TUGAS AKHIR – EE 184801

IDENTIFIKASI KUALITAS IKAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR ELEKTROKIMIA DAN NEURAL NETWORK

Muhammad Hamka Firdaus
NRP 07111540000075

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Muhammad Attamimi, B. Eng., M. Eng., Ph.D.

DEPATERMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

TUGAS AKHIR – EE 184801

IDENTIFIKASI KUALITAS IKAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR ELEKTROKIMIA DAN *NEURAL NETWORK*

Muhammad Hamka Firdaus
NRP 07111540000075

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Muhammad Attamimi, B. Eng., M. Eng., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

FINAL PROJECT – EE 184801

Fish Quality Identification using Electrochemical Sensor Array and Neural Network

Muhammad Hamka Firdaus
NRP 07111450000075

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Muhammad Attamimi, B. Eng., M. Eng., Ph.D.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "Identifikasi Kualitas Ikan menggunakan Deret Sensor Elektrokimia dan Neural Network" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Juli 2019

Muhammad Hamka Firdaus
NRP. 0711 15 40000 075

...............Halaman ini sengaja dikosongkan...............

IDENTIFIKASI KUALITAS IKAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR ELEKTROKIMIA DAN NEURAL NETWORK

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II,
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.	Muhammad Attamimi, B. Eng., M. Eng., Ph.D.
NIP : 196904261994031003	NIP : 1985201711039

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
DEPARTEMEN
TEKNIK ELEKTRO

SURABAYA

...............Halaman ini sengaja dikosongkan..............

IDENTIFIKASI KUALITAS IKAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR ELEKTROKIMIA DAN NEURAL NETWORK

Nama : Muhammad Hamka Firdaus
Pembimbing : 1. Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
2. Muhammad Attamimi B. Eng., M. Eng., Ph.D.

ABSTRAK

Identifikasi kualitas ikan digunakan untuk menentukan busuk tidaknya ikan sehingga diketahui bahwa apakah ikan tersebut layak untuk dikonsumsi. Namun saat ini, cara mengetahui ikan tersebut layak dikonsumsi atau tidak hanya menggunakan pengamatan lewat fisik dan bau, secara langsung oleh manusia, sehingga bisa membahayakan manusia dikarenakan ikan yang sudah busuk memiliki gas-gas yang beracun serta berbau menyengat yang dihasilkan oleh mikroorganisme di makanan tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan suatu alat yang dapat mengenali kualitas ikan sehingga tidak perlu ada pengamatan secara langsung oleh manusia untuk mengenali kualitas ikan yang layak dikonsumsi atau tidak. Pada tugas akhir ini, dirancang alat untuk mengidentifikasi kualitas ikan dari nilai gas H_2S, NH_3, dan CO dimana gas-gas tersebut akan dideteksi menggunakan deret sensor elektrokimia untuk membaca gas yang akan dikonversi menjadi sinyal listrik analog. Listrik analog tersebut akan dibaca oleh *Analog to Digital Converter* 16 bit berupa modul ADS1115 dan data akan dikonversi menjadi nilai *ppm (part per million).* Data dari output sensor tersebut akan dijadikan bahan proses *learning* untuk jaringan saraf tiruan (*Neural Network)* yang akan digunakan untuk melakukan klasifikasi kualitas dari ikan yang dilakukan menggunakan mikrokontroller Arduino Due. Alat yang dirancang telah mampu melakukan klasifikasi kualitas beragam jenis ikan utuh yang dijual dipasaran dengan ukuran 100-200 gram dengan tingkat akurasi sebesar 80%.

Kata kunci : deret sensor, elektrokimia,, identifikasi, ikan, kualitas, neural network

...............Halaman ini sengaja dikosongkan...............

FISH QUALITY IDENTIFICATION USING ELECTROCHEMICAL SENSOR ARRAY AND NEURAL NETWORK

Name : Muhammad Hamka Firdaus
Supervisor : 1. Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
2. Muhammad Attamimi B. Eng., M. Eng., Ph.D.

ABSTRACT

Identification of the quality of fish is used to determine whether or not the fish rot is known so that it is suitable for consumption. But today, the identification for fish quality is using observation through physical and odor directly by humans. This kind of activity may be dangerous because of the poisonous and pungent gases produced by microorganism in rotten fish. In order to prevent this, a tool that can identify the quality of fish is needed so there is no need direct observation to be done by humans to identy the quality of fish. In this final project, a tool is designed to identify the quality of fish from the value of H_2S*,* NH_3*, and CO gas where the gases will be detected using gas array sensor that will be converted into an analog electrical signal. Analog signal will be read by Analog to Digital Converter 16 bit ADS1115 module and data will be converted to ppm (part per million) value. Gas data obtained by sensor output will be used as material for the learning process of artificial neural network that will be used to classify the quality of fish in Arduino Due microcontroller. The designed tool has been able to classify the quality of various types of whole fish which are being sold in market with a size of 100-200 grams with an accuracy rate of 80%.*

Keywords : fish, identification, electrochemical, neural network, sensor array, quality

..............Halaman ini sengaja dikosongkan..............

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan hikmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "**IDENTIFIKASI KUALITAS IKAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR ELEKTROKIMIA DAN *NEURAL NETWORK***", sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan program Strata-Satu di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan dan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak sekali doa, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan bapak Muhammad Attamimi B. Eng., M. Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing II atas gagasan topik tugas akhir serta bimbingan dan arahan untuk penulis selama mengerjakan tugas akhir.
2. Bapak Ir. Tasripan, M.T., bapak Ir. Harris Pirngadi, M.T., bapak Astria Nur Irfansyah, S.T., M. Eng., Ph.D., dan bapak Dr. Eng. Ir. Totok Mujiono, M. Ikom. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan revisi terkait buku tugas akhir.
3. Bapak Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M. Eng. selaku Kepala Departemen Teknik Elektro ITS.
4. Orang tua, yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan kasih sayang yang luar biasa kepada penulis.
5. Seluruh dosen bidang studi elektronika Departemen Teknik Elektro ITS.
6. Rekan-rekan kepengurusan HIMATEKTRO SIGAP dan juga HIMATEKTRO SERASI, khususnya Departemen Keprofesian, Departemen Prokesma, dan kabinet SERASI yang dalam perjalanannya telah memberikan bantuan, pemikiran, pembelajaran serta pengalaman yang sangat berarti terhadap keberlangsungan hidup penulis.
7. Sahabat-sahabat satu atap Araya yang telah bersama sepanjang hari selama 2 tahun lamanya bersama penulis melewati lika-

liku kehidupan perantauan di Surabaya.

8. Rekan-rekan seperjuangan B202 e55 yang telah bersama melewati dinding-dinding dan jurang-jurang elektronika yang baik disadari maupun tidak telah menguras banyak keringat dan rupiah selama 4 semester lamanya.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 2019

Muhammad Hamka Firdaus

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN i
TUGAS AKHIR iii
ABSTRAK v
ABSTRACT vii
KATA PENGANTAR ix
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Batasan Masalah 2
1.5. Metodologi Penelitian 2
1.6. Sistematika Penulisan 4
1.7. Relevansi 5
BAB II 7
TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1. Kualitas Ikan 7
2.2. Sensor Elektrokimia 8
2.3. Modul ADC ADS1115 10
2.4. Arduino Due 11
2.5. Neural Network 13
2.6. LCD 20x4 16
2.7. Kipas DC Brushless 17
2.8. Buck-boost Converter DC-DC 18
2.9. Gas Hidrogen Sulfida (H_2S) 19
2.10. Gas Karbon Monoksida (CO) 20
2.11. Gas Ammonia (NH_3) 20
BAB III 21
PERANCANGAN SISTEM 21
3.1. Diagram Blok Sistem 21
3.2. Perancangan Perangkat Keras 22
3.3. Perancangan Perangkat Lunak 31
BAB IV 37
PENGUJIAN DAN ANALISIS 37

4.1. Pengujian Respon Deret Sensor Gas....................................37
4.2. Pengujian Keseluruhan Sistem 43
PENUTUP 49
5.1. Kesimpulan..49
5.2. Saran..49
DAFTAR PUSTAKA..51
LAMPIRAN A..53
LAMPIRAN B..61
LAMPIRAN C..69
LAMPIRAN D 70
BIODATA PENULIS 87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konstruksi Sensor Gas Elektrokimia Amperometrik 9
Gambar 2.2 Rangkaian Sensor MQ.. 10
Gambar 2.3 Modul ADS1115..11
Gambar 2.4 Board Arduino Due. 12
Gambar 2.5 Diagram pinout Arduino Due 13
Gambar 2.5 *Multilayer perceptro*n dengan 2 hidden layer.................... 14
Gambar 2.6 Treshold function... 15
Gambar 2.7 Sigmoid function.. 16
Gambar 2.8 Gambar LCD 20x4. 17
Gambar 2.9 Kipas DC Brushless. 18
Gambar 2.10 Blok Diagram XL6009 19
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem. 21
Gambar 3.2 Rangkaian Elektronik Sensor Gas Elektrokimia. 22
Gambar 3.3 Fungsi Rs/Ro hasil kalibrasi... 24
Gambar 3.4. Datasheet fungsi Rs/Ro MQ-136..................................... 25
Gambar 3.5 Datasheet fungsi Rs/Ro MQ-137...................................... 26
Gambar 3.6 Rangkaian Elektronik Sensor MQ.................................... 26
Gambar 3.8 Realisasi board deret sensor. 28
Gambar 3.9 Rangkaian switch untuk kipas BLDC. 30
Gambar 3.10 Arsitektur *Neural Network*. 33
Gambar 4.1 Respon Sensor H2S-B4 dalam ppb pada udara bersih. 37
Gambar 4.2 Respon Sensor H2S-B4 dalam ppm pada udara bersih. 38
Gambar 4.3 Respon Sensor CO-B4 dalam ppm pada udara bersih....... 38
Gambar 4.4 Foto realisasi alat.. 39
Gambar 4.5 Tampilan pembacaan nilai sensor pada LCD. 39
Gambar 4.7 Respon Sensor H2S-B4 dalam ppm pada sampel ikan...... 40
Gambar 4.8 Respon Sensor CO-B4 dalam ppm pada sampel ikan. 41
Gambar 4.9 Respon Sensor MQ-136 dalam ppm pada sampel ikan. 42
Gambar 4.10 Respon Sensor MQ-137 dalam ppm pada sampel ikan. .. 43
Gambar 4.8 Respon deret sensor pada sampel ikan. 46
Gambar 4.9 Hasil learning Neural Network dengan dataset ikan. 47

...............*Halaman ini sengaja dikosongkan*..............

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel produksi senyawa pembusukan pada ikan 8
Tabel 2.2 Pinout LCD 20x4. 17
Tabel 3.1 Konektivitas pin modul ADS1115 28
Tabel 3.2 Konektivitas Arduino Due. 29
Tabel 3.3 Konektivitas *Boost Converter*. 30
Tabel 3.4 Konektivitas pin LCD 20x4. 31
Tabel 4.1 Respon deret sensor dalam ppm pada label ikan segar. 44
Tabel 4.2 Respon deret sensor dalam ppm pada label ikan setengah busuk. 45
Tabel 4.3 Respon deret sensor dalam ppm pada label ikan busuk. 45
Tabel 4.4 Hasil pengujian keseluruhan sistem. 48

...............Halaman ini sengaja dikosongkan...............

BAB I
PENDAHULUAN

Tugas akhir merupakan suatu penelitian yang dilakukan untuk memenuhi persyaratan akademik dalam mendapatkan gelar sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Topik yang akan dibahas pada tugas akhir ini mengenai identifikasi kualitas ikan dengan menggunakan deret sensor elektrokimia dan *Neural Network*.

Pada bab ini akan membahas mengenai hal-hal yang mendahului pelaksanaan tugas akhir. Hal tersebut meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan relevansi.

1.1. Latar Belakang

Identifikasi kualitas ikan digunakan untuk menentukan bahwa ikan tersebut layak dikonsumsi atau tidak. Namun saat ini, cara mengetahui ikan tersebut layak dikonsumsi atau tidak hanya menggunakan pengamatan lewat fisik dan bau, secara langsung oleh manusia, sehingga berpotensi menghasilkan tingkat error yang tinggi dan bahkan bisa membahayakan manusia dikarenakan ikan yang sudah tidak layak konsumsi memiliki gas-gas beracun yang dihasilkan oleh mikroorganisme di ikan tersebut seperti gas hidrogen sulfida (H_2S) dan ammonia (NH_3)[1]. Efek dari terpapar gas H_2S dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kehilangan kesadaran hingga kematian dan dalam konsentrasi yang rendah untuk dapat mengganggu sistem pernapasan[2], sehingga dibutuhkan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas ikan.

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam hal penggunaan sensor gas untuk electric nose [3], [4], juga mengukur kesegaran pada makanan dengan berbagai jenis sensor dimana salah satunya terdapat metode dengan menggunakan sensor gas elektrokimia untuk mendeteksi NO, CO, H_2S, dan NH_3 [5]. Penelitian untuk mengukur kesegaran pada daging berdasarkan sensor gas juga pernah dilakukan [6], [7], lalu penggunaan Neural Network dilakukan untuk mengklasifikasikan data [8]. Penelitian terhadap kualitas ikan dengan menggunakan beberapa sensor gas juga pernah dilakukan, namun memiliki kelemahan dengan cukup tingginya cross sensitivity pada sensor sehingga gas lainnya dapat mengacaukan

pembacaan sensor gas [9].

Pada penelitian ini, akan digunakan sensor gas elektrokimia untuk mendeteksi gas-gas pada sampel ikan. Sensor gas elektrokimia yang digunakan merupakan sensor amperometrik dan konduktometrik sehingga membaca nilai gas dalam bentuk arus listrik dan perubahan konduktivitas. Arus listrik dan konduktivitas dikonversi menjadi tegangan listrik dan akan dikonversi oleh modul *Analog to Digital Converter* menjadi nilai digital yang akan dihubungkan dengan mikrokontroller Arduino Due. Data tersebut akan diolah menggunakan *Neural Network* untuk klasifikasi kualitas ikan.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara mengidentifikasi kualitas ikan?
2. Bagaimana rancangan dan implementasi alat untuk mengidentifikasi kualitas ikan?
3. Bagaimana cara menentukan kualitas ikan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai pada tugas akhir ini adalah:

1. Mengidentifikasi kualitas ikan menggunakan deret sensor elektrokimia.
2. Membuat rangkaian elektronik serta mekanik alat untuk mengidentifikasi kualitas ikan menggunakan Arduino Due.
3. Menghasilkan klasifikasi kualitas ikan menggunakan Neural Network.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah gas yang dijadikan parameter yaitu :

1. Gas yang dijadikan parameter pembacaan adalah CO, H_2S, dan NH_3.
2. Sampel ikan yang digunakan memiliki bobot 100-200 gram.

1.5. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dikerjakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi Literatur adalah tahap yang dilakukan untuk mengumpulkan, meninjau, dan mengkaji seluruh sumber literasi atau penelitian yang terkait dan mampu menunjang keberhasilan tugas akhir. Sumber dari studi literatur dapat berupa jurnal, buku, dan artikel tertentu yang sesuai dengan kaidah ilmiah dan dapat dipertanggungjawabkan.

2. Perancangan Sistem Alat

Tahap ini merupakan perancangan sistem dari alat uji kualitas ikan, dimana dirancang alur bagaimana proses kerja dari sistem alat yang akan dibuat. Pada perancangannya, sampel ikan yang akan diuji akan ditempatkan pada wadah yang terdapat sensor gas didalamnya yang akan membaca nilai gas-gas dari H_2S, NH_3 dan CO, lalu nilai hasil pembacaan yang masih berupa nilai analog akan dikonversi oleh modul ADC ADS1115 dan juga ADC pada Arduino Due menjadi nilai digital yang terhubung dengan mikrokontroller Arduino Due lalu diolah oleh Neural Network sehingga didapatkan output berupa klasifikasi kualitas dari ikan tersebut yang akan ditampilkan pada LCD 20x4.

3. Perancangan Deret Sensor Gas

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan dari deret sensor gas. Pemilihan komponen yang digunakan meliputi sensor yang akan digunakan untuk membaca nilai H_2S, NH_3, dan CO sehingga menghasilkan output yang diinginkan berupa nilai *ppm (part per million)* dari gas tersebut pada suatu wadah.

4. Pengujian Deret Sensor Gas terhadap Sampel Ikan

Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan sampel ikan kedalam *box* yang sudah terpasang deret sensor gas. Gas pada sampel ikan akan dibaca oleh sensor gas selama 60 detik lalu nilainya akan disimpan. Sampel ikan terdiri dari ikan segar, ikan setengah busuk dan ikan busuk.

5. Perancangan dan Pembelajaran Sistem *Neural Network*

Pada tahap ini akan dirancang arsitektur *Neural Network* yang memiliki 4 input berupa sensor H2S-B4, CO-B4, MQ136, dan MQ137. Data yang sudah dikumpulkan pada tahap sebelumnya akan di *learning* oleh *Neural Network* yang pada komputer untuk menghasilkan nilai *weight* dan *bias*.

6. **Tahap Pengujian dan Validasi**

Nilai *weight* dan *bias* hasil *learning* akan diimplementasikan pada *Neural Network* yang dirancang pada Arduino Due. Validasi *Neural Network* dilakukan dengan menggunakan sampel ikan yang terdiri dari kualitas segar, setengah busuk, dan busuk. Hasil klasifikasi akan menentukan keakuratan dari metode *neural network* dengan deret sensor gas.

7. **Penyusunan Laporan Tugas Akhir**

Penulisan laporan tugas akhir disusun seiring dengan dilakukannya penelitian tugas akhir berdasarkan data hasil yang telah didapat..

8. **Penyusunan Laporan Tugas Akhir**

Penulisan jurnal ilmiah berdasarkan data penelitian hasil tugas akhir setelah laporan tugas akhir selesai.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam buku tugas akhir ini, pembahasan mengenai tugas akhir disusun menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- **BAB I : Pendahuluan**
  Bab ini meliputi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.
- **BAB II : Tinjauan Pustaka**
  Pada bab ini berisi mengenai teori yang mendasari penyusunan laporan tugas akhir secara umum khususnya yang berhubungan komponen yang akan digunakan.
- **BAB III : Perancangan Sistem**
  Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem yang meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) untuk pembuatan alat ini.
- **BAB IV : Pengujian dan Analisis**
  Pada bab ini menguraikan tentang pengujian alat pada pesawat dan analisa hasil pengujian.
- **BAB V : Penutup**
  Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan alat serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7. Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat membuka pintu untuk mengklasifikasikan kualitas dari makanan lainnya dengan menggunakan deret sensor gas dan juga *Neural Network.*

...............Halaman ini sengaja dikosongkan...............

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini merupakan teori-teori dasar yang digunakan sebagai penunjang oleh penulis dalam mengerjakan penelitian tugas akhir.

