.....	51
A. Implementasi Sistem	51
B. Pengambilan Data ADC	51
C. Pelatihan Jaringan	52
1. Pengumpulan data	54
2. Penentuan pola	54
D. Pengujian Jaringan	62
E. Tampilan Antar Muka Sistem	63
1. <i>Form</i> utama	63
2. <i>Form</i> data	65
3. <i>Form</i> pelatihan	67
4. <i>Form</i> prediksi	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	72
A. Kesimpulan	72
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	76

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data pelatihan jaringan	108
Tabel 2. Data pengujian jaringan	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur dari sebuah sel saraf (neuron)	9
Gambar 2. Model <i>neuron</i>	11
Gambar 3. Arsitektur layar tunggal.....	14
Gambar 4. Arsitektur layar jamak.....	15
Gambar 5. Arsitektur layar kompetitif	15
Gambar 6. Arsitektur layar kompetitif.....	17
Gambar 7. Perubahan bobot untuk nilai <i>Learning Rate</i> yang kecil	19
Gambar 8. Perubahan bobot untuk nilai <i>Learning Rate</i> yang besar	19
Gambar 9. Sensor MQ-2	21
Gambar 10. Rangkaian sensor MQ-2.....	21
Gambar 11. Pengaruh terhadap suhu dan kelembapan MQ-2.....	21
Gambar 12. Sensor MQ-3	22
Gambar 13. Pengaruh terhadap suhu dan kelembapan MQ-3.....	22
Gambar 14. Sensor MQ-4	23
Gambar 15. Pengaruh terhadap suhu dan kelembapan MQ-4.....	23
Gambar 16. Sensor MQ-6	24
Gambar 17. Pengaruh terhadap suhu dan kelembapan MQ-6	25

Gambar 18. Arduino UNO	26
Gambar 19. Diagram sederhana mikrokontroler Atmega 328	28
Gambar 20 Blok diagram.	30
Gambar 21. Tampilan utama software IDE	33
Gambar 22. Tampilan untuk melihat nilai ADC	33
Gambar 23. <i>Flowchart system</i>	34
Gambar 24. Tampilan awal MATLAB	41
Gambar 25. Tampilan pilihan jenis aplikasi	41
Gambar 26. Base design tools MATLAB	42
Gambar 27. <i>Align object</i>	43
Gambar 28. M-file editor	43
Gambar 29. <i>Object browser</i>	44
Gambar 30. Rancangan <i>form</i> utama.....	47
Gambar 31. Rancangan <i>form</i> data.....	48
Gambar 32. Perancangan <i>form</i> pelatihan	49
Gambar 33. Perancangan <i>form</i> prediksi.....	49
Gambar 34. Nilai ADC parfum sensor gas MQ-2.....	52
Gambar 35. Bentuk jaringan	55

Gambar 36. Proses pelatihan jaringan.....	56
Gambar 37. Performa jaringan.....	57
Gambar 38. <i>Training state</i> jaringan.....	57
Gambar 39. <i>Regression</i>	58
Gambar 40. Proses pelatihan jaringan.....	60
Gambar 41. Performa jaringan.....	61
Gambar 42. <i>Training state</i> jaringan.....	61
Gambar 43. <i>Regression</i> jaringan.....	62
Gambar 44. Hasil pengujian.....	63
Gambar 45. <i>Form</i> utama.....	64
Gambar 46. <i>Form</i> data.....	66
Gambar 47. <i>Form</i> pelatihan.....	67
Gambar 48. <i>Form</i> prediksi.....	68
Gambar 49. Hasil prediksi aroma parfum.....	69
Gambar 50. Hasil prediksi aroma asap.....	70
Gambar 51. Hasil prediksi aroma/gas korek api.....	70
Gambar 52. Hasil prediksi tanpa gas/aroma.....	71

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. <i>Listing Program</i>	77
LAMPIRAN 2. Daftar tabel	108
LAMPIRAN 3. Nilai keluar dan error	111
LAMPIRAN 4. <i>Data Sheet</i>	113

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aroma adalah zat kimia yang tercampur di udara, umumnya dengan konsentrasi yang sangat rendah yang manusia terima dengan indera penciuman. Aroma dapat berupa bau enak maupun tak enak. Istilah wewangian atau aroma digunakan terutama pada industri makanan dan kosmetik untuk menggambarkan bau enak, dan kadang digunakan untuk merujuk pada parfum. Selain itu Evanindya (2011:17) menjelaskan, senyawa penyusun produk dapat ditentukan pula dengan aroma. Hidung berperan penting dalam menentukan jenis aroma parfum. Di dalam rongga hidung terdapat serabut saraf pembau yang dilengkapi dengan sel-sel pembau. Dalam sistem penciuman pada hidung dapat dibuat tiruannya dengan menggunakan beberapa sensor gas sebagaimana serabut saraf pembau pada hidung.

Aroma gas yang tercampur di udara terkadang bisa berdampak buruk bagi kesehatan hidung dan pernapasan. Hidung merupakan alat indera manusia yang menanggapi rangsang berupa bau (aroma) atau zat kimia yang berupa gas. Setiap gas yang dihirup akan merangsang saluran pernapas dan terjadi iritasi. Pada orang yang saluran pernapasannya sensitif akan lebih cepat mengalami gangguan saluran pernapasan.

