TUGAS AKHIR - EE 184801

IDENTIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH DURIAN DENGAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR GAS ELEKTROKIMIA DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*

Mohammad Syahrian Adil Al Baid
NRP 07111640000096

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Fajar Budiman, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro Dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

TUGAS AKHIR – EE 184801

IDENTIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH DURIAN DENGAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR GAS ELEKTROKIMIA DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*

Mohammad Syahrian Adil Al Baid
NRP 07111640000096

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Fajar Budiman, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL PROJECT – **EE 184801**

DURIAN MATURITY LEVEL IDENTIFICATION USING ELECTROCHEMICAL GAS SENSOR ARRAY AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Mohammad Syahrian Adil Al Baid
NRP 07111640000096

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Fajar Budiman, ST., M.Sc.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul :

"Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Durian dengan Menggunakan Deret Sensor Gas Elektrokimia dan *Artificial Neural Network*"

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan 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, Juni 2020

Mohammad Syahrian Adil Al Baid

NRP. 07111640000096

Halaman ini sengaja dikosongkan

IDENTIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH DURIAN DENGAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR GAS ELEKTROKIMIA DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*

TUGAS AKHIR

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP. 196904261994031003

SURABAYA
JUNI, 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

IDENTIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH DURIAN DENGAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR GAS ELEKTROKIMIA DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*

TUGAS AKHIR

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing II

Fajar Budiman ST., M.Sc.
NIP. 198607072014041001

SURABAYA
JUNI, 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

IDENTIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH DURIAN DENGAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR GAS ELEKTROKIMIA DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Mohammad Syahrian Adil Al Baid
07111640000096

Dosen Pembimbing : 1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
: 2. Fajar Budiman ST., M.Sc.

ABSTRAK

Dalam industri perkebunan durian maupun petani buah durian dalam mengetahui kematangan suatu buah merupakan hal yang sangat penting. Hal ini digunakan untuk menjaga kualitas hasil produksi buah – buahan tersebut. Selain itu, dalam proses distribusi atau pemasaran buah memerlukan monitoring kematangan agar buah tetap dalam kualitas yang baik. Buah durian dipilih karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi, selain itu juga merupakan buah asli Indonesia yang menjadi komoditas ekspor negara di Asia Tenggara. Melihat permasalahan tersebut, dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah. Identifikasi kematangan buah yang akan dilakukan berdasar pada karakter aroma buah tersebut. Secara ilmiah buah durian akan menghasilkan bermacam – macam senyawa dalam membentuk aroma, senyawa utama penyusun aroma tersebut diantranya *hydrogen suilfide*, *hydrodisulfides*, *ethylacetate*, *ethyl propane*, *ethanol* dan n-*propanol*. Dengan memanfaatkan aroma buah durian maka dibuat sistem identifikasi tingkat kematangan buah durian dengan menggunakan deret sensor gas elektrokimia dan *artificial neural network*. Sensor gas yang digunakan yaitu sensor H2S, *ethylene*, dan *ethanol*. Pada pengujian yang dilakukan disimpulkan 3 tingkat kematangan buah yaitu, mentah, matang, dan busuk. Sedangkan pada pengujian dalam 60 sampel data aroma didapatkan tingkat akurasi sebesar 94,8%.

Kata Kunci: Kematangan Buah Durian, *Neural Network*, Sensor Gas Elektrokimia

Halaman ini sengaja dikosongkan

DURIAN MATURITY LEVEL IDENTIFICATION USING ELECTROCHEMICAL GAS SENSOR ARRAY AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Mohammad Syahrian Adil Al Baid
07111640000096

Supervisor : 1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
: 2. Fajar Budiman, ST., M.Sc.

ABSTRACT

In the agricultural industry and fruit farmers how to know the maturity of a fruit is very important. This is used to maintain the quality of the fruit production. In addition, in the proccess of fruit distribution or marketing requires monitoring of maturity, so these fruits still remain in good condition. Durian is chosen because it has a high economic value, it also a Indonesian's native fruit which is the country's export commodity in Southeast Asia. Based on that problems, this research was conducted to identify the level maturity of Durian. Identification of fruit maturity will be based on the aroma character of the fruit. Scientifically Durian will produce variety of compounds in forming aroma, the main compounds in forming aroma are hydrogen suilfide, hydrodisulfides, ethylacetate, ethyl propane, ethanol and n-propanol. By utilizing the aroma of Durian, an identification system for maturity level of Durian is created using electrochemical gas sensor array and artificial neural network. The gas sensors used are H_2S, ethylene, and ethanol sensor. In this research carried out 3 level of maturity named "raw", "ripe", and "rotten". After testing in 60 samples the system obtained an accuracy rate of 94,8%