2.1. Kualitas Ikan

Bau, warna, tekstur, dan rasa dari suatu makanan dapat dijadikan sebagai tolak ukur kualitas makanan. Kualitas makanan tersebut dipengaruhi oleh adanya produksi senyawa pembusukan pada ikan yang dihasilkan oleh aktivitas dari mikroorganisme. Salah satu penentu dari kualitas dari ikan berdasarkan SNI 01-2729.1-2006 tentang spesifikasi ikan segar adalah bau, dimana pada ikan yang sudah busuk menghasilkan bau yang sangat menyengat hidung [10], dimana hal tersebut merupakan hasil produksi dari aktivitas mikroorganisme yang nantinya dapat menghasilkan bau busuk yang diakibatkan oleh gas H_2S dan NH_3[1]. NH_3 yang dihasilkan merupakan termasuk dari Total Volatile Basic – Nitrogen (TVB-N) [11]. Beberapa mikroorganisme yang terdapat pada ikan dapat menghasilkan kedua gas tersebut. Mikroorganisme yang dapat menghasilkan gas H_2S yaitu Shewanella putrefaciens, vibrionaceae, enterobacteriaceae, dan juga lactic acid bacteria. Gas NH_3 juga dapat dihasilkan oleh Pseudomonas sp., enterobacteriaceae, lactic acid bacteria, yeast, dan anaerobic rods. Pada penelitian yang pernah dilakukan untuk mengukur kesegaran pada ikan juga menggunakan gas CO [3] sebagai salah satu parameter. Mikroorganisme yang menyumbang pembusukan pada ikan memiliki beberapa jenis dan gas yang dihasilkan oleh para mikroorganisme juga dapat berbeda [12].

	Production (+) of spoilage compounds						
Substrate	*TMAO*	*Cysteine*	*Methionine*	*Other amino acids*	*IMP, inosine*	*Carbohydrates, lactate*	
Compounds	*TMA*	H_2S	CH_3SH, $(CH_3)_2S$	*Ketones, esters, aldehydes,* NH_3	*Hypoxanthine*	*Acids*	*Product examples*
Spoilage bacteria							
Shewanella putrefaciens	+	+	+	?	+	+	Iced marine fish
Pseudomonas sp.	–	–	+	+	+	?	Iced freshwater fish
Photobacterium phosphoreum	+	–	–	?	+	?	CO_2-packed fish
Vibrionaceae	+	+	?	?	?	?	Ambient-stored fresh fish
Enterobacteriaceae	+	(+)	?	+	+	+	Lightly preserved fish
Lactic acid bacteria	–	(+)	?	+	?	+	Lightly preserved fish
Yeast	–	–	–	+	?	+	Sugar-salted fish
Anaerobic rods	–		?	+	?	?	Sous-vide fish

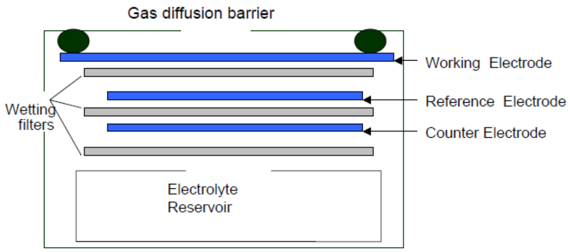
Tabel 2.1 Tabel produksi senyawa pembusukan pada ikan[12].

2.2. Sensor Elektrokimia

Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mengubah suatu besaran menjadi besaran listrik, sehingga biasa dilakukan untuk pembacaan suatu besaran. Sensor elektrokimia merupakan suatu divais yang menghubungkan suatu lapisan kimia dengan tranduser elektrokimia. Dengan ini, energi kimia dari interaksi antara unsur kimia dengan sensor dapat dikonversi menjadi sinyal listrik. Berbagai jenis dari sensor elektrokimia dapat dibedakan berdasarkan jenis output sinyalnya, yaitu potensiometrik (perubahan potensial dari membran), konduktometrik (perubahan konduktansi), impedimetrik (perubahan impedansi), dan amperometrik (perubahan arus) [13]. Pada sensor gas elektrokimia berjenis amperometrik, memiliki 3 komponen dasar, yaitu *working electrode*, *counter electrode* dan juga *reference electrode*. Elektroda tersebut berada didalam pembungkus sensor yang bersentuhan dengan cairan elektrolit. Saat gas masuk kesensor melalui *working electrode*, terjadi reaksi elektrokimia, oksidasi ataupun reduksi tergantung dari jenis gas. Pada reaksi oksidasi, hasil reaksi tersebut menghasilkan aliran elektron dari elektroda pembaca ke elektroda penghitung dan pada reduksi terjadi sebaliknya. Aliran elektron ini merupakan arus listrik yang nilainya berbanding lurus dengan konsentrasi gas.

Counter electrode berfungsi menyeimbangkan reaksi *working electrode*, jika *working electrode* mengoksidasi gas, maka elektroda penghitung harus mengurangi beberapa molekul lain untuk menghasilkan arus ekuivalen. *Reference electrode* berfungsi untuk menahan tegangan pada *working electrode* [14]. Konstruksi dari sensor gas elektrokimia

dapat dilihat pada gambar 2.1.



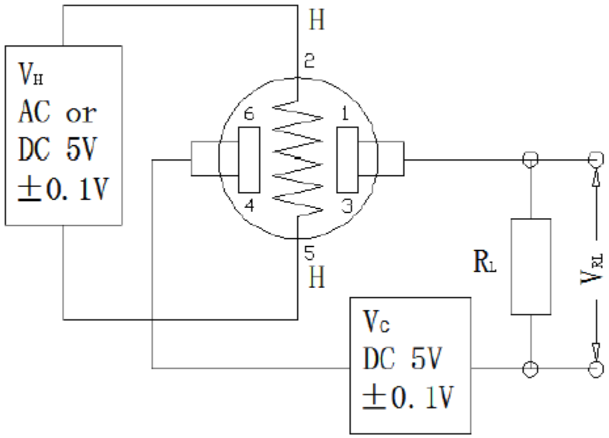
Gambar 2.1 Konstruksi Sensor Gas Elektrokimia Amperometrik[14].

Pada sensor gas CO, reaksi kimia yang terjadi dapat dijelaskan pada reaksi berikut ini :

Reaksi kimia pada elektroda pembaca : $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + 2H^+ + 2e^-$

Reaksi kimia pada elektroda penghitung : $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$

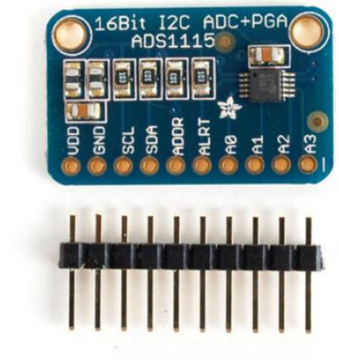
Sensor gas MQ-136 dan MQ-137 merupakan sensor gas bertipe konduktometrik yang biasa disebut sensor semikonduktor karena memiliki material semikonduktor berupa SnO_2 yang bekerja mereduksi atau oksidasi ketika gas target melakukan kontak dengan permukaan *metal oxide* yang pada sensor ini berupa SnO_2. Proses oksidasi atau reduksi gas pada permukaan SnO_2 menyebabkan perubahan resistansi, dimana pada udara bersih, resistansi dari SnO_2 bernilai lebih tinggi, dan akan turun seiring dengan naiknya konsentrasi gas target. Pada sensor semikonduktor, sensor membutuhkan suhu tertentu untuk bekerja, sehingga pada sensor gas MQ terdapat *heater* yang digunakan untuk memanaskan sensor.



Gambar 2.2 Rangkaian Sensor MQ[15].

2.3. Modul ADC ADS1115

ADS1115 merupakan divais *analog-to-digital converter* 16 bit yang sudah memiliki *internal oscillator, programmable gain amplifier* dan juga *comparator*. ADS1115 mampu mengonversi data hingga 860 sampel per detik. PGA pada ADS1115 memiliki rentang input dari ±256 mV hingga ±6.144 V. ADS1115 juga memiliki input *multiplexer* sehingga mampu memiliki 4 input untuk *single ended* dan 2 input untuk *differential.* ADS1115 sendiri menggunakan protokol I2C sebagai outputnya. Modul ADS1115 berukuran kecil yang memiliki 10 pinout seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Modul ADS1115[16].

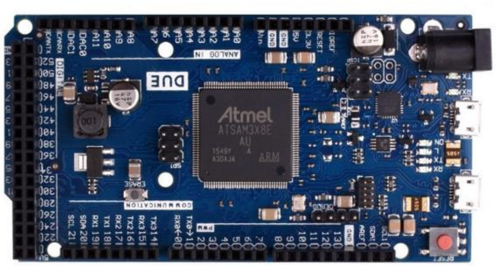
2.4. Arduino Due

Arduino Due merupakan produk dari Arduino selain yang berbasis pada CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex M3. Ini adalah board Arduino pertama yang berbasis pada mikrokontroler inti ARM 32 bit yang dapat diprogram melalui Arduino IDE. Arduino Due memiliki 54 pin input / output digital (dimana 12 dapat digunakan sebagai output PWM), 12 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), clock 84 MHz, koneksi USB-OTG, 2 DAC (digital ke analog), 2 TWI, jack power, header SPI, header JTAG, tombol reset dan tombol hapus. Mikrokontroler yang terpasang pada Arduino Due berjalan pada 3.3V, ini berarti dapat memberi daya pada sensor Anda dan mengarahkan aktuator dengan 3.3V. Board ini dapat disuplai dari konektor USB atau jack DC. Jika menggunakan konektor DC, dapat berikan voltase antara 7V dan 12V. Arduino Due memiliki regulator tegangan switching, sesuai dengan spesifikasi host USB. Jika port USB digunakan sebagai host dengan memasang perangkat USB ke konektor usb micro-A, board akan memberi kekuatan pada perangkat. Board Arduino Due dapat dilihat pada gambar 2.4.

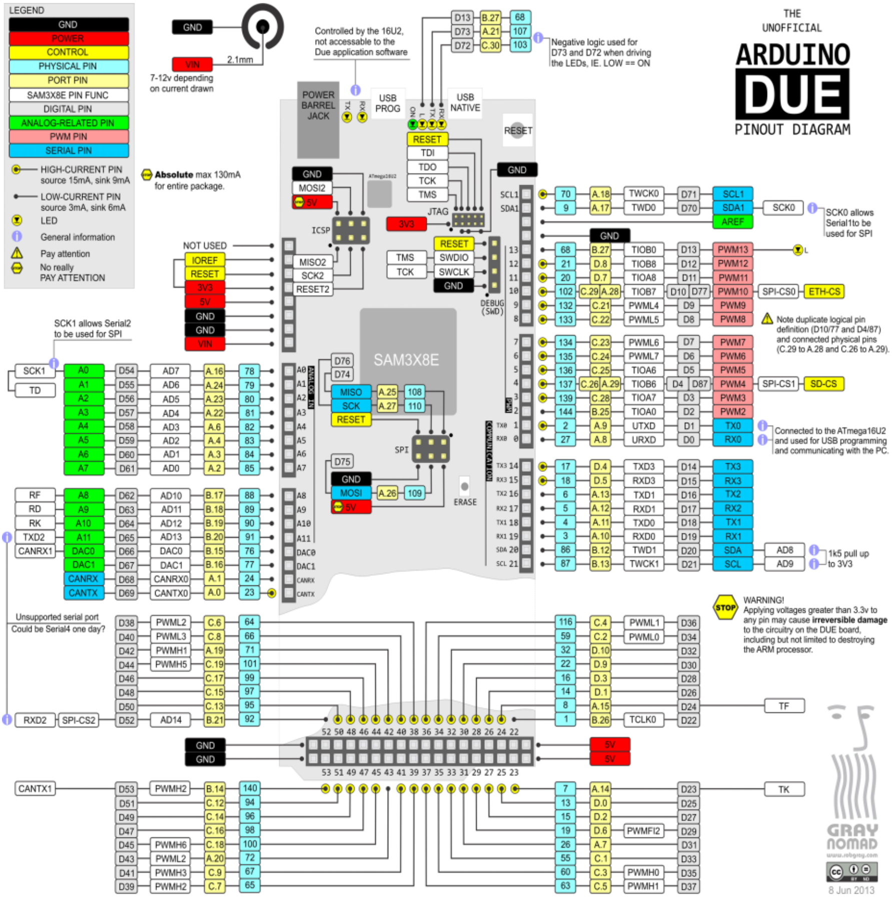
Fitur-fitur pada Arduino Due:

- Mikrokontroler: AT91SAM3X8E
- Tegangan Operasi: 3.3V
- Tegangan Masukan yang Disarankan: 7-12V
- Tegangan Input Min-Max: 6-20V

- Pin Digital I/O: 54 (yang 12 memberikan output PWM)
- Analog Input Pins: 12
- Output Analog Pin: 2
- Output DC Total Arus pada semua baris I/O: 130 mA
- Arus DC untuk Pin 3.3V: 800 mA
- Arus DC untuk Pin 5V: 800 mA
- Memori Flash: 512 KB
- SRAM: 96 KB (two banks: 64KB dan 32KB)
- Clock Speed: 84 MHz



Gambar 2.4 Board Arduino Du**e.**



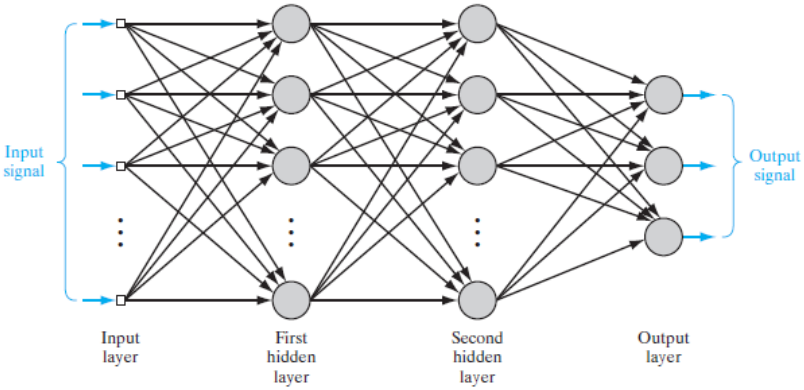
Gambar 2.5 Diagram pinout Arduino Due **[17].**

2.5. Neural Network

Neural Network merupakan suatu sistem pengolahan informasi yang terinspirasi dari otak pada makhluk hidup. Sistem ini terdiri dari banyak neuron yang saling terhubung untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu. Neuron disini merupakan fungsi matematika yang mengumpulkan dan mengklasifikasikan informasi berdasarkan arsitektur tertentu. Pada neural network, terdapat node yang saling terhubung pada layer. Tiap neuron melakukan operasi dot dengan sebuah weight, menjumlahkannya dan menambahkan bias, proses ini hampir sama dengan *multiple linear regression.* Neural network bisa digunakan untuk

pembacaan suatu pola ataupun klasifikasi data melalui proses pembelajaran dari suatu dataset. Neural network yang memiliki satu atau hidden layer lebih disebut dengan *multilayer perceptron.* Metode pembelajaran yang akan digunakan pada *multilayer perceptron* yaitu algoritma *back-propagation* yang mana terdiri dari 2 fase:

a. *Forward phase,* dimana *weights* dari *network* memiliki nilai tetap dan sinyal input dipropagasi lewat network dari tiap layer hingga mencapai output.
b. *Backward phase*, sinyal *error* dihasilkan dari perbandingan output dari *network* dengan respon yang diinginkan. Sinyal error dipropagasikan pada jaringan tiap layer, namun dengan arah yang berlawanan, sehingga nilai *weights* akan disesuaikan.



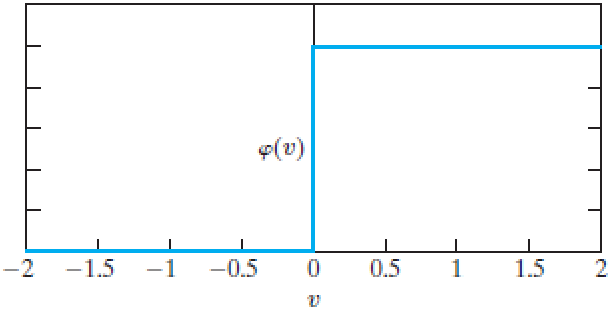
Gambar 2.5 *Multilayer perceptro*n dengan 2 hidden layer **[18]**.

Selanjutnya pada Neural Network dikenal adanya *activation function, activation function* berfungsi untuk menentukan kapan neuron harus diaktivasi atau tidak [18]. Terdapat 2 tipe dasar *activation function* [19], yaitu :

a. *Treshold function*, fungsi ini juga biasa dikenal dengan *Heaviside function.*

$$\varphi(v) = \begin{cases} 1 \;\; if \;\; v \geq 1 \\ 0 \;\; if \;\; v \;\; < 0 \end{cases}$$

Dimana $\varphi(v)$ adalah output neuron dari *induced local field* v.



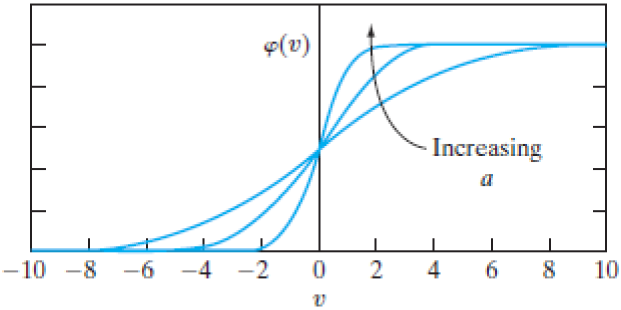
Gambar 2.6 Treshold function.

b. *Sigmoid Function*, merupakan jenis *activation function* yang paling umum digunakan dalam konstruksi neural network. *Activation function* ini dianggap paling seimbang diantara bentuk linear dan nonlinear. Contoh dari *sigmoid function* yaitu *logistic function*, yang didefinisikan sebagai

$$\varphi(v) = \frac{1}{1 + e^{-av}}$$

dimana a adalah *slope parameter*, dari *sigmoid function,* dengan mengubah parameter a, akan didapatkan slope yang berbeda. Namun disini nilainya berkisar 0 hingga 1. Untuk penggunaan nilai -1 hingga 1 digunakan jenis *hyperbolic tangent function* yang didefinisikan sebagai

$$\varphi(v) = \tanh(v)$$



Gambar 2.7 Sigmoid function.

2.6. LCD 20x4

LCD merupakan komponen yang digunakan untuk menampilkan karakter. LCD ini memiliki 20 kolom dan 4 baris yang menggunakan kontroler ic RW1063. LCD ini dapat beroperasi pada tegangan 3-5 volt. LCD 20x4 memiliki pin berjumlah 16 yang fungsinya dapat dilihat pada tabel 2.2.

Pin LCD 20x4	
1	VSS
2	VDD
3	VE
4	Register Select
5	Read/Write
6	Enable
7	Data Pin 0
8	Data Pin 1
9	Data Pin 2
10	Data Pin 3
11	Data Pin 4
12	Data Pin 5
13	Data Pin 6

14	Data Pin 7
15	Anode
16	Katode

Tabel 2.2 Pinout LCD 20x4.

Gambar 2.8 Gambar LCD 20x4.