Otak manusia merupakan pusat kecerdasan dan pengendali aktivitas manusia yang memiliki kemampuan luar biasa. Otak mempunyai struktur yang menakjubkan karena kemampuannya membentuk sendiri aturan-aturan atau pola berdasarkan pengalaman yang diterima. Sekarang sudah banyak teknologi yang

mencoba menirukan prinsip kerja saraf manusia yang sering disebut saraf tiruan. Hermawan (2006:03) mendefinisikan jaringan saraf tiruan (JST) adalah suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik yang menyerupai jaringan saraf manusia. Jaringan saraf tiruan tercipta sebagai suatu generalisasi model matematis dari pemahaman manusia (*human cognition*). Eliyani (2005:02) menjelaskan bahwa jaringan syaraf tiruan atau JST (*artificial neural network*) adalah paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel syaraf biologi, sama seperti otak yang memproses suatu informasi. Adapun penggunaan JST saat ini dianggap sebagai salah satu perangkat yang penting pada kemometrika. Kusumadewi (2010:82) menyatakan bahwa pembuatan struktur jaringan saraf tiruan diilhami oleh struktur jaringan biologis, khususnya jaringan otak manusia.

Pada dasarnya cara kerja JST meniru aksi dari neuron jaringan biologis manusia, dimana setiap neuron menerima sinyal yang berbeda dari neuron tetangganya dan kemudian memprosesnya. Menurut Yunanti (2010:1) JST biasanya bekerja dengan baik jika berhadapan dengan kondisi non-linier dimana terdapat ketergantungan antara masukan (*input*) dengan vektor keluaran (*output*) dan umumnya metode tersebut berhasil dengan baik untuk jenis kelas terpisah dengan batas non-linier (*non-linier*).

Jaringan yang ditemukan oleh Kononen pada tahun 1982 merupakan salah satu metode dalam Jaringan Syaraf Tiruan yang menggunakan pembelajaran tanpa pengarahan (pembelajaran tanpa supervisi). Rismawan (2008:2) menjelaskan bahwa pada jaringan ini, suatu lapisan yang berisi neuron-neuron akan menyusun dirinya sendiri berdasarkan input nilai tertentu dalam suatu kelompok yang

dikenal dengan istilah *cluster*. Selama proses penyusunan diri, *cluster* yang memiliki vektor bobot yang paling cocok dengan pola input (memiliki jarak yang paling dekat) akan terpilih sebagai pemenang.

Hadirnya teknologi biomimetik telah memunculkan sensor aroma yang memungkinkan untuk mengekstrak informasi dari sebuah sampel yang diberikan. MQ adalah sensor untuk mendeteksi kandungan gas pada suatu aroma, sedangkan untuk identifikasi kandungan gas sebatas mengetahui persentase tingkat kemurnian dari zat kimia. Menurut Imron (2013:1) Kemampuan dari sistem tersebut dapat menganalisa sampel yang memiliki komposisi yang kompleks sehingga dapat diketahui karakteristiknya dan analisa kualitatifnya. Ditinjau secara keilmuan sistem tersebut merupakan gabungan pengetahuan dari berbagai cabang ilmu dasar yaitu teknologi sensor, metode pengenalan pola (*pattern recognition*), kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dan kemometrika (*chemometric*).

Dengan kemampuan jaringan syaraf tiruan yang menirukan kemampuan otak manusia dalam mengolah pola-pola inputan yang diberikan untuk menghasilkan keluaran atau kesimpulan yang ditarik berdasarkan pengalamannya selama proses pembelajaran, jaringan syaraf tiruan dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mendeteksi aroma. Saat ini pengembangan tentang pengidentifikasian aroma sangatlah sedikit, adapun penelitian tentang ini, aroma yang dikenali hanya 1 atau 2 aroma saja.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pembahasan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Dalam mendeteksi aroma memiliki kekurangan diantaranya adalah performa atau keakuratan tergantung dari jenis sensor gas yang digunakan dan keadaan temperatur pada saat pengujian.
2. Pembuatan aplikasi yang sudah dipublikasikan sangat terbatas.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Perancangan aplikasi untuk mendeteksi aroma.
2. Instrumen yang digunakan terdiri dari 4 sensor (MQ-2, MQ-3, MQ-4, dan MQ-6) .
3. Sampel aroma yang akan digunakan adalah 3 macam jenis gas.
4. Proses pengidentifikasian aroma dilakukan dengan menggunakan Arduino UNO.
5. Pembuatan aplikasi menggunakan software Matlab.

D. Rumusan Masalah

Dalam perencanaan sistem pengidentifikasi aroma menggunakan sistem jaringan saraf tiruan metoda kohonen ini muncul beberapa permasalahan antara lain:

1. Bagaimana alat ini bisa mengenali aroma dengan menggunakan sensor.
2. Bagaimana cara merancang perangkat keras dan perangkat lunak yang akan dikomunikasikan ke PC.
3. Bagaimana menentukan jenis sampel aroma yang sesuai dengan karakteristik dari sensor MQ yang akan diidentifikasi.

E. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini yaitu dapat merancang sistem pengidentifikasian aroma menggunakan jaringan saraf tiruan.

F. Manfaat

Adapun manfaat dari perancangan sistem pengidentifikasian aroma ini dapat membantu dalam mengidentifikasi berbagai jenis aroma adalah:

1. Mampu mendeteksi aroma yang mengandung zat berbahaya. Aroma gas berbahaya yang sering dihirup akan mengakibatkan gangguan kesehatan.
2. Memahami lebih jauh penerapan dari jaringan saraf tiruan di kehidupan sehari-hari. Konsep jaringan saraf tiruan ini bukan hanya untuk mendeteksi aroma saja, tapi bisa diterapkan ke dalam situasi dan masalah yang lain seperti, pemrosesan sinyal, peramalan dan lain-lain.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Jaringan saraf tiruan pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis aroma. Dalam sistem pengidentifikasian aroma jaringan saraf tiruan mampu memproses kemampuan pengetahuan secara efisien karena memakai sistem paralel, sehingga waktu yang diperlukan untuk mengoperasikan jadi lebih singkat.
2. Pada proses pengidentifikasian aroma, tingkat keakuratannya sangat tinggi yaitu hampir mendekati 100% dan sesuai dengan apa yang di inginkan. Jika pun ada kesalahan dalam mengidentifikasian, kesalahan tersebut bisa dianggap sebagai *noise* belaka karena jaringan saraf tiruan memiliki kemampuan untuk memberikan toleransi atas suatu distorsi (*error*). *Error* yang didapatkan selama melakukan prediksi yaitu sebesar 6%.

B. Saran

Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan sistem ini lebih lanjut adalah:

1. Aplikasi jaringan saraf tiruan ini dapat dikembangkan tidak hanya untuk mendeteksi aroma saja, tapi juga untuk lebih banyak melakukan prediksi diberbagai bidang lain seperti pendeteksian jenis penyakit manusia, peramalan curah hujan dan lain-lainya.

2. Dalam penginputan nilai ADC bisa dilakukan secara serial atau langsung dari mikrokontroler ke matlab atau software pendukung lainnya.
3. Sebagai langkah pengembangan agar mendapatkan hasil yang optimal, jaringan perlu dilatih dengan data yang banyak dan bervariasi sehingga tingkat keakurasian meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Maria. 2012. Penggunaan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Jurusan Teknik Komputer Di Politeknik Negeri Surabaya. Undip. Semarang.
- Arifin, Bustanul. 2014. Modul Pratikum Mikroprosesor dan Mikrokontroler. Unissula-Semarang.
- Eliyani. 2005. Pengantar Jaringan Saraf Tiruan (Online). (MateriKuliah.com, diakses 1 Juni 2016).
- Evanindya, Fauzia. 2011. Aroma Dalam Ruang Arsitektur. FT-UI. Jakarta
- Herawaty, B. Laely dkk. 2011. Desain Perangkat *Elctronic Nose* Sebagai Alat Pendeteksi Formalin Dalam Bahan Makanan (Jurnal). ITS-Surabaya.
- Hermawan, Arief. 2006. Jaringan Saraf Tiruan Teori Dan Aplikasi. Andi. Yogyakarta.
- Imron, Arizal. 2013. Aplikasi Sensor TGS Series Untuk Mengidentifikasi Jenis Dan Kandungan Gas Dengan Metode *Neural Network Backpropagation* Berbasis Mikrokontroler AVR. Universitas Jember-Jember.
- Indrawan, Angga. 2014. Clustering Data Ekspor Rotan Plastik Sintetis PT. Mazuvo Indo Dengan Algoritma Jaringan Kohonen. Semarang. Universitas Dian Nuswantoro.
- Institut Teknologi Sepuluh Nopember (Online), (<http://old.its.ac.id/berita.php?nomer=7359>, diakses 20 juli 2016).
- Kusumadewi, Sri. 2010. Jaringan Saraf Tiruan. Jakarta.
- Mukhaiyar, Riki. 2002. Perancangan Sistem Pengidentifikasiian Aroma Menggunakan Sistem Jaringan Saraf Tiruan Metoda Kohonen Berbasis Bahasa Pemograman C++. Padang.
- Puspitaningrum, Diyah. 2006. Pengantar Jaringan Saraf Tiruan. Andi. Yogyakarta.
- Safuan, Ahmad. Pengujian Respon Sensor MQ2 dan MQ8 Dengan Metode Analisis Titik Pusat Klaster Berbasis *Bulbus Olfactory Electronic* (BOE). *Jurnal Teknik Elektro UDN*. Semarang
- Simatupang, Gylbert. 2015. Ranjang Bangun Alat Pedeteksi Kadar Alkohol Melalui Ekshalasi Menggunakan Sensor TGS2620 Berbasis Mikrokontroler Ardiuno UNO. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer UNSRAT Vol.4 No.7 (2015)*. Manado