Keyword: *Durian Maturity Level, Electrochemical Gas Sensor, Neural Network*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena berkat dan rahmatnya selama ini penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak di bawah ini, yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini:

- Bapak Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan kepala laboraturium elektronika industri, yang tanpa hentinya memberikan saran dan rekomendasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Bapak Fajar Budiman, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang juga memberikan saran dan dukungan dalam menyusun tugas akhir ini.
- Bapak Ir. Tasripan, MT., Ronny Mardiyanto, ST.,MT.,Ph.D., Muhammad Attamimi,B.Eng.,M.Eng.,Ph.D., dan Ir. Harris Pirngadi, MT. selaku dosen penguji, yang memberikan banyak masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir ini dengan baik.
- Bapak Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro ITS Surabaya.
- Seluruh dosen dan tenaga pendidik Departemen Teknik Elektro ITS.
- Bapak, Ibu, dan serta seluruh keluarga yang memberikan dukungan baik moril maupun materiil.
- Teman-teman asisten laboratorium elektronika yang sudah memberi dukungan.

Akhir kata, penulis memohon maaf yang sebesar – besarnya apabila masih terdapat kesalahan dan kekeliruan dalam penyusunan tugas akhir ini. Penulis sepenuhnya menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna.Penulis berharap bahwa tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kehidupan serta rekan-rekan yang akan melanjutkan penelitian di bidang elektronika.

Surabaya, Juni 2020

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
ABSTRACT iii
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Metodologi Penelitian 3
1.6 Sistematika Penulisan 4
1.7 Relevansi 5
BAB II TEORI PENUNJANG 7
2.1 Buah Durian (*Durio zibenthinus*) 7
2.2 Karakteristik Aroma Buah Durian (*Durio zibenthinus*) 9
2.2.1 Menggunakan Metode SPME dan GC-MS 9
2.2.2 Menggunakan Metode GC-*Olfactometry* 9
2.3 Sensor Gas Elektrokimia 10
2.4 Rangkaian Pengkondisian Sinyal 12
2.5 Mikrokontroler Arduino 15
2.6 ADC 16-bit ADS1115 17
2.7 OLED (*Organic Led*) Display 19
2.8 *Neural Network* 21
2.8.1 Neuron 22
2.8.2 Arsitektur *Neural Network* 23
2.8.3 *Backpropagation* 25
BAB III PERANCANGAN SISTEM 27
3.1 Studi Literatur Karakteristik Aroma Buah Durian 27
3.2 Rancangan Perangkat Keras (*Hardware*) 28
3.2.1 Rancangan Mekanik 29
3.2.2 Pemilihan Sensor Gas Elektrokimia 30
3.2.3 Rancangan Rangkaian Pengkondisian Sinyal 33