2.7. Kipas DC Brushless

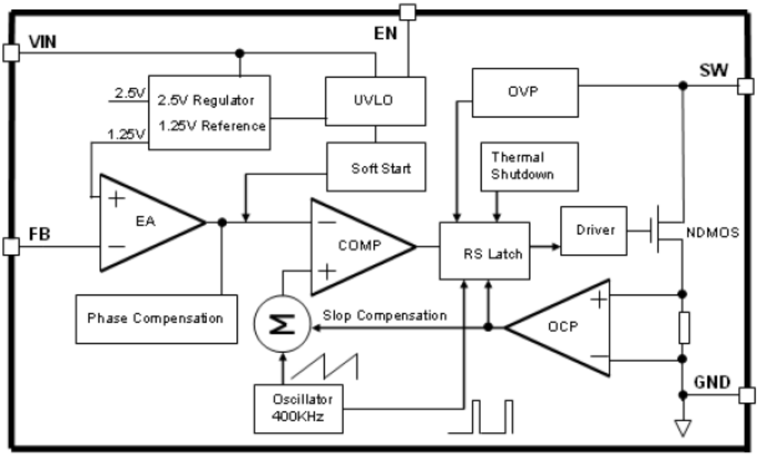
Kipas DC *brushless* menggunakan motor dc *brushless* (BLDC) yang memiliki 4 permanen magnet yang disusun secara menyilang pada sisi rotor. Tidak seperti motor dc *brush*, motor BLDC tidak membutuhkan komutator atau brush untuk bekerja. Kipas dc *brushless* merupakan kombinasi dari motor BLDC, *shaft*, dan bilah kipas. Kecepatan dari putaran motor dapat diatur dengan menaikkan ataupun menurunkan tegangan input dari motor.

.

Gambar 2.9 Kipas DC Brushless.

2.8. *Buck-boost Converter* DC-DC

Buck-boost converter adalah dc-dc power converter yang dapat menaikkan tegangan dari input dan juga menurunkan tegangan input. *Boost converter* merupakan *Switching Mode Power Supply* (SMPS) yang menggunakan dioda dan transistor serta setidaknya satu kapasitor atau induktor.



Gambar 2.10 Blok Diagram XL6009 **[20]**.

Buck-boost converter yang digunakan adalah IC XL6009 dengan diagram blok seperti pada gambar 2.15. Tegangan masukan pada IC yaitu dari 5 volt sampai 32 volt. Sedangkan tegangan keluaran yang dihasilkan yaitu bisa mencapai 60 volt. Arus input maksimumnya adalah 4 A.

2.9. Gas Hidrogen Sulfida (H_2S)

Hidrogen sulfida merupakan gas yang tidak berwarna, mudah terbakar, dan sangat berbahaya dengan bau menyengat seperti telur busuk. Gas H_2S dapat diproduksi dari hasil metabolisme bakteri pada materi organik seperti pada makanan yang membusuk. Gas hidrogen sulfida sangat berbahaya yang dapat menggangu baik sistem pernafasan dan juga sistem saraf. Efek yang ditimbulkan berbeda tergantung dari lamanya durasi terpapar dan besar konsentrasi dari gas. Gas hidrogen sulfida dalam konsentrasi kecil dapat mengiritasi mata, hidung, dan sistem pernafasan.

Gas hidrogen sulfida dapat dideteksi oleh hidung manusia dari konsentrasi <1 ppm. Pada konsentrasi 100 ppm dapat menyebabkan iritasi pada mata dan pernafasan, konsentrasi >150 ppm dapat mengganggu sistem saraf, dan konsentrasi 1000 ppm dapat menyebabkan koma [21].

2.10. Gas Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida merupakan gas yang tidak berwarna, tidak mengiritasi, tidak berbau dan gas beracun yang tidak berasa. gas ini dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna oleh bahan bakar karbon seperti kayu, minyak, batu bara, dan gas alam. gas karbon monoksida mudah terbakar dan dapat meledak diudara. karbon monoksida tidak dapat dideteksi oleh manusia, baik secara penglihatan, rasa, maupun bau. pada tubuh manusia, karbon monoksida dapat bereaksi dengan hemoglobin dan membentuk karboksihemoglobin (COHb) [22].

2.11. Gas Ammonia (NH_3)

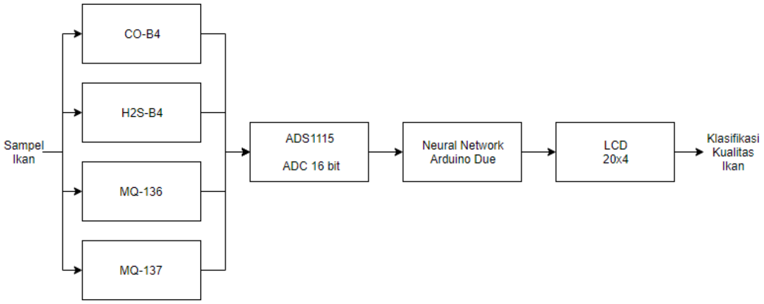
Ammonia merupakan gas yang tidak berwarna, korosif, gas alkali dengan bau yang menyengat. Bau dari ammonia dapat tercium dari konsentrasi 5 ppm hingga 53 ppm. Ammonia biasa digunakan sebagai produk pembersih dan juga pendingin. Nitrogen yang mengandung zat organik (bangkai tanaman, hewan, eksresi hewan) akan terurai dengan bantuan bakteri anaerobik untuk menghasilkan ammonia. bakteri juga memiliki kemampuan untuk mengonversi nitrogen di atmosfer menjadi ammonia. Batas aman dari konsentrasi ammonia adalah 50 ppm. Ammonia sangat mudah larut dalam air, ammonia dapat membentuk ammonium hidroksida dan menghasilkan panas saat terkena permukaan yang lembab. Sifat korosi dari ammonia dapat menimbulkan iritasi dan luka bakar pada mata, kulit, dan sistem pernafasan [23].

BAB III
PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini dijelaskan perancangan sistem secara keseluruhan. Alat yang dirancang bertujuan untuk melakukan identifikasi kualitas ikan dengan output 3 kelas klasifikasi. Perancangan alat meliputi wadah berisi sensor yang akan digunakan untuk mendeteksi gas H_2S, CO, dan NH_3, yang terhubung dengan modul ADC 16 bit dan mikrokontroller Arduino Due. Sensor gas H_2S, CO, dan NH_3 digunakan untuk membaca nilai gas pada ikan menjadi nilai analog, modul ADC 16 bit berguna untuk mengonversi nilai analog dari sensor menjadi nilai digital. Arduino Due digunakan untuk impelementasi *Neural Network* dengan input dari sensor gas yang akan menghasilkan output berupa klasifikasi dari kualitas ikan.

3.1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.

Pada tugas akhir ini, sampel ikan dimasukkan kedalam wadah yang berisi sensor gas untuk pembacaan nilai gas pada ikan sebagai bahan training untuk *Neural Network*. Sensor gas yang digunakan adalah sensor gas CO-B4, H2S-B4, MQ-136, dan MQ-137. Deret sensor gas akan membaca nilai gas pada sampel ikan selama 60 detik dan nilai sensor yang

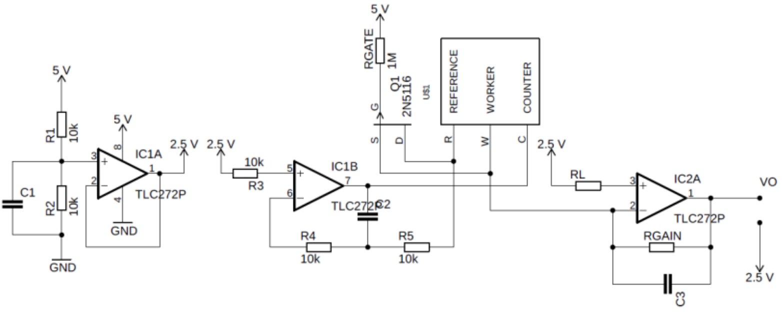
berupa ppm dari gas akan disimpan. Setelah data sampel ikan dikumpulkan, dilakukan proses learning *Neural Network* yang akan dilakukan pada komputer. Hasil learning *Neural Network* berupa nilai weight dan bias akan dimasukkan ke arsitektur *Neural Network* pada Arduino Due. Validasi *Neural Network* dilakukan dengan cara menguji output *Neural Network* dengan menggunakan sampel ikan yang telah dilabel dan dibandingkan dengan output dari *Neural Network*.

3.2. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras berupa desain mekanik dan elektronik dari alat. Perancangan tersebut meliputi desain alat dan board untuk perangkat elektronik pada alat.

3.2.1. Sensor Gas H2S-B4 dan CO-B4

Sensor gas elektrokimia H2S-B4 dan CO-B4 tidak bisa langsung digunakan untuk membaca gas, sensor tersebut membutuhkan rangkaian elektronik agar mampu bekerja. Rangkaian yang dibutuhkan adalah rangkaian *potentiostat* dan *transimpedance amplifier* seperti pada gambar 3.2.1.



Gambar 3.2 Rangkaian Elektronik Sensor Gas Elektrokimia.

Rangkaian tersebut terdiri dari rangkaian *potensiostat* dan *transimpedance amplifier*. IC1B digunakan untuk mensuplai arus ke *counter electrod*e untuk menyeimbangkan arus yang dibutuhkan oleh *working electrode* dan juga untuk mempertahankan tegangan dari *reference electrode*. IC2A digunakan untuk mengonversi arus output

dari sensor gas menjadi tegangan sehingga dapat dibaca oleh modul ADC. IC Opamp yang digunakan merupakan TLC272 karena memiliki nilai *input bias current* yang kecil yang bernilai 0.6 pA dan tegangan offset 1.1 mV.

3.2.1.1. Sensor H2S-B4

Sensor H2S-B4 memiliki sensitivitas sebesar 1800 nA/ppm [24] dan membutuhkan RL sebesar 33-100 Ohm. Resistor Gain yang digunakan pada *transimpedance amplifier* untuk sensor ini bernilai 47k Ohm, sehingga sensitivitas H2S-B4 menjadi :

$$\text{Sensitivitas Sensor} = 1800\,\text{nA/ppm}$$

$$\text{Sensitivitas Sistem} = 1800\ \text{nA} \times 47\text{k/ppm}$$

sehingga didapatkan

$$\text{Sensitivitas Sistem} = 0.0846\ \text{V/ppm}$$

3.2.1.2. Sensor CO-B4

Sensor CO-B4 memiliki sensitivitas sebesar 535 nA/ppm [25] dan membutuhkan RL sebesar 33-100 Ohm. Resistor Gain yang digunakan pada *transimpedance amplifier* untuk sensor ini bernilai 10k Ohm, sehingga sensitivitas H2S-B4 menjadi :

$$\text{Sensitivitas Sensor} = 535\,\text{nA/ppm}$$

$$\text{Sensitivitas Sistem} = 535\ \text{nA} \times 10\text{k/ppm}$$

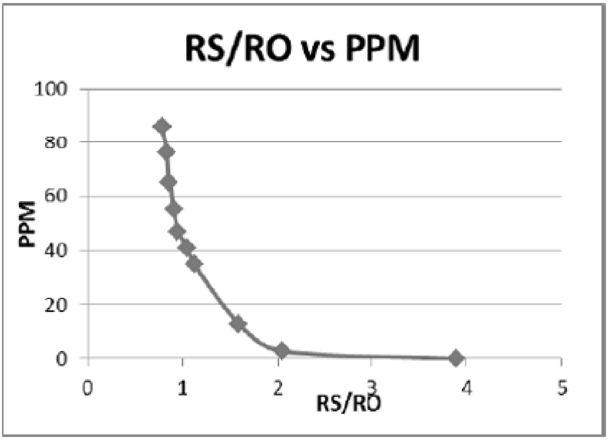
sehingga didapatkan

$$\text{Sensitivitas Sistem} = 0.00535\ \text{V/ppm}$$

3.2.2. Sensor Gas MQ-136 dan MQ-137

Sensor gas MQ-136 dapat membaca gas H_2S dan MQ-137 dapat membaca NH_3. Heater yang dimiliki oleh sensor MQ ini membutuhkan tegangan 5 V dan arus 0.2 A untuk bekerja. Sensor ini juga dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan. Rangkaian elektronik yang dibutuhkan oleh sensor MQ hanya RL dan tegangan

output dibaca oleh ADC berasal dari VRL. RL yang digunakan berdasarkan rekomendasi dari masing-masing datasheet, yaitu 22k untuk MQ-136 dan 47k untuk MQ-137. Berdasarkan datasheet, kedua sensor memiliki karakteristik fungsi respon sensor terhadap konsentrasi ppm gas target yang sama, sehingga fungsi ppm pada MQ-136 juga digunakan untuk MQ-137. Pada perancangan untuk menghasilkan output berupa ppm, karakteristik dari sensor MQ-136 saat dikonversi ke ppm adalah sebagai berikut [26]:

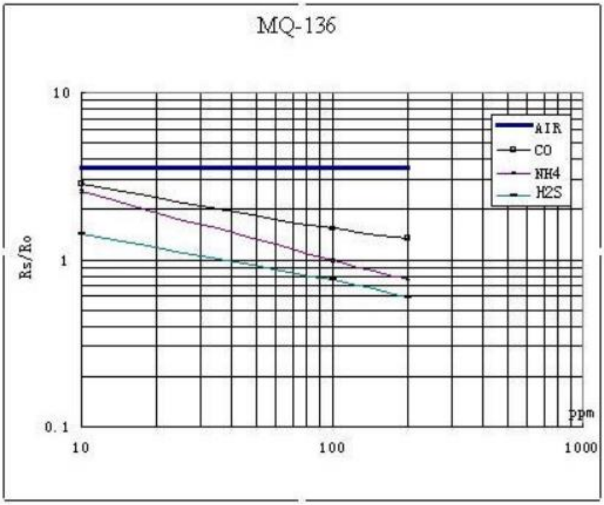


Gambar 3.3 Fungsi Rs/Ro hasil kalibrasi[25].

$$ppm = 39.996 \times (\frac{Rs}{Ro})^{-3.3} \quad (3.1)$$

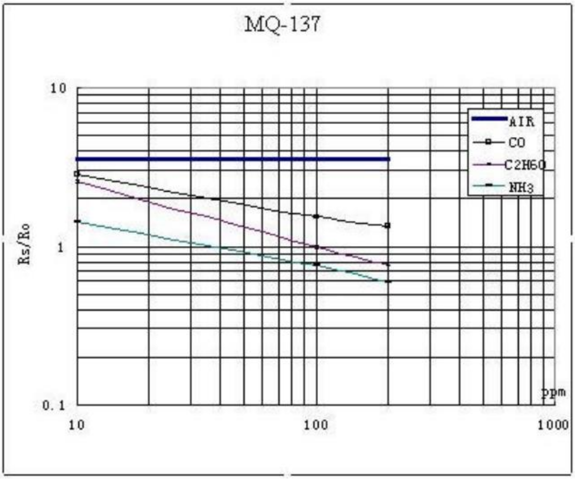
dimana nilai Ro pada udara bersih adalah

$$Ro = Rs/3.88 \quad (3.2)$$



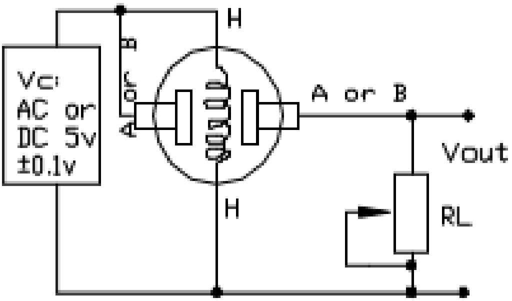
Gambar 3.4. Datasheet fungsi Rs/Ro MQ-136.

Berdasarkan datasheet pada sensor MQ-136, didapatkan bahwa perbandingan Rs/Ro pada udara bersih memiliki nilai sekitar 3.8. Dari datasheet juga didapatkan bahwa sensor MQ-136 tidak hanya sensitif terhadap gas H_2S, tetapi juga sensitif terhadap CO dan NH4.

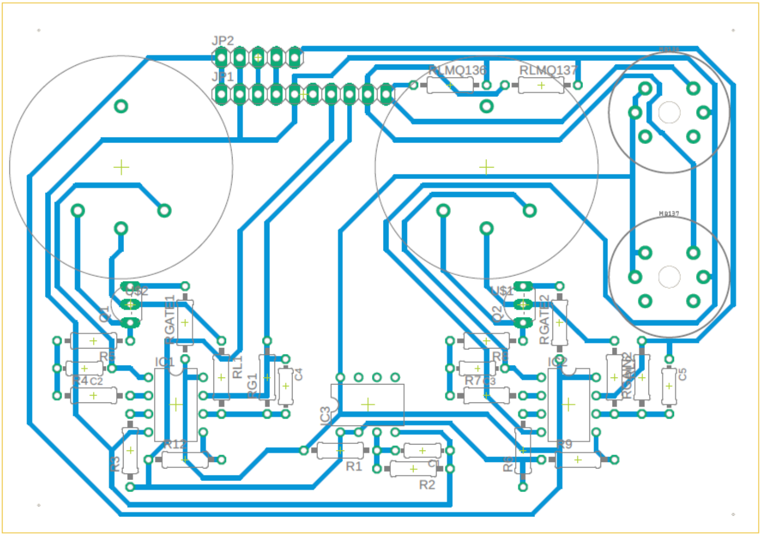


Gambar 3.5 Datasheet fungsi Rs/Ro MQ-137.

Dari datasheet fungsi Rs/Ro pada sensor MQ-137, sensor ini juga sensitif terhadap gas selain NH_3, salah satunya CO. Sensitivitas terhadap gas NH_3 memiliki fungsi yang sama dengan sensor MQ-136 terhadap H_2S.



Gambar 3.6 Rangkaian Elektronik Sensor MQ.



Gambar 3.7 Board deret sensor.

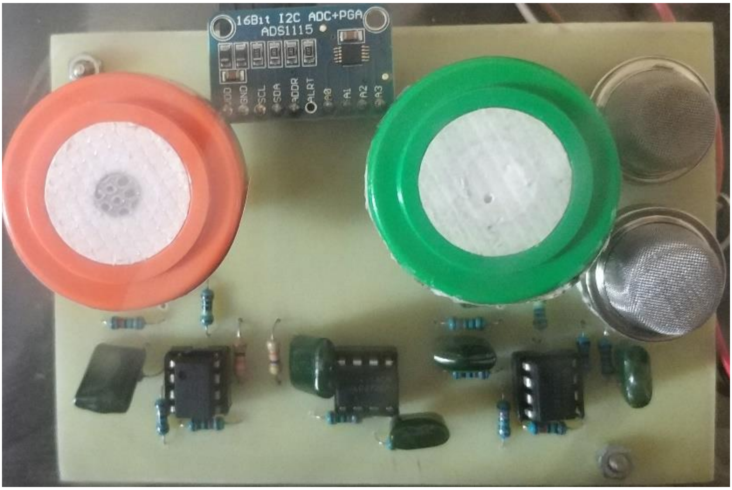
3.2.3. Modul ADC ADS1115

ADS1115 merupakan modul ADC beresolusi 16 bit yang digunakan untuk membaca nilai analog dari output sensor. Resolusi ADC pada modul ini lebih tinggi dari ADC pada Arduino Due sehingga pembacaan nilai sensor dapat lebih akurat. Namun resolusi efektif yang digunakan bernilai 15 bit, karena 1 bit terakhir digunakan untuk membaca nilai negatif. ADS1115 memiliki 4 buah input yang masing-masing akan digunakan untuk membaca nilai analog dari virtual ground, H2S-B4, MQ136, dan MQ137. Konektivitas dari pin pada ads1115 dapat dilihat pada tabel 3.1, dan realisasi board deret sensor elektrokimia dan modul ADS1115 pada gambar 3.8.

Konektivitas Pin ADS1115	
A3/Analog Input 3	Virtual Ground 2.5 V
A2/Analog Input 2	H2S-B4
A1/Analog Input 1	MQ136
A1/Analog Input 0	MQ137

ALRT/Alert	-
ADDR/Address Pin	GND
SDA	P20 Arduino Due
SCL	P21 Arduino Due
GND	GND
VDD	5V Arduino Due

Tabel 3.1 Konektivitas pin modul ADS1115



Gambar 3.8 Realisasi board deret sensor.

3.2.4. Arduino Due

Arduino Due merupakan mikrokontroller yang digunakan untuk memproses seluruh input-output dari sistem. Arsitektur Neural Network untuk melakukan klasifikasi juga dilakukan pada Arduino Due. Arduino Due dipilih karena memiliki memory yang besar dan clock speed yang tinggi sehingga mampu melakukan komputasi untuk *Neural Network*.

Konektivitas Pin Arduino Due	
Vin	Vin Boost Converter
A4	CO-B4
D4	Data Pin 4 LCD
D3	Data Pin 5 LCD
D2	Data Pin 6 LCD
D1	Data Pin 7 LCD
D9	Enable
D10	Register Select
D20/SDA	SDA ADS1115
D21/SCL	SCL ADS1115
D52	Tombol NN
D53	Tombol Kipas
D50	Base Transistor NPN BD139

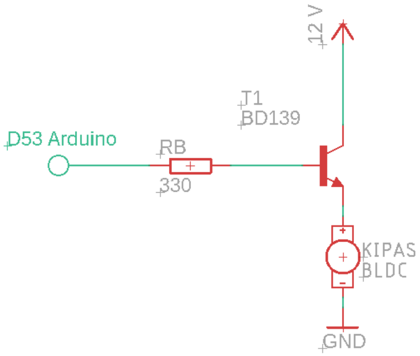
Tabel 3.2 Konektivitas Arduino Due.

3.2.5. Komputer

Komputer digunakan untuk melakukan proses *learning Neural Network*. Setelah data dari sampel ikan didapatkan, *Neural Network* akan dilakukan proses *learning* secara *supervised* untuk menghasilkan nilai *weight* dan *bias*, proses ini dilakukan di komputer karena learning merupakan proses komputasi yang kompleks dan iterasi yang sangat banyak sehingga dibutuhkan *hardware* yang lebih mumpuni agar proses learning dapat dilakukan dengan lebih cepat.

3.2.6. Kipas *Brushless DC Motor*

Kipas *Brushless DC Motor* ini digunakan untuk membuang gas hasil pembacaan sampel ikan sehingga siap untuk digunakan pada sampel berikutnya. Kipas yang digunakan berukuran 12cm x 12cm yang membutuhkan tegangan input sebesar 12 V dan arus 0.3 A. Kipas DC ini memerlukan rangkaian switch menggunakan transistor BJT.



Gambar 3.9 Rangkaian switch untuk kipas BLDC.

3.2.7. *Boost Converter*

Boost converter digunakan untuk menaikkan tegangan input menjadi tegangan 12 V. Tegangan 12 V dibutuhkan untuk menyalakan kipas yang membuang gas dari dalam alat.

Konektivitas Pin *Boost Converter*	
Vin +	Vin Arduino Due
Vin -	GND
Vout +	*Collector* BD139
Vout -	GND

Tabel 3.3 Konektivitas *Boost Converter*.

3.2.8. LCD 20x4

LCD berfungsi untuk menampilkan pembacaan dari deret sensor gas dan juga output dari sistem berupa hasil klasifikasi kualitas ikan LCD ini memiliki 20 kolom dan 4 baris, dimana pada baris pertama akan digunakan untuk menampilkan nilai CO, baris kedua akan digunakan untuk menampilkan nilai H_2S, baris ketiga digunakan untuk menampilkan nilai NH_3, dan baris terakhir digunakan untuk menampilkan klasifikasi kesegaran ikan. Konektivitas dari pin LCD 20x4 dapat dilihat pada tabel 3.2.

Konektivitas Pin LCD 20x4		
1	VSS	GND
2	VDD	5 V
3	VE	Potentiometer 5 V
4	Register Select	D10 Arduino Due
5	Read/Write	GND
6	Enable	D9 Arduino Due
7	Data Pin 0	-
8	Data Pin 1	-
9	Data Pin 2	-
10	Data Pin 3	-
11	Data Pin 4	D4 Arduino Due
12	Data Pin 5	D3 Arduino Due
13	Data Pin 6	D2 Arduino Due
14	Data Pin 7	D1 Arduino Due
15	Anode	Resistor 330 Ohm ke 5 V
16	Katode	GND

Tabel 3.4 Konektivitas pin LCD 20x4.

3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan pada mikrokontroller Arduino Due dan juga komputer untuk program learning Neural Network.

3.3.1. Pembacaan Nilai Sensor

Pembacaan nilai sensor H2S-B4, MQ-136, MQ-137, dan virtual ground merupakan nilai digital hasil ADC dari modul ADS1115. Library "ADS1115.h" dibutuhkan untuk mengakses nilai digital tersebut. Untuk membaca nilai CO-B4, langsung dihubungkan ke analogRead pada Arduino Due. Program yang digunakan adalah sebagai berikut :

```
adc0 = ads.Measure_SingleEnded(0); //vgnd
adc1 = ads.Measure_SingleEnded(1); //h2sb4
adc2 = ads.Measure_SingleEnded(2); //mq137
adc3 = ads.Measure_SingleEnded(3); //mq136
adc4 = analogRead(A1); //co-b4
```

nilai tersebut masih berupa nilai digital, diperlukan konversi ke nilai tegangan. Pada modul ADS1115, resolusi ADC adalah 16 bit, dimana 1 bit terakhir merupakan pembacaan untuk nilai analog negatif, sehingga resolusi yang dapat digunakan adalah 15 bit, dimana konversi nilai tegangan pada ADS1115 adalah :

$$Vadc = \frac{Vin \times 32767}{Vref} \tag{3.3}$$

sedangkan pada Arduino Due, ADC beresolusi 12 bit, sehingga konversi nilai tegangan pada Arduino Due adalah :

$$Vadc = \frac{Vin \times 4095}{Vref} \tag{3.4}$$

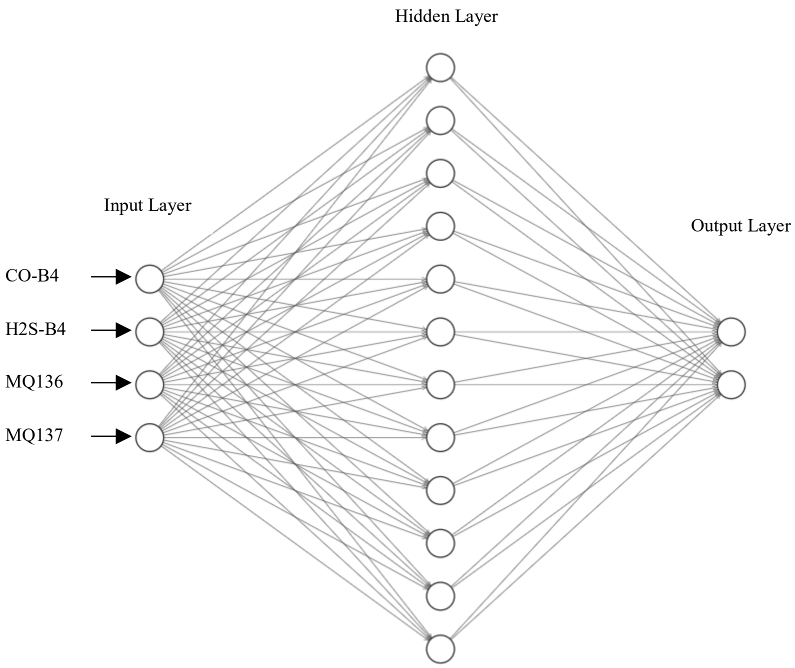
untuk mengurangi noise pada pembacaan nilai sensor, digunakan metode numerik yaitu *moving average.*

$$MA_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i}{n} \tag{3.5}$$

Dimana MA merupakan rumus *moving average,* n merupakan jumlah periode pada *moving average*, dan A_i merupakan nilai dari sensor.

3.3.2. Neural Network

Arsitektur *neural network* yang digunakan adalah *multilayer perceptron* dengan 3 *layer*, yaitu *input layer, hidden layer, dan output layer*. Pada *input layer* terdapat 4 *node* yang menerima input dari 4 sensor. Pada *hidden layer* terdapat 12 *node* dan pada output layer terdapat 2 *node*. Output yang dihasilkan berupa 3 kelas klasifikasi.



Gambar 3.10 Arsitektur *Neural Network*.

Pada proses *learning*, proses pada *Neural Network* dibagi menjadi 2 tahap, yaitu :

1. *Feed Forward* = proses perhitungan *Neural Network* dilakukan secara maju dari *input layer* menuju *output layer*.
2. Backpropagation = proses pembaruan nilai *weigh*t dan *bias* yang dilakukan dari *output layer* menuju *input layer* berdasarkan hasil *error*.

proses kalkulasi dari *Neural Network* dapat digambarkan sebagai berikut.

$$\{p_1, t_1\}, \{p_2, t_2\}, \dots, \{p_n, t_n\} \tag{3.6}$$

dimana p merupakan input dan t adalah nilai target.

$$n_i = \sum_{j=1}^{k} w_{ij} p_j + b_i \quad (3.7)$$

dimana n_i adalah *neuron* i, k *neuron* maksimal dari *neuron* j, w_{ij} adalah *weight* dari *neuron* i hingga j, p_j adalah data input pada *neuron* j, dan b_i adalah *bias* pada *neuron* i.

$$a = \frac{1}{1+e^{-n_i}} \quad (3.8)$$

dimana α adalah output dari *neuron* pada *hidden layer* dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid.

$$e_j(n) = t_j(n) - y_j(n) \quad (3.9)$$

$$e = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{i}(t_j - \alpha_j)^2 \quad (3.10)$$

dimana e_j adalah *error* pada output, t_j adalah output target pada *neuron* j, α_j adalah output pada *neuron* j, i dan j merupakan jumlah *neuron*, e adalah *root mean square error.*

$$\dot{f}(n) = f(n)[1 - f(n)] \quad (3.11)$$

Dimana $\dot{f}(n)$ adalah *transfer function* dari turunan *sigmoid* dan $f(n)$ merupakan *transfer function* dari *sigmoid.*

$$\delta_j(n) = e_j(n)\dot{f}(n) \quad (3.12)$$

dimana δ_j merupakan gradien dari *neuron* j dan δ_j adalah gradien pada *neuron* j.

$$\Delta w(n) = \alpha\delta(n) + \varphi\Delta w(n-1)a \quad (3.13)$$

$$w(n+1) = w(n) + \Delta w(n) \quad (3.14)$$

dimana $w(n+1)$, $\Delta w(n)$ adalah nilai perubahan *weight.* $\Delta w(n-1)$ adalah nilai perubahan *weight* iterasi sebelumnya, $\delta(n)$ adalah

gradien dari layer sebelumnya, dimana φ adalah nilai momentum, α adalah *learning rate* dan a nilai *layer.*

$$\Delta b(n) = \alpha\delta(n) + \varphi\Delta b(n-1) \tag{3.15}$$

$$b(n+1) = b(n) + \Delta b(n) \tag{3.16}$$

dimana $b(n+1)$ adalah *bias* yang baru dan $b(n)$ merupakan *bias* awal.

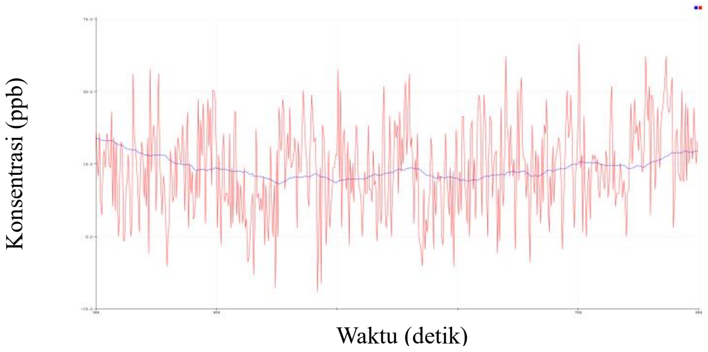
..............Halaman ini sengaja dikosongkan..............

BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISIS

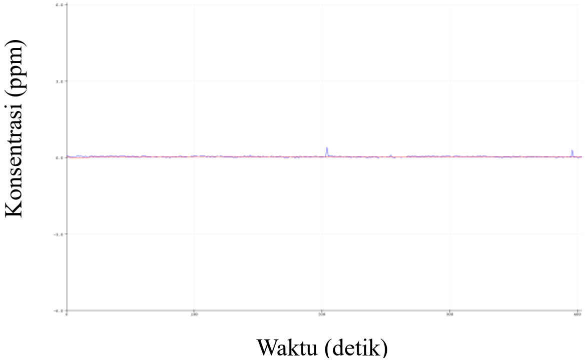
Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian dari sistem yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Bab ini bertujuan untuk mendapatkan data yang kemudian dilakukan analisis pada masing-masing pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sensor H2S-B4, CO-B4, MQ136, MQ137.

4.1. Pengujian Respon Deret Sensor Gas

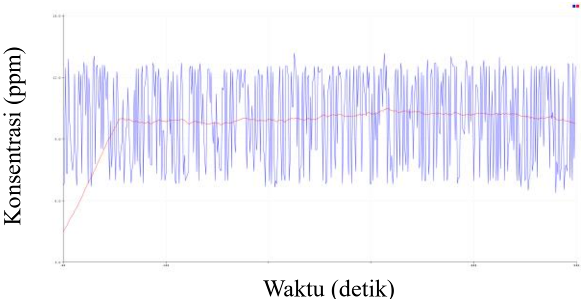
Pertama akan dilakukan pengujian terhadap respon sensor H2S-B4 pada udara bersih. Respon dari sensor dikonversi kedalam satuan ppb (*parts per billion*), lalu dilakukan *smoothing* pada output sensor dengan teknik moving average dengan index pembacaan 100. Hasil yang didapat adalah nilai sensor berada di sekitar 25 ppb seperti pada gambar 4.1 dan 4.2. Berikutnya adalah pengujian sensor gas CO-B4 pada udara bersih, didapat nilai sekitar 20 ppm seperti pada gambar 4.3. Grafik berwarna biru merupakan nilai konsentrasi setelah *moving average* dan warna merah merupakan nilai tanpa *moving average*.



Gambar 4.1 Respon Sensor H2S-B4 dalam ppb pada udara bersih.



Gambar 4.2 Respon Sensor H2S-B4 dalam ppm pada udara bersih.



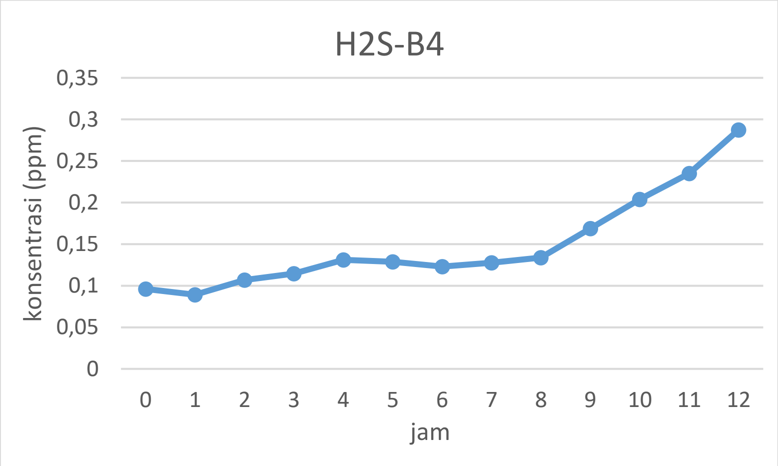
Gambar 4.3 Respon Sensor CO-B4 dalam ppm pada udara bersih.

Kemudian dilakukan pengujian deret sensor gas terhadap sampel ikan. Deret sensor gas yang sudah terpasang dalam satu board berada didalam wadah berbentuk box yang dapat menampung 1 sampel ikan. Pengambilan data dari sensor selama 60 detik terhadap sampel ikan diambil setiap jam sampai ikan membusuk. Pengujian dilakukan terhadap 5 ikan, yaitu ikan bubara, ikan terisi, ikan makarel, ikan belanak, ikan ekor kuning, dengan berat sekitar 100-200.

Gambar 4.4 Foto realisasi alat.

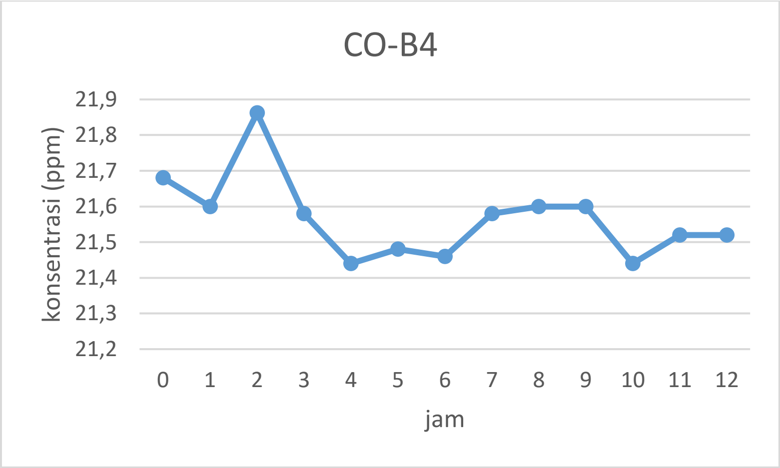
Gambar 4.5 Tampilan pembacaan nilai sensor pada LCD.

Gambar 4.6 Sampel ikan.