3.2.4 Rancangan Rangkaian Elektronik Sistem 35
3.3 Rancangan Perangkat Lunak (*Software*)..... 40
3.3.1 *Flowchart Mikrokontroler Arduino*..... 40
3.3.2 Persiapan Pelatihan Data..... 42
3.3.3 *Data Logger* menggunakan *Data Streamer* 44
3.3.4 Metode *Neural Network*..... 45
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA 49
4.1 Pengujian Respon Sensor 50
4.2 Karakterisasi Sensor 53
4.2.1 Pengujian Karakterisasi Sensor H_2S..... 53
4.2.2 Pengujian Karakterisasi Sensor *Ethylene*..... 56
4.2.3 Pengujian Karakterisasi Sensor *Ethanol* 57
4.3 Pengambilan Data Pelatihan..... 59
4.4 Realisasi Metode *Neural Network*..... 66
4.5 Pengujian *Neural Network*..... 69
BAB V PENUTUP..... 75
5.1 Kesimpulan..... 75
5.2 Saran..... 75
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN A..... 80
LAMPIRAN B..... 85
LAMPIRAN C..... 96
LAMPIRAN D..... 101
BIODATA PENULIS 110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik karakteristik kematangan suatu buah 2
Gambar 2.1 Struktur sensor gas elektrokimia 11
Gambar 2.2 Ilustrasi reaksi yang terjadi pada sensor gas elektrokima .. 12
Gambar 2.3 Diagram blok rangkaian pengkondisian sinyal 12
Gambar 2.4 Rangkaian potensiostat 13
Gambar 2.5 Rangkaian *transimpedance amplifier* 13
Gambar 2.6 Rangkaian *unbiased* sensor 14
Gambar 2.7 Rangkaian *biased* sensor 15
Gambar 2.8 Konfigurasi pin Arduino Uno 16
Gambar 2.9 Konfigurasi alamat I2C ADS1115 18
Gambar 2.10 Jumlah pixel dalam bit OLED display 20
Gambar 2.11 Konfigurasi pin OLED display 20
Gambar 2.12 Neural *Network Layer* 21
Gambar 2.13 Ilustrasi komputasi pada node *neural network* 23
Gambar 2.14 *Feed-forward Neural Network* 23
Gambar 2.15 *Recurrent Neural Network* 24
Gambar 2.16 *Symmetrically Connected Neural Network* 24
Gambar 2.17 Ilustrasi *backpropagation* pada *neural network* 26
Gambar 3.1 Diagram blok sistem 28
Gambar 3.2 Visualisasi desain perancangan mekanik (a) tampak keseluruhan (b) peletakan komponen. 30
Gambar 3.3 Alphasense H2S-B4 31
Gambar 3.4 Winsen ME3-ETO 31
Gambar 3.5 Modul sensor MQ-3 32
Gambar 3.6 Rangkaian pengkondisian sinyal 33
Gambar 3.7 Rangkaian tegangan negatif ICL7660 34
Gambar 3.8 Skematik rangkaian elektronik sistem 36
Gambar 3.9 Skematik rangkaian voltage inverter 37
Gambar 3.10 Skematik rangkaian pengkondisian sinyal 37
Gambar 3.11 Koneksi ADS1115 dengan Arduino UNO 38
Gambar 3.12 Koneksi 128x32 I2C OLED dengan Arduino UNO 39
Gambar 3.13 Diagram blok proses pelatihan dan identifikasi 40
Gambar 3.14 *Flowchart* tahap pelatihan 41
Gambar 3.15 *Flowchart* tahap identifikasi 42
Gambar 3.16 Buah durian sebagai pelatihan data 43

Gambar 3.17 Ilustrasi pertukaran data *Data Streamer* 44
Gambar 3.18 Tampilan antarmuka *Data Streamer* 44
Gambar 4.1 Realisasi alat identifikasi 49
Gambar 4.2 Grafik respon sensor H_2S 50
Gambar 4.3 Grafik respon sensor Ethylene 50
Gambar 4.4 Grafik respon sensor Ethanol MQ-3 51
Gambar 4.5 Grafik respon sensor aroma tanpa penutup 52
Gambar 4.6 Grafik respon sensor aroma dengan penutup 52
Gambar 4.7 Pengambilan gas buang kendaraan 53
Gambar 4.8 Uji karakterisasi sensor H_2S 54
Gambar 4.9 Grafik karakterisasi sensor H_2S 55
Gambar 4.10 Grafik karakterisasi sensor *ethylene* 57
Gambar 4.11 Pengujian sensor *ethylene* 57
Gambar 4.12 Grafik karakterisasi sensor *ethanol* 58
Gambar 4.13 Pengujian karakterisasi sensor Ethanol MQ-3 59
Gambar 4.14 Grafik rata - rata data buah “mentah” 65
Gambar 4.15 Grafik rata - rata data buah “matang” 65
Gambar 4.16 Grafik rata - rata data buah “busuk” 66
Gambar 4.17 (a) Grafik data sebelum normalisasi
(b) grafik data setelah normalisasi 67
Gambar 4.18 Grafik *accuracy* dan *loss* dari proses pelatihan 68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Produksi buah durian dan kapasitas ekspor 7
Tabel 2.2 Senyawa aroma aktif buah durian 9
Tabel 2.3 Kandungan utama volatile pada buah durian 10
Tabel 2.4 Spesifikasi protokol komunikas I2C 17
Tabel 2.5 PGA gain ADS1115 19
Tabel 3.1 Kandungan utama *volatile* pada buah durian 27
Tabel 3.2 Spesifikasi sensor *hydrogen sulfide* 31
Tabel 3.3 Spesifikasi sensor *ethylene* 32
Tabel 3.4 Spesifikasi sensor *ethanol* 32
Tabel 3.5 Label dataset buah durian 45
Tabel 4.1 Hasil uji karakterisasi sensor H_2S 55
Tabel 4.2 Hasil uji karakterisasi sensor Ethylene 56
Tabel 4.3 Hasil uji karakterisasi sensor Ethanol MQ-3 58
Tabel 4.4 Kondisi buah durian 60
Tabel 4.5 Pengujian pengambilan data untuk pelatihan 61
Tabel 4.6 Pengujian pengambilan data untuk pengujian 69
Tabel 4.7 Pengujian prediksi terhadap data pengujian 70
Tabel 4.8 *Confusion matrix* 72
Tabel 4.9 Parameter prediksi dari data test 72
Tabel 4.10 Hasil perhitungan *accuracy*, *precision* , *recall* , dan *F1-score* 73