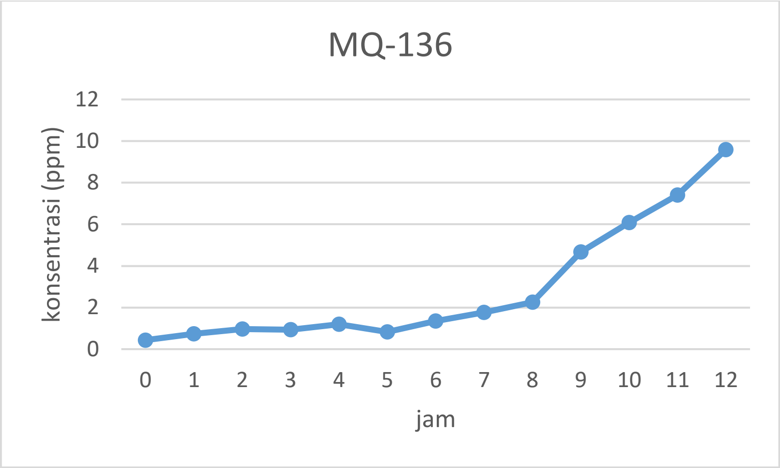
Gambar 4.7 Respon Sensor H2S-B4 dalam ppm pada sampel ikan.

Berdasarkan data hasil pengujian kandungan gas H_2S pada sensor dari 0 sampai 10 jam seperti pada gambar 4.4, terdapat kenaikan dari 0.05-0.1 ppm saat ikan masih segar, hingga 0.1-0.2 ppm saat ikan busuk.



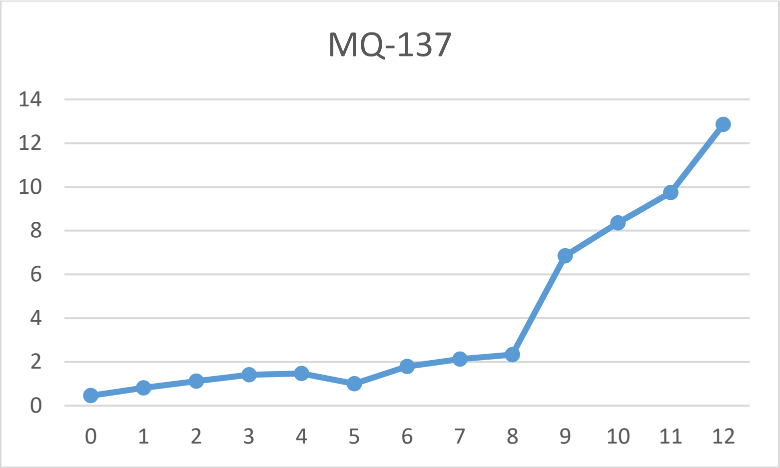
Gambar 4.8 Respon Sensor CO-B4 dalam ppm pada sampel ikan.

Berdasarkan data hasil pengujian kandungan gas CO pada sensor dari 0 sampai 10 jam seperti pada gambar 4.5, nilai pada sensor berada pada rata-rata 20 ppm dari 0 jam hingga jam ke-10. Ini menandakan bahwa respon sensor CO tidak berubah terhadap kebusukan ikan.



Gambar 4.9 Respon Sensor MQ-136 dalam ppm pada sampel ikan.

Berdasarkan data yang didapat oleh sensor MQ136 pada gambar 4.6, ikan yang masih segar memiliki kandungan ppm <1 ppm, dan saat busuk, konsentrasinya naik hingga >1 ppm. Disini terdapat perbedaan pembacaan antara sensor H2S-B4 dengan sensor MQ-136, dikarenakan sensor semikonduktor sangat rentan terinterferensi oleh gas lain dalam hal ini NH_3, dan disini terlihat ada kemiripan antara nilai pada MQ136 dengan MQ137.



Gambar 4.10 Respon Sensor MQ-137 dalam ppm pada sampel ikan.

Pada data hasil sensor MQ137 pada gambar 4.7, konsentrasi NH_3 adalah yang paling tinggi ketimbang sensor-sensor lainnya, gas NH_3 ini lah sumber bau amis dari ikan. Pada kondisi ikan segar, nilai sensor adalah dibawah 1 ppm dan pada ikan busuk nilai baca sensor meningkat hingga diatas 2 ppm.

Dari hasil respon deret sensor, dapat disimpulkan bahwa nilai output dari sensor dapat dijadikan input untuk Neural Network dikarenakan adanya perbedaan nilai pembacaan untuk ikan yang masih segar dengan ikan yang sudah busuk.

4.2. Pengujian Keseluruhan Sistem

Berdasarkan hasil pengujian dari deret sensor, didapatkan nilai ikan segar yaitu pada jam ke-0 dan ikan busuk pada jam ke-12. Sehingga untuk pelabelan kondisi ikan setengah busuk ada pada jam ke-6. Nilai dari data pembacaan sensor pada ikan diambil untuk proses learning, nilai yang diambil adalah data pada jam ke-0, jam ke-6, dan jam ke-12. Metode learning yang dilakukan adalah supervised, dengan melabeli data pada jam ke-0 sebagai ikan segar, data ikan jam ke-6 sebagai ikan setengah

busuk, dan pada jam ke-12 sebagai ikan busuk. Neural network akan menghasilkan klasifikasi 3 jenis output yang direpresentasikan kedalam nilai 00 untuk ikan segar, 01 untuk ikan setengah busuk, dan 11 untuk ikan busuk. Hasil dari pembacaan deret sensor gas pada ikan segar dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, dan 4.3. Pola respon dari sensor gas pada ikan segar, ikan setengah busuk, dan ikan busuk dapat dilihat pada gambar 4.8.

Output Deret Sensor pada Ikan Segar			
CO-B4	H2S-B4	MQ136	MQ137
21.8	0.093	0.5	0.51
22.2	0.082	0.44	0.47
21	0.146	0.5	0.52
21.6	0.066	0.32	0.33
21.8	0.093	0.41	0.45
22.01	0.071	0.4	0.42
21.2	0.061	0.28	0.41
22.2	0.082	0.34	0.38
22.3	0.08	0.4	0.39
21.6	0.075	0.44	0.51

Tabel 4.1 Respon deret sensor dalam ppm pada label ikan segar.

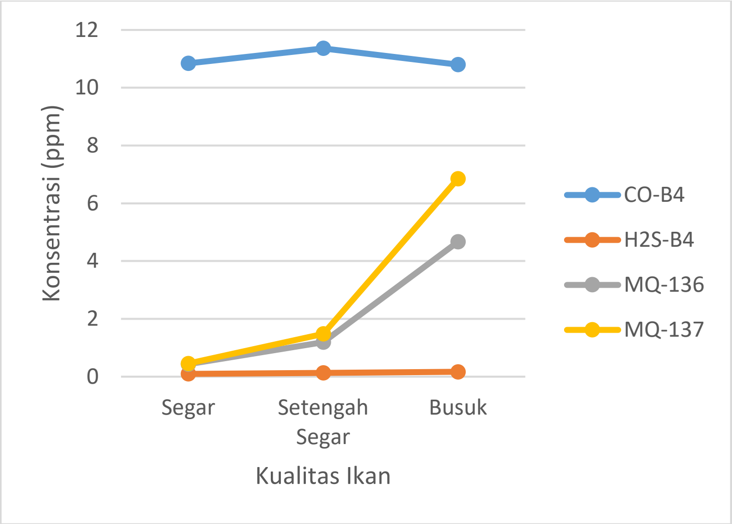
Output Deret Sensor pada Ikan Setengah Busuk			
CO-B4	H2S-B4	MQ136	MQ137
22.8	0.112	1.6	3.23
21.6	0.125	1.4	1.75
20.2	0.177	1.79	1.88
20.4	0.115	1.25	1.33
22.3	0.087	0.74	0.79
20.2	0.082	0.74	0.78
21.2	0.109	0.88	1.11

22.4	0.07	0.74	0.98
21.6	0.1	0.81	1.52
22	0.091	1.1	1.37

Tabel 4.2 Respon deret sensor dalam ppm pada label ikan setengah busuk.

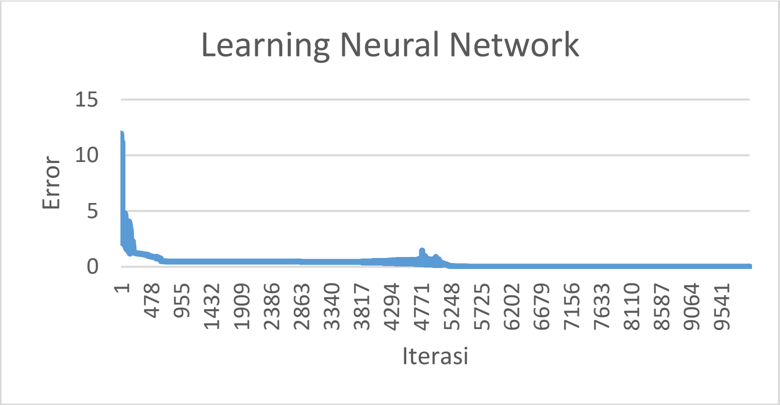
Output Deret Sensor pada Ikan Busuk			
CO-B4	H2S-B4	MQ136	MQ137
22.5	0.25	4.64	7.82
21.4	0.32	14.45	20.21
21.2	0.36	13.52	16.21
22.3	0.24	7.21	8.61
20.2	0.267	8.12	11.41
22.2	0.16	4.02	8.56
22.4	0.322	3.18	12.28
21	0.232	3.42	5.08
21.2	0.23	3.24	5.52
21.2	0.25	6.36	7.16

Tabel 4.3 Respon deret sensor dalam ppm pada label ikan busuk.



Gambar 4.8 Respon deret sensor pada sampel ikan.

Terdapat total 30 data yang akan digunakan untuk melakukan proses learning pada *Neural Network*. *Learning Neural Network* ditujukan untuk menghasilkan nilai *weight* dan *bias* yang akan digunakan untuk klasifikasi pada *Neural Network*.



Gambar 4.9 Hasil learning Neural Network dengan dataset ikan.

Training dilakukan pada komputer dengan jumlah iterasi sebanyak 10.000 dan nilai *error* yang dihasilkan adalah 0.002 yang dapat dilihat pada Gambar 4.8. Setelah *Neural Network* melakukan proses *learning*, nilai *weight* dan *bias* terakhir akan digunakan untuk melakukan klasifikasi. Proses validasi pada *Neural Network* dilakukan untuk menguji tingkat akurasi dari *Neural Network*. Data yang digunakan untuk validasi merupakan 5 data ikan baru pada tiap kelas klasifikasi yang tidak diikutkan pada proses learning.

	Data Sampel Ikan	Hasil Klasifikasi
1	Segar	Setengah Busuk
2	Segar	Segar
3	Segar	Segar
4	Segar	Setengah Busuk
5	Segar	Segar
6	Setengah Busuk	Busuk
7	Setengah Busuk	Setengah Busuk
8	Setengah Busuk	Setengah Busuk
9	Setengah Busuk	Setengah Busuk
10	Setengah Busuk	Setengah Busuk
11	Busuk	Busuk
12	Busuk	Busuk
13	Busuk	Busuk
14	Busuk	Busuk
15	Busuk	Busuk

Tabel 4.4 Hasil pengujian keseluruhan sistem.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada tabel 4.4, terdapat 3 kali kesalahan yaitu pada ikan segar yang terbaca setengah busuk. Dan klasifikasi ikan setengah busuk, dimana ikan terklasifikasi sebagai busuk. Sehingga akurasi dari *Neural Network* didapatkan sebesar 80%. Hasil yang didapat memiliki tingkat keakuratan dibawah penggunaan *image processing* dari warna kulit ikan yang berakurasi 96.67% [26].

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tugas akhir ini, didapatkan kesimpulan bahwa alat berjudul “Alat Identifikasi Kualitas Ikan Menggunakan Deret Sensor Elektrokimia dan Neural Network” dapat bekerja dengan baik pada tegangan input minimal 7 V dengan arus 1 A. Deret sensor elektrokimia digunakan untuk membaca kandungan gas pada sampel ikan dengan bantuan modul ADC dan mikrokontroler Arduino Due. *Neural Network* untuk klasifikasi dapat diimplementasikan pada Arduino Due dengan proses *learning* yang terlebih dahulu dilakukan pada komputer. Alat ini dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi berbagai jenis ikan dengan ukuran 100-200 gram dengan waktu pembacaan 60 detik. Penggunaan deret sensor gas dan *Neural Network* dalam melakukan klasifikasi memiliki keakuratan sebesar 80%.

5.2. Saran

Sebagai sarana pengembangan Alat Identifikasi Kualitas Ikan Menggunakan Deret Sensor Elektrokimia dan Neural Network ini, maka terdapat beberapa saran dari penulis berdasarkan hasil yang diperoleh saat percobaan, yaitu dengan implementasi deret sensor gas elektrokimia berjenis amperometrik pada seluruh sensor untuk pembacaan konsentrasi gas yang lebih akurat, membutuhkan daya yang rendah, serta tidak memerlukan proses kalibrasi seperti pada sensor gas semikonduktor.

...............Halaman ini sengaja dikosongkan...............

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. Ray, *Fundamental food microbiology*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2004.

[2] B. Doujaiji and J. A. Al-Tawfiq, “Hydrogen Sulfide Exposure in an Adult Male,” *Ann. Saudi Med.*, vol. 30, no. 1, pp. 76–80, Jan. 2010.

[3] M. Rivai, D. Purwanto, H. Juwono, and H. A. Sujono, “Electronic Nose using Gas Chromatography Column and Quartz Crystal Microbalance,” *TELKOMNIKA Telecommun. Comput. Electron. Control*, vol. 9, no. 2, p. 319, Aug. 2011.

[4] Radi, S. Ciptohadijoyo, W. S. Litananda, M. Rivai, and M. H. Purnomo, “Electronic nose based on partition column integrated with gas sensor for fruit identification and classification,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 121, pp. 429–435, Feb. 2016.

[5] G. Olafsdottir *et al.*, “Multisensor for fish quality determination,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 15, no. 2, pp. 86–93, Feb. 2004.

[6] M. Rivai, F. Budiman, D. Purwanto, and J. Simamora, “Meat Freshness Identification System using Gas Sensor Array dan Color Sensor in Conjunction with Neural Network Pattern Recognition,” . *Vol.*, no. 12, p. 13, 2005.

[7] N. Hasan, N. Ejaz, W. Ejaz, and H. Kim, “Meat and Fish Freshness Inspection System Based on Odor Sensing,” *Sensors*, vol. 12, no. 11, pp. 15542–15557, Nov. 2012.

[8] V. S. Kartika, M. Rivai, and D. Purwanto, “Spoiled meat classification using semiconductor gas sensors, image processing and neural network,” in *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, Yogyakarta, 2018, pp. 418–423.

[9] Z. Jun, L. XiaoYu, W. Wei, Z. Zhu, Z. Wei, and X. Wu, “Determination Freshwater Fish Freshness with Gas Sensor Array,” in *2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering*, Los Angeles, California USA, 2009, pp. 221–224.

[10] SNI 01-2729.1-2006. Spesifikasi Ikan Segar. BSN, 2006.

[11] A. Pacquit *et al.*, “Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage,” *Food Chem.*, vol. 102, no. 2, pp. 466–470, 2007.

[12] Gram, L., Huss, H.H. “Fresh and processed fish and shellfish”, 2000.

[13] D. Antuña-Jiménez, G. Díaz-Díaz, M. C. Blanco-López, M. J. Lobo-

Castañón, A. J. Miranda-Ordieres, and P. Tuñón-Blanco, “Molecularly Imprinted Electrochemical Sensors,” in *Molecularly Imprinted Sensors*, Elsevier, 2012, pp. 1–34.
[14] Alphasense, Appl. Note 104, pp.1-4.
[15] Winsen Electronics, “Hydrogen sulfide gas sensor,” MQ136 datasheet . Mar 2015 .
[16] Adafruit, “Adafruit 4-Channel ADC breakouts,” ADS1115 datasheet . Feb. 2019
[17] Graynomad, “Due Pinout Diagram” <URL: https://forum.arduino.cc/index.php?topic=132130.0>, 2013.
[17] S. S. Haykin, *Neural networks and learning machines*, 3rd ed. New York: Prentice Hall, 2009.
[18] D. Kriesel, *A Brief Introduction to Neural Networks*, 2007. [E-book] Available: http://www.dkriesel.com. .
[19] XLSEMI, “400 KHz 60 V 4 A switching current boost / buck-boost / inverting DC/DC converter,” XL6009 datasheet.
[21] E. Lim, O. Mbowe, A. S. W. Lee, and J. Davis, “Effect of environmental exposure to hydrogen sulfide on central nervous system and respiratory function: a systematic review of human studies,” *Int. J. Occup. Environ. Health*, vol. 22, no. 1, pp. 80–90, Jan. 2016.
[22] World Health Organization, Ed., *Who guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Copenhagen: WHO, 2010.
[22] G. Miller, “Ammonia,” Chemical of the Month, vol. 58, no. 5, May, pp. 424-425 1981
[23] Alphasense, “H2S-B4 hydrogen sulfide sensor 4-electrode,” H2S-B4 datasheet . Mar 2017.
[24] Alphasense, “CO-B4 carbon monoxide sensor 4-electrode,” CO-B4 datasheet . Apr. 2015.
[25] E. Prasojo, “Design of H2S Gas Control System in Biogas Purification using Water Scrubber System based Microcontroller ATmega128,” A.Md.T. thesis, Dept. Inst. Eng., ITS, Surabaya, Indonesia, 2017.
[26] N. Sengar, V. Gupta, M. K. Dutta, and C. M. Travieso, “Image Processing Based Method For Identification Of Fish Freshness Using Skin Tissue,” in *2018 4th International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICT)*, Ghaziabad, 2018, pp. 1–4.

LAMPIRAN A

Program Learning Neural Network dengan Bahasa Pemrograman C

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int i, j, p, q, r;

int ReportEvery1000;

const int PatternCount = 30;
const int InputNodes = 4;
const int HiddenNodes = 12;
const int OutputNodes = 2;
const float LearningRate = 0.1;
const float Momentum = 0.9;
const float InitialWeightMax = 0.5;
const float Success = 0.0004;
float Normalization[PatternCount][InputNodes];
float Input[PatternCount][InputNodes] = {
	//segar
{ 21.8,	0.093,	0.5,	0.51 },
{ 22.2,	0.082,	0.44,0.47 },
{ 21,0.146,	0.5,	0.52 },
{ 21.6,	0.066,	0.32,0.33 },
{ 21.8,	0.093,	0.41,0.45 },
{ 22.01,	0.071,	0.4,	0.42 },
{ 21.2,	0.061,	0.28,0.41 },
{ 22.2,	0.082,	0.34,0.38 },
{ 22.3,	0.08,0.4,	0.39 },
{ 21.6,	0.075,	0.44,0.51 },




//setengah busuk
{ 22.8,	0.112,	1.6,	3.23 },
{ 21.6,	0.125,	1.4,	1.75 },
{ 20.2,	0.177,	1.79,1.88 },
```

```
{ 20.4,     0.115,      1.25,1.33 },
{ 22.3,     0.087,      0.74,0.79 },
{ 20.2,     0.082,      0.74,0.78 },
{ 21.2,     0.109,      0.88,1.11 },
{ 22.4,     0.07,0.74,0.98 },
{ 21.6,     0.1,  0.81,1.52 },
{ 22,0.091,      1.1,  1.37 },




//sangat busuk
{ 22.5,     0.25,4.64,7.82 },
{ 21.4,     0.32,14.45,      20.21 },
{ 21.2,     0.36,13.52,      16.21 },
{ 22.3,     0.24,7.21,8.61 },
{ 20.2,     0.267,      8.12,11.41 },
{ 22.2,     0.16,4.02,8.56 },
{ 22.4,     0.322,      3.18,12.28 },
{ 21,0.232,      3.42,5.08 },
{ 21.2,     0.23,3.24,5.52 },
{ 21.2,     0.25,6.36,7.16 },


};


const char Target[PatternCount][OutputNodes] = {
   { 0, 0 },
   { 0, 0 },
   { 0, 0 },
   { 0, 0 },
   { 0, 0 },
   { 0, 0 },
   { 0, 0 },
   { 0, 0 },
   { 0, 0 },
   { 0, 0 },
```

```
    { 0, 1 },
    { 0, 1 },
    { 0, 1 },
    { 0, 1 },
    { 0, 1 },
    { 0, 1 },
    { 0, 1 },
    { 0, 1 },
    { 0, 1 },
    { 0, 1 },
    { 1, 1 },
    { 1, 1 },
    { 1, 1 },
    { 1, 1 },
    { 1, 1 },
    { 1, 1 },
    { 1, 1 },
    { 1, 1 },
    { 1, 1 },
    { 1, 1 },

};

long    TrainingCycle;
float Rando;
float Error;
float Accum;
float Hidden[HiddenNodes];
float Output[OutputNodes];
float HiddenDelta[HiddenNodes];
float OutputDelta[OutputNodes];
float ChangeHiddenWeights[InputNodes+1][HiddenNodes];
float ChangeOutputWeights[HiddenNodes+1][OutputNodes];
float ChangeHiddenBias[HiddenNodes];
float ChangeOutputBias[OutputNodes];

float HiddenWeights[InputNodes][HiddenNodes] = {
{ 0.76,     0.23,0.72,0.04, 0.76,       0.23,0.72,0.04, 0.76,       0.23,0.72,
       0.04 },
```

```
{ 0.09,    0.40,0.94,0.06, 0.76,    0.23,0.72,0.04, 0.76,    0.23,0.72,
    0.04 },
{ 0.10,    0.19,0.62,0.43, 0.76,    0.23,0.72,0.04, 0.76,    0.23,0.72,
    0.04 },
{ 0.10,    0.19,0.62,0.43, 0.76,    0.23,0.72,0.04, 0.76,    0.23,0.72,
    0.04 },

};
/*{ 0.25,  0.00,0.45,0.10, 0.76,    0.23,0.72,0.04 },
{ 0.25,    0.00,0.45,0.10, 0.76,    0.23,0.72,0.04 },
{ 0.25,    0.00,0.45,0.10, 0.76,    0.23,0.72,0.04 },
{ 0.25,    0.00,0.45,0.10, 0.76,    0.23,0.72,0.04 },
};*/


float OutputWeights[HiddenNodes][OutputNodes] = {
{ 0.125,   0.216 },
{ 0.416,   0.114 },
{ 0.661,   0.579 },
{ 0.583,   0.731 },
{ 0.879,   0.297 },
{ 0.063,   0.807 },
{ 0.221,   0.995 },
{ 0.010,   0.831 },
{ 0.879,   0.297 },
{ 0.063,   0.807 },
{ 0.221,   0.995 },
{ 0.010,   0.831 },

};

float HiddenBias[HiddenNodes] = { 0.01, -0.63, -0.15, -0.91, -0.68, -0.25,
-0.67, -0.72, 0.01, -0.63, -0.15, -0.91 };
float OutputBias[OutputNodes] = { -0.38, -0.26 };


/******************************************************
*********
* Compute hidden layer activations
```

```
***********************************************************
********/
int main(){

for (TrainingCycle = 0; TrainingCycle < 10000; TrainingCycle ++){
        Error = 0.0000;


for (p = 0; p < PatternCount; p++){

        for( i = 0 ; i < HiddenNodes ; i++ ) {
           Accum = HiddenWeights[InputNodes][i] ;
           for( j = 0 ; j < InputNodes ; j++ ) {
              //Normalization[p][j] = 0.05 * Input[p][j];
              Accum += (Input[p][j] * HiddenWeights[j][i]) + HiddenBias[i] ;
           }
           Hidden[i] = 1.0/(1.0 + exp(-Accum)) ;
        }

/**********************************************************
*********
* Compute output layer activations and calculate errors
***********************************************************
********/

        for( i = 0 ; i < OutputNodes ; i++ ) {
           Accum = OutputWeights[HiddenNodes][i] ;
           for( j = 0 ; j < HiddenNodes ; j++ ) {
              Accum += (Hidden[j] * OutputWeights[j][i]) + OutputBias[i] ;
           }
              Output[i] = 1.0/(1.0 + exp(-Accum)) ;
              //Output[i] = exp(-Accum)/exp(Accum) ;
              OutputDelta[i] = (Target[p][i] - Output[i]) * Output[i] * (1.0 -
Output[i]) ;
        Error += 0.5 * (Target[p][i] - Output[i]) * (Target[p][i] - Output[i]) ;
        }

/**********************************************************
*********
```

```
* Backpropagate errors to hidden layer
*********************************************************
********/

        for( i = 0 ; i < HiddenNodes ; i++ ) {
            Accum = 0.0 ;
            for( j = 0 ; j < OutputNodes ; j++ ) {
                Accum += OutputWeights[i][j] * OutputDelta[j] ;
            }
            HiddenDelta[i] = Accum * Hidden[i] * (1.0 - Hidden[i]) ;
        }


/*********************************************************
*********
* Update Inner-->Hidden Weights
*********************************************************
********/


        for( i = 0 ; i < HiddenNodes ; i++ ) {
            ChangeHiddenWeights[InputNodes][i]   =   LearningRate   *
HiddenDelta[i] + Momentum * ChangeHiddenWeights[InputNodes][i] ;
            HiddenWeights[InputNodes][i]                              +=
ChangeHiddenWeights[InputNodes][i] ;
            for( j = 0 ; j < InputNodes ; j++ ) {
                ChangeHiddenWeights[j][i] = LearningRate * Input[p][j] *
HiddenDelta[i] + Momentum * ChangeHiddenWeights[j][i];
                HiddenWeights[j][i] += ChangeHiddenWeights[j][i] ;
            }
        }

        for( i = 0 ; i < HiddenNodes ; i++ ) {
            ChangeHiddenBias[i]  =  LearningRate  *  HiddenDelta[i]  +
Momentum * ChangeHiddenBias[i] ;
            HiddenBias[i] += ChangeHiddenBias[i] ;
        }
/*********************************************************
*********
```

```
* Update Hidden-->Output Weights
************************************************************
********/

        for( i = 0 ; i < OutputNodes ; i ++ ) {
            ChangeOutputWeights[HiddenNodes][i]  =  LearningRate  *
OutputDelta[i] + Momentum * ChangeOutputWeights[HiddenNodes][i] ;
            OutputWeights[HiddenNodes][i]                        +=
ChangeOutputWeights[HiddenNodes][i] ;
            for( j = 0 ; j < HiddenNodes ; j++ ) {
                ChangeOutputWeights[j][i] = LearningRate * Hidden[j] *
OutputDelta[i] + Momentum * ChangeOutputWeights[j][i] ;
                OutputWeights[j][i] += ChangeOutputWeights[j][i] ;
            }
        }

        for( i = 0 ; i < OutputNodes ; i ++ ) {
            ChangeOutputBias[i]  =  LearningRate  *  OutputDelta[i]  +
Momentum * ChangeOutputBias[i] ;
            OutputBias[i] += ChangeOutputBias[i] ;

        }

}

printf("%i %f", TrainingCycle, Error);
printf("\n");
}
for( i = 0; i < OutputNodes; i++){
      printf("%.2f", Output[i]);
      printf(",\t");
}
printf("\n");
      for( j = 0 ; j < InputNodes ; j++ )    {
         for( i = 0 ; i < HiddenNodes ; i++ ) {
           printf("%.2f",HiddenWeights[j][i]);
           printf(",\t");
}
printf("\n");
```

```
}
printf("\n");
        for( i = 0 ; i < HiddenNodes ; i++ ) {
         printf("%.2f",HiddenBias[i]);
         printf(",\t");
}
printf("\n");
printf("\n");
      for( j = 0 ; j < HiddenNodes ; j++ ) {
        for( i = 0 ; i < OutputNodes ; i++ ) {
           printf("%.2f", OutputWeights[j][i]);
           printf(",\t");
}
printf("\n");
}
printf("\n");
        for( i = 0 ; i < OutputNodes ; i++ ) {
           printf("%.2f", OutputBias[i]);
           printf(",\t");
}
scanf("%d");
}
```

LAMPIRAN B

Program Arduino Pembacaan Deret Sensor dan Prediksi Neural Network

```
#include <ADS1115.h>
#include <Wire.h>
#include <math.h>
#include <LiquidCrystal.h>

#define RL1 22
#define RL2 47

ADS1115 ads;
const int rs = 10, en = 9, d4 = 4, d5 = 3, d6 = 2, d7 = 1;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
const int numReadings = 100;
float readings[numReadings];          // the readings from the analog input
int readIndex = 0;                    // the index of the current reading
float total = 0;                      // the running total
float average = 0;

float readings2[numReadings];         // the readings from the analog
input
int readIndex2 = 0;                   // the index of the current reading
float total2 = 0;                     // the running total
float average2 = 0;

unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 35000;
float Voltage0, Voltage1, Voltage2, Voltage3, Voltage4;
float a0, a1, a2, a3, b0, b1, b2, b3, vgnd = 0;
float Ro1, Ro2, Rs1, Rs2, Ratio1, Ratio2;
float analog_value0,analog_value1,analog_value2,analog_value3;
char cetak[50];
int i,j,k,l,m;
int trigger = 0;
```

```
const long SERIAL_REFRESH_TIME = 100;
long refresh_time;
int8_t address;
int16_t adc0, adc1, adc2, adc3;
float analog0, analog1, analog2, analog3, analog4;
float Input0, Input1, Input2;
void setup(void)
{
   Serial.begin(9600);
   lcd.begin(20, 4);
   ads.begin();
   ads.setGain(GAIN_ONE);
   ads.setMode(MODE_CONTIN);
   ads.getAddr_ADS1115(ADS1115_DEFAULT_ADDRESS);
   ads.setOSMode(OSMODE_SINGLE);
   ads.setRate(RATE_128);
   pinMode(50, OUTPUT);
   pinMode(52, INPUT_PULLUP);
   pinMode(53, INPUT_PULLUP);
   for (int thisReading = 0; thisReading < numReadings; thisReading++)
{
   readings[thisReading] = 0;
   for (int thisReading2 = 0; thisReading2 < numReadings;
thisReading2++) {
   readings2[thisReading2] = 0;
}
}
}
void bacasensor(){

   analogReadResolution(12);
   adc0 = ads.Measure_SingleEnded(0); //vgnd
   adc1 = ads.Measure_SingleEnded(1); //h2sb4
   adc2 = ads.Measure_SingleEnded(2); //mq137
   adc3 = ads.Measure_SingleEnded(3); //mq136
   float adc4 = analogRead(A1);//cob4

   Voltage0 = (adc0 * 0.125) / 1000;
   Voltage1 = (adc1 * 0.125) / 1000;
```

```
Voltage2 = (adc2 * 0.125) / 1000;
Voltage3 = (adc3 * 0.125) / 1000;
Voltage4 = (adc4 * 3.3) / 4095;

Rs1 = ((5.0 * RL1) / Voltage3) - RL1;
//Ro1 = Rs1/3.88;
Ro1 = 9;
Ratio1 = Rs1 / Ro1;
Rs2 = ((5.0 * RL2) / Voltage2) - RL2;
//Ro2 = Rs2/3.88;
Ro2 = 19.5;
Ratio2 = Rs2 / Ro2;

float Vdiff = (Voltage1 - Voltage0);
float Vdiff2 = (Voltage4 - Voltage0);
total = total - readings[readIndex];
  // read from the sensor:
readings[readIndex] = Vdiff;
// add the reading to the total:
total = total + readings[readIndex];
  // advance to the next position in the array:
readIndex = readIndex + 1;

// if we're at the end of the array...
if (readIndex >= numReadings) {
   // ...wrap around to the beginning:
   readIndex = 0;
}
total2 = total2 - readings2[readIndex2];
  // read from the sensor:
readings2[readIndex2] = Vdiff2;
// add the reading to the total:
total2 = total2 + readings2[readIndex2];
  // advance to the next position in the array:
readIndex2 = readIndex2 + 1;

// if we're at the end of the array...
if (readIndex2 >= numReadings) {
   // ...wrap around to the beginning:
```

```
    readIndex2 = 0;
  }

  // calculate the average:
  average = total / numReadings;
  average2 = total2 / numReadings;
  // send it to the computer as ASCII digits
  a0 = 39.996 * pow(Ratio1, -3.3);
  a1 = 39.996 * pow(Ratio2, -3.3);
  a2 = average2 / 0.00535;
  a3 = average / 0.0846;
  b2 = a2 * 1000;
  b3 = a3 * 1000;

  if (b2 < 1000 && b2 > 0) {
    sprintf(cetak, "CO      : %.2f ppb              ", b2);
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(cetak);
  }
  if (b2 < 0) {
    sprintf(cetak, "CO      : 0 ppb            ");
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(cetak);
  }
  if (b2 > 1000) {
    sprintf(cetak, "CO      : %.2f ppm          ", a2);
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(cetak);
  }
  if (b3 < 1000 && b3 > 0) {
    sprintf(cetak, "H2S    : %.2f ppb          ", b3);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(cetak);
  }
  if (b3 < 0) {
    sprintf(cetak, "H2S    : 0 ppb               ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(cetak);
  }
```

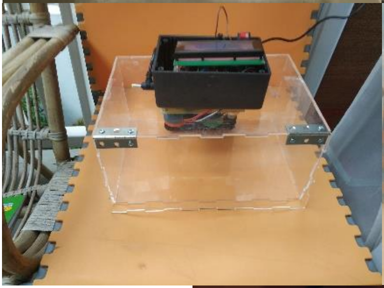
```
  if (b3 > 1000) {
    sprintf(cetak, "H2S    : %.2f ppm          ", a3);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(cetak);
  }
  lcd.setCursor(0, 3);
  sprintf(cetak, "MQ136: %.2f ppm          ", a0);
  lcd.print(cetak);
  lcd.setCursor(0, 2);
  sprintf(cetak, "NH3    : %.2f ppm          ", a1);
  lcd.print(cetak);
}


void loop(void)
{

  int trigger = digitalRead(52);
  int fan = digitalRead(53);
  if(fan == LOW){
    digitalWrite(50, HIGH);
  }
  else if(fan == HIGH){
    digitalWrite(50, LOW);
  }
  address = ads.ads_i2cAddress;
  byte error;
  Wire.beginTransmission(address);
      error = Wire.endTransmission();
    if (error == 0){
      bacasensor();


/*********************************************************
*********
 Inisialisasi Neural Network

*********************************************************
********/
```

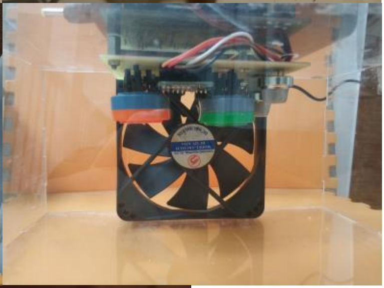
```
const int InputNodes = 3;
const int HiddenNodes = 12;
const int OutputNodes = 2;
float Input0, Input1, Input2;
float Input[InputNodes] = { a2, a3, a0, a1 };
//float Input[InputNodes] = { 0, 0, 0, 0 };

int i, j, p, q, r;

float Accum;
float Hidden[HiddenNodes];
float Output[OutputNodes];
float Denormalization[OutputNodes];
float HiddenWeights[InputNodes][HiddenNodes] = {
{ 0.76,   0.47,   0.72,   0.55,   0.76,   0.88,   0.72,   -0.68,
{ 0.76,   -0.58,  0.72,   -0.49,
{ 0.09,   0.41,   0.94,   0.07,   0.76,   0.24,   0.72,   0.04,
{ 0.76,   0.23,   0.72,   0.04,
{ 0.10,   0.56,   0.62,   0.74,   0.76,   0.71,   0.72,   0.02,
{ 0.76,   0.21,   0.72,   0.03,
{ 0.10,   0.80,   0.62,   0.92,   0.76,   0.93,   0.72,   0.02,
{ 0.76,   0.21,   0.72,   0.03,};
float OutputWeights[HiddenNodes][OutputNodes] = {
{ -12.65, 0.69 },
{ 10.28,  0.26 },
{ 2.68,   3.95 },
{ 4.17,   2.95 },
{ 6.75,   2.21 },
{ 1.42,   3.55 },
{ 1.23,   5.72 },
{ 2.11,   1.35 },
{ 1.11,   3.30 },
{ 2.07,   2.11 },
{ 2.36,   4.10 },
{ 3.09,   3.04 }
};

float HiddenBias[HiddenNodes] = { -6.03,   -4.93,   -0.99,   -2.10,   -
3.05,   -0.88,   -1.33,   -1.21,   -0.79,   -1.04,   -0.98,   -1.57 };
```

```
float OutputBias[OutputNodes] = { -1.05,    -0.50 };

/********************************************************
*********
* Aktivasi Hidden Layer
********************************************************
********/
      for( i = 0 ; i < HiddenNodes ; i++ ) {
         Accum = HiddenWeights[InputNodes][i] ;
         for( j = 0 ; j < InputNodes ; j++ ) {
            Accum += ( Input[j] * HiddenWeights[j][i]) + HiddenBias[i] ;
         }
         Hidden[i] = 1.0/(1.0 + exp(-Accum)) ;
      }

/********************************************************
*********
* Compute output layer activations and calculate errors
********************************************************
********/

      for( i = 0 ; i < OutputNodes ; i++ ) {
         Accum = OutputWeights[HiddenNodes][i] ;
         for( j = 0 ; j < HiddenNodes ; j++ ) {
            Accum += (Hidden[j] * OutputWeights[j][i]) + OutputBias[i] ;
         }
            Output[i] = 1.0/(1.0 + exp(-Accum)) ;
      }


   float x = Output[0];
   float y = Output[1];

            if(trigger == LOW){
            for(int i = 0; i<1; i++){
               float waktu = i / 2.38;
               bacasensor();
               lcd.setCursor(18,0);
```

```
                sprintf(cetak, "%.0f", waktu);
                lcd.print(cetak);
            }
   lcd.clear();
   lcd.setCursor(0, 0);
   if(x <= 0.5 && y <= 0.5){
   lcd.print("Ikan Segar                    ");
   }
   else if(x <= 0.5 && y >= 0.5){
      lcd.print("Ikan Setengah Busuk          ");
   }
   else if(x >= 0.5 && y >= 0.5){
      lcd.print("Ikan Busuk                   ");
   }
   delay(5000);
   lcd.clear();
         }


else if(trigger == HIGH){
     bacasensor();
     //lcd.setCursor(0, 3);
     //lcd.print("Standby...");
}
       } else if(error != 0)
       {
           lcd.clear();
           lcd.print("disconnected...");