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

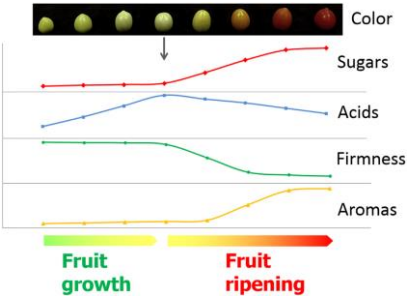
Dalam industri perkebunan maupun petani buah mengetahui kematangan suatu buah merupakan hal yang sangat penting. Hal ini digunakan untuk menjaga kualitas hasil produksi buah – buahan tersebut. Selain itu, dalam proses distribusi maupun pemasaran memerlukan monitoring kematangan buah agar buah tetap dalam kualitas yang baik hingga berada di tangan konsumen [1].

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Indonesia memproduksi sekitar 68 juta ton sampah pada tahun 2019, dimana 60% merupakan sampah organic [2]. Dari data tersebut memperlihatkan bahwa masih banyaknya jumlah sampah organik yang diproduksi oleh masyarakat Indonesia. Sampah ini bisa jadi merupakan sampah dari buah – buahan yang membusuk sebelum dikonsumsi oleh masyarakat. Menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor : 20/Permentan/OT.140/2/2010 terdapat pedoman penanganan pasca panen hasil pertanian yang baik agar menghasilkan pangan bermutu, aman dan layak dikonsumsi yang disebut *Good Handling Practices* (GHP) [3]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan mengidentifikasi tingkat kematangan dari produk hasil pertanian tersebut.

Secara ilmiah buah yang masak berkaitan dengan banyak proses yang terjadi di dalamnya seperti pada gambar 1.1. Buah mengalami beberapa aspek perubahan fisiologi dan biokimia, seperti akumulasi pigmen, bertambahnya ukuran, mengalami pelunakan daging buah, kandungan gula, keasaman, aroma, dan metabolisme nutrisi lainnya. Banyak penelitian menunjukkan bahwa proses kematangan buah diatur oleh etilen, sebuah gas pengatur tumbuhan yang juga mengatur pertumbuhan buah, perkembangan buah, dan penuaan [4].

Secara spesifik identifikasi tingkat kematangan buah diujikan pada buah durian (Durio spp.), hal ini menjadi pertimbangan karena mengingat potensi yang sangat besar yang dimiliki oleh buah ini terutama pada sektor ekonomi. Buah durian sendiri banyak tersebar dan tumbuh baik di Indonesia. Terdapat sekitar 20 jenis durian yang tumbuh dan tersebar di Pulau Jawa, Bali, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Maluku [5]. Buah yang mendapat julukan “The King of Fruit” ini juga merupakan salah satu jenis buah tropis unggulan dalam komoditi ekspor Indonesia. Harapannya

dengan metode pendeteksian ini mampu meningkatkan efektifitas produksi buah durian baik dalam skala industri maupun bagi petani buah durian yang nantinya dapat berdampak pada perekonomian dalam negeri.



Gambar 1.1 Grafik karakteristik kematangan suatu buah [4]

Dalam mengidentifikasi kematangan suatu buah telah dilakukan beberapa metode, contohnya menggunakan NIR (near-infrared rays) atau menguji kadar gula dari buah secara langsung [6]. Beberapa metode membutuhkan biaya yang mahal ataupun dapat merusak struktur buah itu sendiri. Banyak dari buah yang matang mengeluarkan aroma yang sedap, sedangkan buah yang belum matang cenderung tidak mengeluarkan arorma atau bahkan aroma pahit. Berdasarkan salah satu sifat buah yang mampu mengeluarkan aroma maka dapat diidentifikasi kematangan buah melalui aroma yang dikeluarkan. Metode ini diharapkan mampu menjadi metode yang murah biaya, mudah dalam perawatannya dan tidak merusak struktur buah itu sendiri [7].