       }
```

LAMPIRAN C
Dokumentasi Kegiatan Tugas Akhir



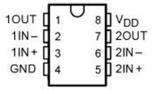


...............Halaman ini sengaja dikosongkan...............

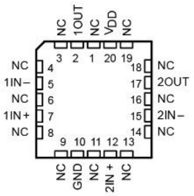
LAMPIRAN D
Datasheet Komponen

- **Trimmed Offset Voltage:**
  TLC277 . . . 500 µV Max at 25°C, V_{DD} = 5 V
- **Input Offset Voltage Drift . . . Typically 0.1 µV/Month, Including the First 30 Days**
- **Wide Range of Supply Voltages Over Specified Temperature Range:**
  0°C to 70°C . . . 3 V to 16 V
  −40°C to 85°C . . . 4 V to 16 V
  −55°C to 125°C . . . 4 V to 16 V
- **Single-Supply Operation**
- **Common-Mode Input Voltage Range Extends Below the Negative Rail (C-Suffix, I-Suffix types)**
- **Low Noise . . . Typically 25 nV/√Hz at f = 1 kHz**
- **Output Voltage Range Includes Negative Rail**
- **High Input impedance . . . 10^{12} Ω Typ**
- **ESD-Protection Circuitry**
- **Small-Outline Package Option Also Available in Tape and Reel**
- **Designed-In Latch-Up Immunity**

D, JG, P, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

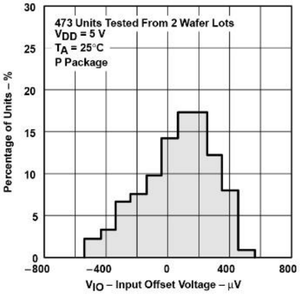
description

The TLC272 and TLC277 precision dual operational amplifiers combine a wide range of input offset voltage grades with low offset voltage drift, high input impedance, low noise, and speeds approaching those of general-purpose BiFET devices.

These devices use Texas Instruments silicon-gate LinCMOS™ technology, which provides offset voltage stability far exceeding the stability available with conventional metal-gate processes.

The extremely high input impedance, low bias currents, and high slew rates make these cost-effective devices ideal for applications previously reserved for BiFET and NFET products. Four offset voltage grades are available (C-suffix and I-suffix types), ranging from the low-cost TLC272 (10 mV) to the high-precision TLC277 (500 µV). These advantages, in combination with good common-mode rejection and supply voltage rejection, make these devices a good choice for new state-of-the-art designs as well as for upgrading existing designs.

DISTRIBUTION OF TLC277
INPUT OFFSET VOLTAGE



LinCMOS is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

description (continued)

AVAILABLE OPTIONS

T_A	$V_{IO}max$ AT 25°C	PACKAGED DEVICES					CHIP FORM (Y)
		SMALL OUTLINE (D)	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (JG)	PLASTIC DIP (P)	TSSOP (PW)	
0°C to 70°c	500 μV	TLC277CD	—	—	TLC277CP	—	—
	2 mV	TLC272BCD	—	—	TLC272BCP	—	—
	5 mV	TLC272ACD	—	—	TLC272ACP	—	—
	10mV	TLC272CD	—	—	TLC272CP	TLC272CPW	TLC272Y
−40°C to 85°C	500 μV	TLC277ID	—	—	TLC277IP	—	—
	2 mV	TLC272BID	—	—	TLC272BIP	—	—
	5 mV	TLC272AID	—	—	TLC272AIP	—	—
	10 mV	TLC272ID	—	—	TLC272IP	—	—

The D package is available taped and reeled. Add R suffix to the device type (e.g., TLC277CDR).

In general, many features associated with bipolar technology are available on LinCMOS™ operational amplifiers without the power penalties of bipolar technology. General applications such as transducer interfacing, analog calculations, amplifier blocks, active filters, and signal buffering are easily designed with the TLC272 and TLC277. The devices also exhibit low voltage single-supply operation, making them ideally suited for remote and inaccessible battery-powered applications. The common-mode input voltage range includes the negative rail.

A wide range of packaging options is available, including small-outline and chip carrier versions for high-density system applications.

The device inputs and outputs are designed to withstand −100-mA surge currents without sustaining latch-up.

The TLC272 and TLC277 incorporate internal ESD-protection circuits that prevent functional failures at voltages up to 2000 V as tested under MIL-STD-883C, Method 3015.2; however, care should be exercised in handling these devices as exposure to ESD may result in the degradation of the device parametric performance.

The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from −40°C to 85°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of −55°C to 125°C.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{DD} (see Note 1) .... 18 V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 2) .... $\pm V_{DD}$
Input voltage range, V_I (any input) .... –0.3 V to V_{DD}
Input current, I_I .... ±5 mA
output current, I_O (each output) .... ±30 mA
Total current into V_{DD} .... 45 mA
Total current out of GND .... 45 mA
Duration of short-circuit current at (or below) 25°C (see Note 3) .... unlimited
Continuous total dissipation .... See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature, T_A: C suffix .... 0°C to 70°C
I suffix .... –40°C to 85°C
M suffix .... –55°C to 125°C
Storage temperature range .... –65°C to 150°C
Case temperature for 60 seconds: FK package .... 260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: D, P, or PW package .... 260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds: JG package .... 300°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to network ground.
2. Differential voltages are at IN+ with respect to IN–.
3. The output may be shorted to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the maximum dissipation rating is not exceeded (see application section).

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \le 25°C$ POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE $T_A = 25°C$	$T_A = 70°C$ POWER RATING	$T_A = 85°C$ POWER RATING	$T_A = 125°C$ POWER RATING
D	725 mW	5.8 mW/°C	464 mW	377 mW	N/A
FK	1375 mW	11 mW/°C	880 mW	715 mW	275 mW
JG	1050 mW	8.4 mW/°C	672 mW	546 mW	210 mW
P	1000 mW	8.0 mW/°C	640 mW	520 mW	N/A
PW	525 mW	4.2 mW/°C	336 mW	N/A	N/A

recommended operating conditions

		C SUFFIX		I SUFFIX		M SUFFIX		UNIT
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Supply voltage, V_{DD}		3	16	4	16	4	16	V
Common-mode input voltage, V_{IC}	V_{DD} = 5 V	–0.2	3.5	–0.2	3.5	0	3.5	V
	V_{DD} = 10 V	–0.2	8.5	–0.2	8.5	0	8.5	
Operating free-air temperature, T_A		0	70	–40	85	–55	125	°C

electrical characteristics at specified free-air temperature, V_{DD} = 5 V (unless otherwise noted)

PARAMETER			TEST CONDITIONS	T_A†	TLC272C, TLC272AC, TLC272BC, TLC277C			UNIT
					MIN	TYP	MAX	
V_{IO}	Input offset voltage	TLC272C	V_O = 1.4 V, V_{IC} = 0, R_S = 50 Ω, R_L = 10 kΩ	25°C		1.1	10	mV
				Full range			12	
		TLC272AC	V_O = 1.4 V, V_{IC} = 0, R_S = 50 Ω, R_L = 10 kΩ	25°C		0.9	5	
				Full range			6.5	
		TLC272BC	V_O = 1.4 V, V_{IC} = 0, R_S = 50 Ω, R_L = 10 kΩ	25°C		230	2000	μV
				Full range			3000	
		TLC277C	V_O = 1.4 V, V_{IC} = 0, R_S = 50 Ω, R_L = 10 kΩ	25°C		200	500	
				Full range			1500	
α_{VIO}	Temperature coefficient of input offset voltage			25°C to 70°C		1.8		μV/°C
I_{IO}	Input offset current (see Note 4)		V_O = 2.5 V, V_{IC} = 2.5 V	25°C		0.1	60	pA
				70°C		7	300	
I_{IB}	Input bias current (see Note 4)			25°C		0.6	60	pA
				70°C		40	600	
V_{ICR}	Common-mode input voltage range (see Note 5)			25°C	−0.2 to 4	−0.3 to 4.2		V
				Full range	−0.2 to 3.5			V
V_{OH}	High-level output voltage		V_{ID} = 100 mV, R_L = 10 kΩ	25°C	3.2	3.8		V
				0°C	3	3.8		
				70°C	3	3.8		
V_{OL}	Low-level output voltage		V_{ID} = −100 mV, I_{OL} = 0	25°C		0	50	mV
				0°C		0	50	
				70°C		0	50	
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification		V_O = 0.25 V to 2 V, R_L = 10 kΩ	25°C	5	23		V/mV
				0°C	4	27		
				70°C	4	20		
CMRR	Common-mode rejection ratio		V_{IC} = V_{ICR}min	25°C	65	80		dB
				0°C	60	84		
				70°C	60	85		
k_{SVR}	Supply-voltage rejection ratio ($\Delta V_{DD}/\Delta V_{IO}$)		V_{DD} = 5 V to 10 V, V_O = 1.4 V	25°C	65	95		dB
				0°C	60	94		
				70°C	60	96		
I_{DD}	Supply current (two amplifiers)		V_O = 2.5 V, V_{IC} = 2.5 V, No load	25°C		1.4	3.2	mA
				0°C		1.6	3.6	
				70°C		1.2	2.6	

† Full range is 0°C to 70°C.

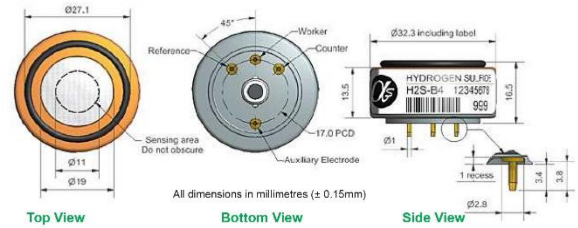
NOTES: 4. The typical values of input bias current and input offset current below 5 pA were determined mathematically.

5. This range also applies to each input individually.

Technical Specification

H2S-B4 Hydrogen Sulfide Sensor
4-Electrode

Figure 1 H2S-B4 Schematic Diagram



PERFORMANCE	Sensitivity	nA/ppm at 2ppm H_2S	1450 to 2150
	Response time	t_{90} (s) from zero to 2ppm H_2S	< 55
	Zero current	nA in zero air at 20°C	-250 to 200
	Noise*	±2 standard deviations (ppb equivalent)	1
	Range	ppm H_2S limit of performance warranty	100
	Linearity	ppb error at full scale, linear at zero and 40ppm H_2S	< ±4
	Overgas limit	maximum ppm for stable response to gas pulse	200

*** Tested with Alphasense ISB low noise circuit**

LIFETIME	Zero drift	ppb equivalent change/year in lab air	< ±100
	Sensitivity drift	% change/year in lab air, monthly test	< 20
	Operating life	months until 50% original signal (24 month warranted)	> 24

ENVIRONMENTAL	Sensitivity @ -20°C (% output @ -20°C/output @ 20°C) @ 2ppm H_2S		77 to 90
	Sensitivity @ 50°C (% output @ 50°C/output @ 20°C) @ 2ppm H_2S		100 to 110
	Zero @ -20°C	nA change from 20°C	50 to 60
	Zero @ 50°C	nA change from 20°C	-120 to -160

CROSS SENSITIVITY	NO_2	sensitivity % measured gas @ 5ppm	NO_2	< -10
	Cl_2	sensitivity % measured gas @ 5ppm	Cl_2	< -12
	NO	sensitivity % measured gas @ 5ppm	NO	< 12
	SO_2	sensitivity % measured gas @ 5ppm	SO_2	< 20
	CO	sensitivity % measured gas @ 5ppm	CO	< 3
	H_2	sensitivity % measured gas @ 100ppm	H_2	< 0.5
	C_2H_4	sensitivity % measured gas @ 100ppm	C_2H_4	< 0.1
	NH_3	sensitivity % measured gas @ 20ppm	NH_3	< 0.1
	CO_2	sensitivity % measured gas @ 5%	CO_2	< 0.1

KEY SPECIFICATIONS	Temperature range°C		-30 to 50
	Pressure range	kPa	80 to 120
	Humidity range	% rh	15 to 90
	Storage period	months @ 3 to 20°C (stored in sealed pot)	6
	Load resistor	Ω (ISB circuit is recommended)	33 to 100
	Weight	g	< 13

At the end of the product's life, do not dispose of any electronic sensor, component or instrument in the domestic waste, but contact the instrument manufacturer, Alphasense or its distributor for disposal instructions.

NOTE: all sensors are tested at ambient environmental conditions, with 47 ohm load resistor, unless otherwise stated. As applications of use are outside our control, the information provided is given without legal responsibility. Customers should test under their own conditions, to ensure that the sensors are suitable for their own requirements.

Alphasense Ltd, Sensor Technology House, 300 Avenue West, Skyline 120, Great Notley. CM77 7AA. UK
Telephone: +44 (0) 1376 556 700 Fax: +44 (0) 1376 335 899 E-mail: sensors@alphasense.com Website: www.alphasense.com

Technical Specification

H2S-B4 Performance Data

Figure 2 Sensitivity Temperature Dependence

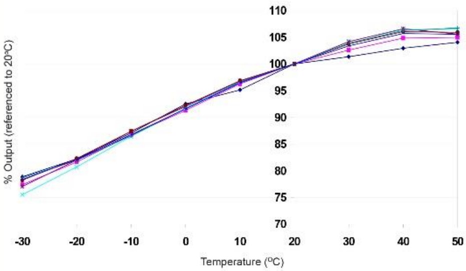


Figure 2 shows the temperature dependence of sensitivity at 2ppm H_2S.

This data is taken from a typical batch of sensors.

Figure 3 Zero Temperature Dependence

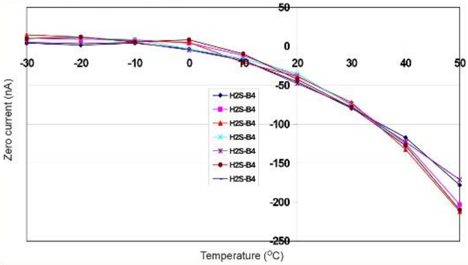


Figure 3 shows the variation in zero output of the working electrode caused by changes in temperature, expressed as nA.

This data is taken from a typical batch of sensors.

Contact Alphasense for futher information on zero current correction.

Figure 4 Linearity to 200 ppb H_2S

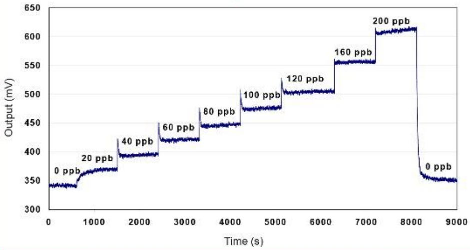


Figure 4 shows response to 200ppb H_2S.

Use of Alphasense ISB circuit reduces noise to 1ppb, with the opportunity of digital smoothing to reduce noise even further

For further information on the performance of this sensor, on other sensors in the range or any other subject, please contact Alphasense Ltd. For Application Notes visit "www.alphasense.com".

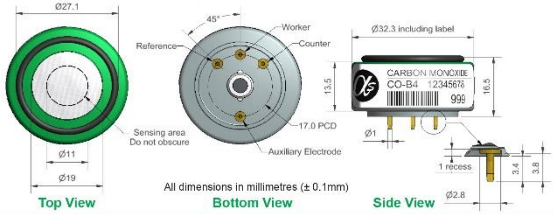
In the interest of continued product improvement, we reserve the right to change design features and specifications without prior notification. The data contained in this document is for guidance only. Alphasense Ltd accepts no liability for any consequential losses, injury or damage resulting from the use of this document or the information contained within. (©ALPHASENSE LTD) Doc. Ref. H2SB4/MAR17

Technical Specification

CO-B4 Carbon Monoxide Sensor
4-Electrode

Figure 1 CO-B4 Schematic Diagram

PATENTED



PERFORMANCE	Sensitivity	nA/ppm at 2ppm CO	420 to 650
	Response time	t_{90} (s) from zero to 10ppm CO	< 25
	Zero current	nA in zero air at 20°C	+30 to -130
	Noise*	±2 standard deviations (ppb equivalent)	4
	Range	ppm limit of performance warranty	1000
	Linearity	ppb CO error at full scale, linear at zero, 500ppm CO	20 to 35
	Overgas limit	maximum ppm for stable response to gas pulse	2000

*** Tested with Alphasense ISB low noise circuit**

LIFETIME	Zero drift	ppb equivalent change/year in lab air	< ±100
	Sensitivity drift	% change/year in lab air, monthly test	< 10
	Operating life	months until 50% original signal (24 month warranted)	> 36

ENVIRONMENTAL	Sensitivity @ -20°C	(% output @ -20°C/output @ 20°C) @ 5ppm CO	40 to 70
	Sensitivity @ 50°C	(% output @ 50°C/output @ 20°C) @ 5ppm CO	110 to 125
	Zero @ -20°C	nA	-30 to +30
	Zero @ 50°C	nA	-50 to -200

CROSS SENSITIVITY

Filter capacity	ppm·hrs		H_2S	250,000
H_2S sensitivity	% measured gas @	5ppm	H_2S	< 1
NO_2 sensitivity	% measured gas @	5ppm	NO_2	< 1
Cl_2 sensitivity	% measured gas @	5ppm	Cl_2	< 1
NO sensitivity	% measured gas @	5ppm	NO	< -3
SO_2 sensitivity	% measured gas @	5ppm	SO_2	< 0.1
H_2 sensitivity	% measured gas @	100ppm	H_2 at 20°C	< 10
C_2H_4 sensitivity	% measured gas @	100ppm	C_2H_4	< 1
NH_3 sensitivity	% measured gas @	20ppm	NH_3	< 0.1

KEY SPECIFICATIONS	Temperature range	°C	-30 to 50
	Pressure range	kPa	80 to 120
	Humidity range	% rh continuous	15 to 90
	Storage period	months @ 3 to 20°C (stored in sealed pot)	6
	Load resistor	Ω (ISB circuit is recommended)	33 to 100
	Weight	g	< 13

At the end of the product's life, do not dispose of any electronic sensor, component or instrument in the domestic waste, but contact the instrument manufacturer, Alphasense or its distributor for disposal instructions.

NOTE: all sensors are tested at ambient environmental conditions, with 10 ohm load resistor, unless otherwise stated. As applications of use are outside our control, the information provided is given without legal responsibility. Customers should test under their own conditions, to ensure that the sensors are suitable for their own requirements.

Alphasense Ltd, Sensor Technology House, 300 Avenue West, Skyline 120, Great Notley. CM77 7AA. UK
Telephone: +44 (0) 1376 556 700 Fax: +44 (0) 1376 335 899 E-mail: sensors@alphasense.com Website: www.alphasense.com

Technical Specification

CO-B4 Performance Data

Figure 2 Sensitivity Temperature Dependence

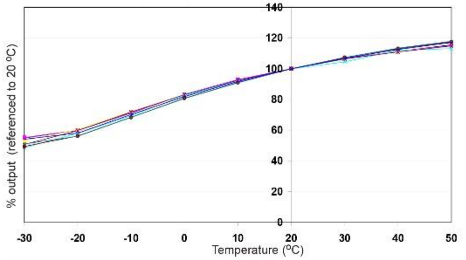


Figure 2 shows the temperature dependence of sensitivity at 2ppm CO.

This data is taken from a typical batch of sensors.

Figure 3 Zero Current Temperature Dependence (corrected)

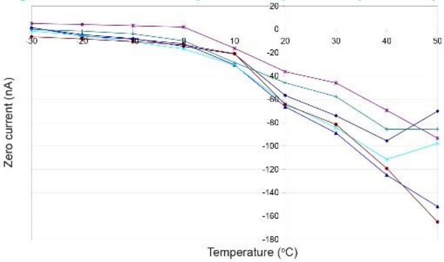


Figure 3 shows the variation in zero output of the working electrode caused by changes in temperature, expressed as nA.

This data is taken from a typical batch of sensors.

Contact Alphasense for futher information on zero current correction.

Figure 4 Response to 0 to 1ppm CO

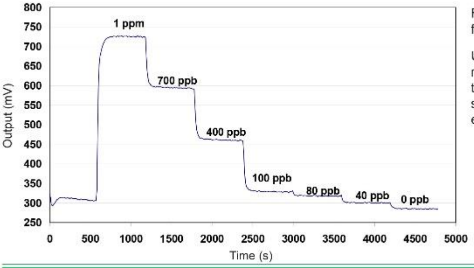


Figure 4 shows response from 0 to 1ppm CO.

Use of Alphasense ISB circuit reduces noise to 4ppb, with the opportunity of digital smoothing to reduce noise even further

For further information on the performance of this sensor, on other sensors in the range or any other subject, please contact Alphasense Ltd. For Application Notes visit "www.alphasense.com".

In the interest of continued product improvement, we reserve the right to change design features and specifications without prior notification. The data contained in this document is for guidance only. Alphasense Ltd accepts no liability for any consequential losses, injury or damage resulting from the use of this document or the information contained within. (©ALPHASENSE LTD) Doc. Ref. COB4/APR15

TECHNICAL DATA MQ-136 GAS SENSOR

FEATURES

Fast response and High sensitivity
Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of H_2S.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Vc	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V_H	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
R_L	Load resistance	can adjust	
R_H	Heater resistance	31Ω ± 5%	Room Tem
P_H	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-10℃-45℃	
Tas	Storage Tem	-20℃-70℃	
R_H	Related humidity	less than 95%Rh	
O_2	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Ramark 2
Rs	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (10ppm H_2S)	Detecting concentration scope: 1-100ppm H_2S
α (20/5) H_2S	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃±2℃ Vc:5V±0.1 Humidity: 65%±5% Vh: 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

	Parts	Materials
1	Gas sensing layer	SnO_2
2	Electrode	Au
3	Electrode line	Pt
4	Heater coil	Ni-Cr alloy
5	Tubular ceramic	Al_2O_3
6	Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7	Clamp ring	Copper plating Ni
8	Resin base	Bakelite
9	Tube Pin	Copper plating Ni

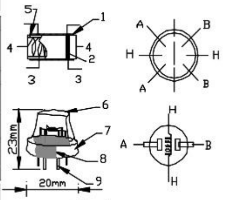


Fig. 1

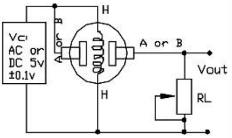
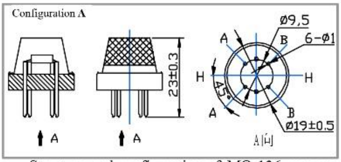
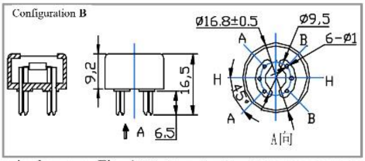


Fig.2





Structure and configuration of MQ-136 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration **A or B**), sensor composed by micro AL_2O_3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO_2) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of

sensitive components. The enveloped MQ-136 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

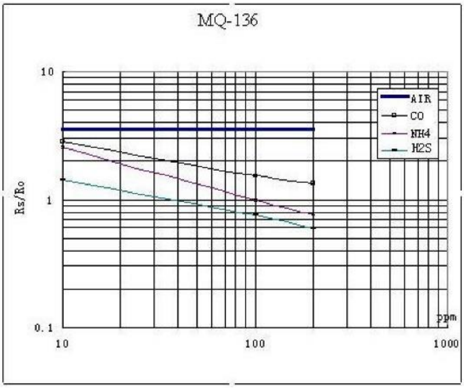


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-136 for several gases.
in their: Temp: 20℃、
Humidity: 65%、
O_2 concentration 21%
RL=20k Ω
Ro: sensor resistance at 10ppm of H_2S in the clean air.
Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-136

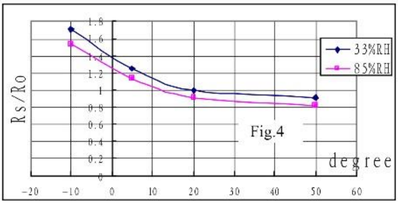


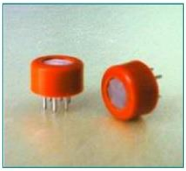
Fig.4

Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-136 on temperature and humidity.
Ro: sensor resistance at 10ppm of H_2S at 33%RH and 20 degree.
Rs: sensor resistance at 10ppm of H_2S at different temperatures and humidity.

SENSITVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-136 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 10ppm H_2S concentration in air and use value of Load resistance that(R_L) about 20 KΩ(10KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



TECHNICAL DATA MQ-137 GAS SENSOR

FEATURES

Fast response and High sensitivity
Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/factory, are suitable for detecting of NH_3.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Vc	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V_H	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
R_L	Load resistance	can adjust	
R_H	Heater resistance	31Ω ± 5%	Room Tem
P_H	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-10℃-45℃	
Tas	Storage Tem	-20℃-70℃	
R_H	Related humidity	less than 95%Rh	
O_2	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
Ro	Sensing Resistance	900KΩ-4900KΩ (in air)	Detecting concentration scope: 5-200ppm NH_3
α (20/10) NH_3	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Vc:5V±0.1 Humidity: 65%± 5% Vh: 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

	Parts	Materials
1	Gas sensing layer	SnO_2
2	Electrode	Au
3	Electrode line	Pt
4	Heater coil	Ni-Cr alloy
5	Tubular ceramic	Al_2O_3
6	Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7	Clamp ring	Copper plating Ni
8	Resin base	Bakelite
9	Tube Pin	Copper plating Ni

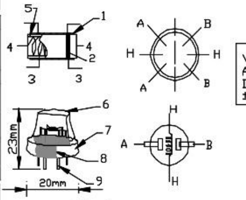


Fig. 1

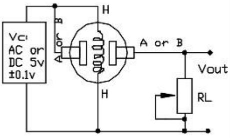
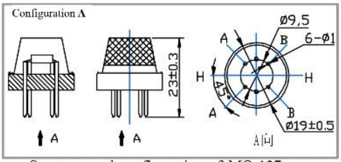
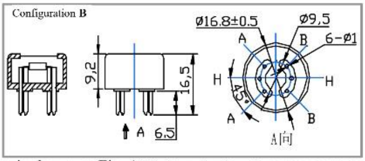


Fig.2





Structure and configuration of MQ-137 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration **A** or **B**), sensor composed by micro ceramic tube, sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The

enveloped MQ-137 have 6 pins, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

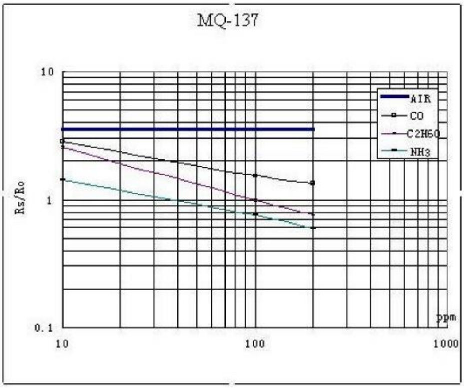


Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-137

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-137 for several gases.
in their: Temp: 20℃、
Humidity: 65%、
O_2 concentration 21%
RL=47kΩ
Ro: sensor resistance in the clean air.
Rs :sensor resistance at various concentrations of gases.

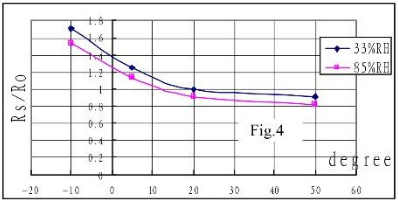
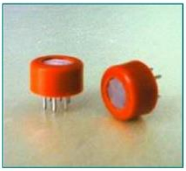


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-137 on temperature and humidity.
Ro: sensor resistance at 10ppm of NH_3 at 33%RH and 20 degree.
Rs: sensor resistance at 20ppm of NH_3 at different temperatures and humidity.

SENSITVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-137 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 10ppm NH_3 concentration in air and use value of Load resistance that(R_L) about 47 KΩ(10KΩ to 100KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



Ultra-Small, Low-Power, 16-Bit Analog-to-Digital Converter with Internal Reference

Check for Samples: ADS1113 ADS1114 ADS1115

FEATURES

- **ULTRA-SMALL QFN PACKAGE: 2mm × 1,5mm × 0,4mm**
- **WIDE SUPPLY RANGE: 2.0V to 5.5V**
- **LOW CURRENT CONSUMPTION: Continuous Mode: Only 150µA Single-Shot Mode: Auto Shut-Down**
- **PROGRAMMABLE DATA RATE: 8SPS to 860SPS**
- **INTERNAL LOW-DRIFT VOLTAGE REFERENCE**
- **INTERNAL OSCILLATOR**
- **INTERNAL PGA**
- **I²C™ INTERFACE: Pin-Selectable Addresses**
- **FOUR SINGLE-ENDED OR TWO DIFFERENTIAL INPUTS (ADS1115)**
- **PROGRAMMABLE COMPARATOR (ADS1114 and ADS1115)**

APPLICATIONS

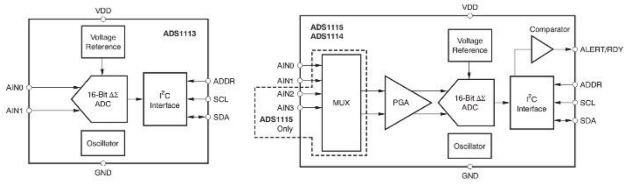
- **PORTABLE INSTRUMENTATION**
- **CONSUMER GOODS**
- **BATTERY MONITORING**
- **TEMPERATURE MEASUREMENT**
- **FACTORY AUTOMATION AND PROCESS CONTROLS**

DESCRIPTION

The ADS1113, ADS1114, and ADS1115 are precision analog-to-digital converters (ADCs) with 16 bits of resolution offered in an ultra-small, leadless QFN-10 package or an MSOP-10 package. The ADS1113/4/5 are designed with precision, power, and ease of implementation in mind. The ADS1113/4/5 feature an onboard reference and oscillator. Data are transferred via an I²C-compatible serial interface; four I²C slave addresses can be selected. The ADS1113/4/5 operate from a single power supply ranging from 2.0V to 5.5V.

The ADS1113/4/5 can perform conversions at rates up to 860 samples per second (SPS). An onboard PGA is available on the ADS1114 and ADS1115 that offers input ranges from the supply to as low as ±256mV, allowing both large and small signals to be measured with high resolution. The ADS1115 also features an input multiplexer (MUX) that provides two differential or four single-ended inputs.

The ADS1113/4/5 operate either in continuous conversion mode or a single-shot mode that automatically powers down after a conversion and greatly reduces current consumption during idle periods. The ADS1113/4/5 are specified from –40°C to +125°C.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

I2C is a trademark of NXP Semiconductors.
All other trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated

This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

ORDERING INFORMATION

For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI web site at www.ti.com.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(1)

	ADS1113, ADS1114, ADS1115	UNIT
VDD to GND	–0.3 to +5.5	V
Analog input current	100, momentary	mA
Analog input current	10, continuous	mA
Analog input voltage to GND	–0.3 to VDD + 0.3	V
SDA, SCL, ADDR, ALERT/RDY voltage to GND	–0.5 to +5.5	V
Maximum junction temperature	+150	°C
Storage temperature range	–60 to +150	°C

(1) Stresses above those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. Exposure to absolute maximum conditions for extended periods may affect device reliability.

PRODUCT FAMILY

DEVICE	PACKAGE DESIGNATOR MSOP/QFN	RESOLUTION (Bits)	MAXIMUM SAMPLE RATE (SPS)	COMPARATOR	PGA	INPUT CHANNELS (Differential/ Single-Ended)
ADS1113	BROI/N6J	16	860	No	No	1/1
ADS1114	BRNI/N5J	16	860	Yes	Yes	1/1
ADS1115	BOGI/N4J	16	860	Yes	Yes	2/4
ADS1013	BRMI/N9J	12	3300	No	No	1/1
ADS1014	BRQI/N8J	12	3300	Yes	Yes	1/1
ADS1015	BRPI/N7J	12	3300	Yes	Yes	2/4

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

All specifications at –40°C to +125°C, VDD = 3.3V, and Full-Scale (FS) = ±2.048V, unless otherwise noted.
Typical values are at +25°C.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	ADS1113, ADS1114, ADS1115 MIN	TYP	MAX	UNIT
ANALOG INPUT					
Full-scale input voltage (1)	$V_{IN} = (AIN_P) - (AIN_N)$		±4.096/PGA		V
Analog input voltage	AIN_P or AIN_N to GND	GND		VDD	V
Differential input impedance			See Table 2		
Common-mode input impedance	FS = ±6.144V (1)		10		MΩ
	FS = ±4.096V (1), ±2.048V		6		MΩ
	FS = ±1.024V		3		MΩ
	FS = ±0.512V, ±0.256V		100		MΩ
SYSTEM PERFORMANCE					
Resolution	No missing codes	16			Bits
Data rate (DR)			8, 16, 32, 64, 128, 250, 475, 860		SPS
Data rate variation	All data rates	–10		10	%
Output noise			See Typical Characteristics		
Integral nonlinearity	DR = 8SPS, FS = ±2.048V, best fit (2)			1	LSB
Offset error	FS = ±2.048V, differential inputs		±1	±3	LSB
	FS = ±2.048V, single-ended inputs		±3		LSB
Offset drift	FS = ±2.048V		0.005		LSB/°C
Offset power-supply rejection	FS = ±2.048V		1		LSB/V
Gain error (3)	FS = ±2.048V at 25°C		0.01	0.15	%
Gain drift (3)	FS = ±0.256V		7		ppm/°C
	FS = ±2.048V		5	40	ppm/°C
	FS = ±6.144V (1)		5		ppm/°C
Gain power-supply rejection			80		ppm/V
PGA gain match (3)	Match between any two PGA gains		0.02	0.1	%
Gain match	Match between any two inputs		0.05	0.1	%
Offset match	Match between any two inputs		3		LSB
Common-mode rejection	At dc and FS = ±0.256V		105		dB
	At dc and FS = ±2.048V		100		dB
	At dc and FS = ±6.144V (1)		90		dB
	f_{CM} = 60Hz, DR = 8SPS		105		dB
	f_{CM} = 50Hz, DR = 8SPS		105		dB
DIGITAL INPUT/OUTPUT					
Logic level					
V_{IH}		0.7VDD		5.5	V
V_{IL}		GND – 0.5		0.3VDD	V
V_{OL}	I_{OL} = 3mA	GND	0.15	0.4	V
Input leakage					
I_H	V_{IH} = 5.5V			10	μA
I_L	V_{IL} = GND	10			μA

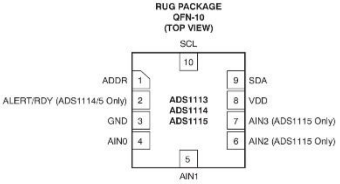
(1) This parameter expresses the full-scale range of the ADC scaling. In no event should more than VDD + 0.3V be applied to this device.
(2) 99% of full-scale.
(3) Includes all errors from onboard PGA and reference.

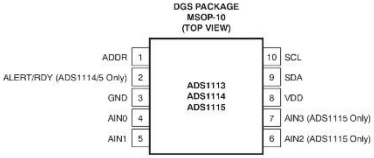
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

All specifications at –40°C to +125°C, VDD = 3.3V, and Full-Scale (FS) = ±2.048V, unless otherwise noted.
Typical values are at +25°C.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	ADS1113, ADS1114, ADS1115 MIN	TYP	MAX	UNIT
POWER-SUPPLY REQUIREMENTS					
Power-supply voltage		2		5.5	V
Supply current	Power-down current at 25°C		0.5	2	µA
	Power-down current up to 125°C			5	µA
	Operating current at 25°C		150	200	µA
	Operating current up to 125°C			300	µA
Power dissipation	VDD = 5.0V		0.9		mW
	VDD = 3.3V		0.5		mW
	VDD = 2.0V		0.3		mW
TEMPERATURE					
Storage temperature		–60		+150	°C
Specified temperature		–40		+125	°C

PIN CONFIGURATIONS





PIN DESCRIPTIONS

PIN #	DEVICE ADS1113	ADS1114	ADS1115	ANALOG/ DIGITAL INPUT/ OUTPUT	DESCRIPTION
1	ADDR	ADDR	ADDR	Digital Input	I^2C slave address select
2	NC[(1)]	ALERT/RDY	ALERT/RDY	Digital Output	Digital comparator output or conversion ready (NC for ADS1113)
3	GND	GND	GND	Analog	Ground
4	AIN0	AIN0	AIN0	Analog Input	Differential channel 1: Positive input or single-ended channel 1 input
5	AIN1	AIN1	AIN1	Analog Input	Differential channel 1: Negative input or single-ended channel 2 input
6	NC	NC	AIN2	Analog Input	Differential channel 2: Positive input or single-ended channel 3 input (NC for ADS1113/4)
7	NC	NC	AIN3	Analog Input	Differential channel 2: Negative input or single-ended channel 4 input (NC for ADS1113/4)
8	VDD	VDD	VDD	Analog	Power supply: 2.0V to 5.5V
9	SDA	SDA	SDA	Digital I/O	Serial data: Transmits and receives data
10	SCL	SCL	SCL	Digital Input	Serial clock input: Clocks data on SDA

(1) NC pins may be left floating or tied to ground.

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated

BIODATA PENULIS

Muhammad Hamka Firdaus lahir di Tangerang pada tanggal 27 Desember 1997 yang merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di Madrasah Pembangunan UIN Jakarta, lalu melanjutkan pendidikannya pada Madrasah Tsanawiyah Negeri 3 Jakarta Selatan, dan melanjutkan sekolah tingkat atas pada SMA Negeri 47 Jakarta Selatan. Penulis melanjutkan studi sarjana di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro sebagai staff hingga menjadi kepala departemen dan penulis juga turut aktif dalam kepanitiaan. Penulis juga merupakan asisten laboratorium sistem mikroelektronik dan sistem tertanam serta menjadi asisten praktikum pada bidang studi elektronika.

Email : mhamkaf.its@gmail.com
Hp/WA/Line : 081287626944
Facebook : Muhammad Hamka Firdaus
Instagram : mhamkaf