Pada tugas akhir ini menerapkan metode pendeteksian tingkat kematangan buah menggunakan data aroma dari sensor gas. Pada penelitian yang sudah dilakukan sensor gas atau sensor bau banyak digunakan untuk mendeteksi kandungan gas yang spesifik. Pada metode ini digunakan beberapa sensor gas berjenis elektrokimia untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah [8]. Selanjutnya, untuk mendapatkan deteksi yang tepat, maka diterapkan metode neural network untuk proses identifikasi tingkat kematangan. Pada metode ini data sampel yang diperoleh dari hasil deteksi sensor gas dilatihkan ke neural network, data sampel yang didapatkan berupa aroma buah dengan tingkat kematangan berbeda – beda, mulai dari yang mentah hingga matang.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat dirumuskan beberapa permasalahan utama dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana cara mendeteksi karakteristik aroma buah durian pada masing – masing tingkat kematangan buah yang telah ditentukan?
2. Bagaimana cara mengidentifikasi tingkat kematangan buah durian?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Penggunaan deret sensor gas elektrokimia untuk mengenali karakteristik aroma buah durian.
2. Implementasi *neural network* untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah durian.

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Sensor yang digunakan adalah sensor gas elektrokimia H2S-B4, ME3-C2H4 dan MQ-3.
2. Menggunakan sampel buah durian yang didapatkan di daerah Kabupaten Tulungagung dan sekitarnya

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian dalam penyelesaian tugas akhir ini dilakukan dalam lima tahap berikut ini:

1. **Studi Literatur**
   dalam tahap ini dilakukan studi terhadap buku, jurnal, berita, dan sumber pustaka lainnya yang digunakan sebagai dasar penulisan tugas akhir ini. Dasar teori dalam tugas akhir ini meliputi, karakteristik aroma buah durian, jenis sensor gas elektrokimia, rangkaian pengkondisian sinyal sensor gas, penggunaan mikrokontroler, dan penggunaan *neural network* untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah.
2. **Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)**
   Pada tahap ini dirancang perangkat keras yang dibutuhkan untuk membuat sistem berjalan. Perangkat keras ini terdiri dari beberapa komponen, yang pertama 3 jenis sensor gas elektrokimia, yaitu sensor H2S-B4, sensor ME3-C2H4 dan sensor MQ-3 yang berfungsi untuk mendeteksi aroma buah durian. Kedua rangkaian pengkondisian sinyal untuk merubah

nilai arus dari sensor menjadi nilai tegangan yang selanjutnya dapat diukur. Ketiga yaitu mikrokontroler Arduino yang digunakan untuk mengolah data hasil pembacaan sensor dan menentukan tingkat kematangannya berdasarkan *neural network.*

3. **Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)**
   Perancangan perangkat lunak meliputi pelatihan data menggunakan *neural network* dari data – data pembacaan sensor gas yang sudah didapatkan dan perancangan algoritma program dari mikrokontroler Arduino. Program ini digunakan untuk proses penngidentifikasian setelah dilakukan proses pelatihan data.
4. **Pengujian Sistem**
   Pada tahap ini dilakukan pengujian terrhadap 3 sensor gas yang telah disebutkan, sensor tersebut dikarakterisasi terhadap konsentrasi gas yang mampu dibaca oleh sensor tersebut. Kemudian dilakukan pengujian pada rangkaian pengkondisian sinyal untuk dapat memperoleh hasil yang optimal. Setelah data diperoleh selanjutnya dilakukan pengujian keakuratan *neural network* dalam mengkategorikan data yang sudah diperoleh.
5. **Penulisan Laporan Tugas Akhir**
   Dalam tahap ini keseluruhan tahapan yang telah dilakukan ditulis dalam laporan ini, harapannya dapat digunakan sebagai referensi di bidang terkait.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penelitian ini disusun sistematika penulisan sesuai dengan penjelasan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN
Pada BAB ini dijelaskan tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, serta relevansi dari penelitian yang dilakukan.

BAB 2 DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA
Dalam bab ini akan dijelaskan terkait teori dasar dari penelitian yang dilakukan. Teori dasar yang mendasari konsep dari sensor gas elektrokimia, karakteristik sensor gas elektrokimia, pengoptimalan rangkaian pengkondisian sinyal, mikrokontroler Arduino, dan pemanfaatan *neural network*.

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini dijelaskan rancangan sistem secara keseluruhan, baik dari segi perancangan perangkat keras maupun perancangan perangkat lunaknya. Komponen apa saja yang akan digunakan dan bagaimana dapat digunakan dijelaskan pada perancangan perangkat keras. Sedangkan pengolahan data, alur kerja sistem, dan tampilan antar muka dijelaskan pada perancangan perangkat lunak.

BAB 4 HASIL PENGUJIAN

Bab ini memaparkan hasil pengujian dari masing- masing tahapan dan pengujian sistem secara keseluruhan.

BAB 5 KESIMPULAN

Dalam bab ini dijelaskan kesimpulan terkait hasil yang telah dicapai pada penelitian yang telah dilakukan.

1.7 Relevansi

Harapan dari dilaksanakannya tugas akhir ini adalah dapat terealisasinya sistem identifikasi tingkat kematangan buah durian, sehingga mampu meningkatkan kualitas pasca panen buah durian. Selain itu dapat meningkatkan wawasan penulis mengenai bidang – bidang terkait dan juga memberikan inovasi dalam penerapan teknologi pada bidang pertanian.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II
TEORI PENUNJANG

2.1 Buah Durian (*Durio zibenthinus*)

Durian merupakan buah dari pohon durian (*Durio zibethius* L.) yang termasuk dalam keluarga tumbuhan kapas – kapasan atau sering disebut tumbuhan dikotil. Genus Durio merupakan tumbuhan endemi yang berasal dari Asia Tenggara dengan persebaran utamanya di Pulau Kalimantan. Selain itu buah durian juga tersebar di beberapa pulau di Indonesia. Terdapat 27 spesies dari *Durio* yang telah ditemukan di dunia, dan salah satunya yang sangat popular yaitu *Durio* zibenthinus atau sering disebut durian. Untuk beberapa negara di Asia Tenggara termasuk Indonesia, durian merupakan buah dengan potensi ekspor yang baik. Mulai tahun 2013, produksi buah durian di Indonesia mengalami kenaikan sebesar 4,86% per tahunnya, dari tahun ke tahun harga dari buah ini juga mengalami kenaikan dan sering disebut "*The King of Fruit*". Rata – rata buah durian memiliki berat 2 sampai 3 kg serta berkulit duri yang berwarna hijau hingga kuning kecokelatan. Terdapat bagian daging buah yang dapat dimakan sebanyak 20 – 30% dari jumlah berat buah durian. Satu buah durian memiliki tinggi nutrisi dengan kandungan sekitar 30% karbohidrat, 3% lemak, dan 3% protein [9].

Durian merupakan jenis buah tropis musiman, dimana pada umumnya berbuah antara bulan Mei dan Agustus. Bahkan di Thailand dengan menggunakan pengatur pertumbuhan tanaman seperti Paclobutrazol, durian tersedia sepanjang tahun. Maka dari itu dalam data statistika pada tabel 2.1, Thailand memimpin ekspor buah durian.

Tabel 2.1 Produksi buah durian dan kapasitas ekspor

Country	1988		2003		2008	
	Production (hectares)	Export (tons)	Production (hectares)	Export (tons)	Production (hectares)	Export (tons)
Indonesia	36054	-	53770	13	47600	32
Malaysia	48049	19889	116270	26236	96762	19485
Thailand	84500	6694	116615	87433	111685	219438

Ada beberapa indikator yang dapat digunakan untuk menentukan kematangan buah durian, diantaranya adalah:

1. Bentuk dan ukuran buah
   Pada umumnya buah durian mempunyai berat 1-5 kg, tetapi berat yang sangat dianjurkan yaitu pada rentang 2-4 kg. buah yang matang juga memiliki duri yang cukup keras.
2. Batang buah
   Pada masa – masa mendekati matang, serat dalam batang tumbuh dua kali lipat, hal ini untuk beradaptasi dengan berat buah itu sendiri dan serangan dari luar.
3. Kandungan lipid dan serat dalam daging buah
   Kandungan lipid dan serat juga meningkat seiring dengan kematangan buah. Buah yang layak dipanen yaitu setelah lebih lama 90 hari dari *anthesis* atau masa pada awal bunga mekar dan membentuk cikal bakal dari buah. Pada saat itu juga kandungan lipid dan serat pada puncaknya.
4. Pigmen
   Buah yang masih muda mempunyai warna putih atau krem. Seiring pertumbuhan buah beta karoten mengakumulasi dan merubah warna menjadi kuning muda maupun tua tergantung jenis durian.
5. Kapasitas antioksidan
   Asam *caffeic* dan *quercetin* adalah zat antioksidan dominan ketika buah matang. Sedangkan *apigenin* dan *campherol* adalah zat antioksidan dominan ketika buah sudah terlalu matang.
6. *Volatile* (aroma)
   Durian terkenal dengan aromanya yang menyengat, hal ini berguna untuk menarik hewan maupun serangga untuk membantu penyerbukan selanjutnya. Selain itu aroma yang dikeluarkan durian juga dapat menentukan kematangan buah durian itu sendiri. Komponen penyusun utama dari aroma buah adalah senyawa dalam durian yang mengandung sulfur, ester maupun ethanol.

2.2 Karakteristik Aroma Buah Durian (*Durio zibenthinus*)

Di dalam menganalisa karakteristik aroma buah durian terdapat dua penelitian yang berbeda metode baik segi kuantitatif maupun kualitatif.

2.2.1 Menggunakan Metode SPME dan GC-MS

Pada penelitian ini dilakukan beberapa metode yaitu SPME (*solid phase micro extraction*) dan *Gas Chromatography-Mass Sprectrometry*. Dari percobaan yang telah dilakukan dengan teknik tersebut dihasilkan komponen senyawa penyusun aroma buah durian berupa 44 senyawa yang terbagi atas 12 sulfur, 27 ester, 3 aldehida, dan 2 keton. Uji coba dilakuan dengan analisa 4 jenis buah durian yaitu Durian Hejo, Durian Matahari, Durian Ajimah, dan Durian Sukarno. Dalam PCA yang dilakukan senyawa sulfur dan ester banyak ditemukan dan menentukan aroma dari jenis buah durian. Senyawa tersebut diantaranya propanethiol, diethyl disulfide, ethyl propyl disulfide, bis(ethylthio)methane, diethyl trisulfide, dua isomer 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane, 1,1-bis(methylthio)ethane, 1,1-bis(ethylthio)-ethane, dan 3-mercapto-2-methyl propanol [10].

2.2.2 Menggunakan Metode GC-*Olfactometry*

Dengan metode ini dikenali 46 senyawa bauan aktif, diantaranya ditampilkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Senyawa aroma aktif buah durian [9]

odorant	odor
hydrogen sulfide	rotten egg
acetaldehyde	fresh, fruity
methanethiol	rotten, cabbage
ethanethiol	rotten, onion
propane-1-thiol	rotten, durian
ethyl propanoate	fruity
ethane 1,1-dithiol	sulfury, durian
ethyl 2-methylpropanoate	fruity

Di dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa senyawa ester yang terkandung pada buah durian yang banyak menyebabkan aroma buahan (*fruity-smelling*), sedangkan senyawa sulfur membentuk aroma yang khas pada buah durian [9].

Dari metode tersebut dirangkum bahwa aroma buah durian terbagi atas kandungan sulfur, ester dan ethanol. Senyawa yang mengandung belerang melputi *hydrogen suilfide*, *hydrodisulfides*, *dialkyl polysulfides*, *thilos* dan *thioethers*. Kandungan ester meliputi *ethylacetate*, *ethyl propane, ethyl 2-methylbutyrate*, dan lain-lain. Juga terdapat *ethanol* dan n-*propanol* [11]. Secara lebih jelas kandungan utama ditampilkan pada tabel 2.3.

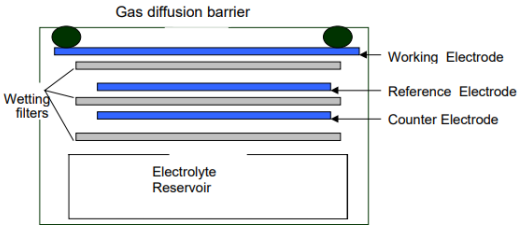
Tabel 2.3 Kandungan utama volatile pada buah durian [11]

Nama Senyawa	Rumus Kimia
Senyawa Sulfur	
Diethyl trisulfide	$C_4H_{10}S_3$
Diethyl disulfide	$C_4H_{10}S_2$
Ethyl 2-(methylthio)acetate	$C_5H_{10}O_2S$
Senyawa Non-sulfur	
Acetaldehyde	C_2H_4O
Ethyl 2-methylbutyrate	$C_7H_{14}O_2$
Ethanol	C_2H_6O

2.3 Sensor Gas Elektrokimia

Sensor gas elektrokimia merupakan alat yang tepat digunakan untuk pengukuran dan identifikasi keberadaan bau digunakan sensor elektrokimia. Sensor elektrokimia memiliki peran penting dalam teknik analisis yang digunakan untuk mengukur konsentrasi senyawa yang berbau. Sensor elektrokimia yang digunakan untuk pengukuran senyawa berbau dapat dibagi menjadi tiga kelompok tergantung pada sinyal listrik yang diukur. Jenis sensor tersebut yaitu, potensiometri (pengukuran tegangan), konduktometri (pengukuran konduktivitas), dan amperometri (pengukuran arus) [12].

Sensor gas elektrokimia jenis amperometrik menghasilkan arus yang mana linier dengan pecahan volume gas yang bereaksi, dalam hal ini mempunyai satuan ppm (*part per million*) atau dapat diartikan perbandingan konsentrasi zat terlarut dengan pelarutnya. Seperti pada gambar 2.1 sensor ini terdiri atas 3 elektroda utama yang terhubung dengan pin di luar sensor.



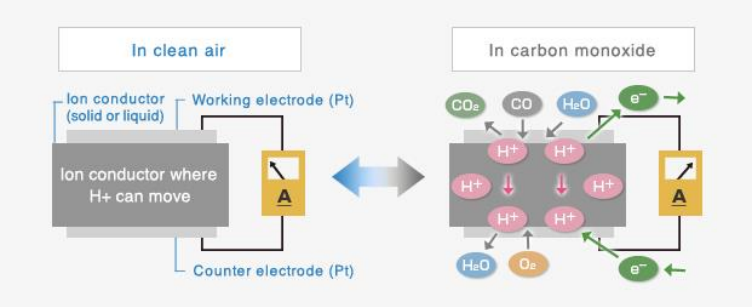
Gambar 2.1 Struktur sensor gas elektrokimia [13]

Gas yang akan diukur terlebih dahulu memasuki filter dengan berdifusi sehingga meminimalisir benda lain masuk ke sensor. Selanjutnya *working electrode* atau juga disebut *sensing electrode* mengoptimalkan reaksi oksidasi-reduksi dari gas yang akan diukur. *Working electrode* ini menjadi media terjadinya oksidasi (CO_2, H_2S, NO, SO_2) atau reduksi (NO_2, Cl_2), sebuah katalis juga digunakan untuk mengoptimalisasi kinerja sensor dan menghindarkan dari interferensi gelombang elektromaknetik. Elektroda ini secara langsung terpapar oleh udara di luar sensor yang mana dapat bereaksi dengan semua gas yang ada termasuk gas yang akan diukur. Karena itu, elektroda ini mungkin bisa saja teracuni jika terkena gas – gas tertentu.

Selanjutnya *counter electrode* menyetimbangkan reaksi yang terjadi di *working electrode*. Jika *working electrode* mengoksidasi gas, maka *counter electrode* harus mereduksi molekul yang lain untuk mendapatkan arus yang sesuai, begitu pula sebaliknya. Sebagai contoh reaksi yang terjadi pada sensor CO adalah sebagai berikut.

Working electrode	$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + 2H^- + 2e^-$
Counter electrode	$\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$
Reaksi keseluruhan	$CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2$

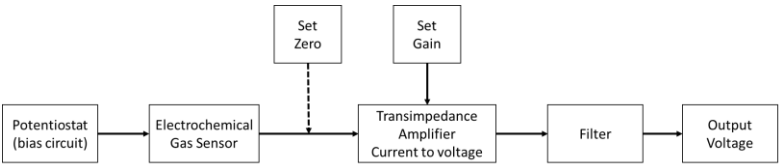
Dari reaksi tersebut terlihat bahwasannya reaksi oksidasi yang terjadi pada *working electrode* menghasilkan elektron dan reaksi reduksi pada *counter electrode* memerlukan elektron. Dapat disimpulkan bahwa ketika terjadi reaksi dengan gas yang diukur maka elektron akan mengalir dan pada saat yang bersamaan arus juga dihasilkan. Sedangkan fungsi *reference electrode* yaitu menjaga potensial *working electrode* agar selalu berada pada region yang benar pada kurva arus – tegangan. Secara lebih jelas mekanisme kerja dari sensor gas CO diilustrasikan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi reaksi yang terjadi pada sensor gas elektrokima [14]

2.4 Rangkaian Pengkondisian Sinyal

Sensor gas elektrokimia membutuhkan sebuah rangkaian bias untuk dapat beroperasi, bias ini diperlukan antara *working electrode* dan *counter electrode* [15]. Pada banyak tipe gas sensor memerlukan tegangan bias sebesar 0V tetapi beberapa divais memerlukan tegangan bias positif maupun negatif. Secara umum rangkaian ini mempunyai diagram blok seperti gambar 2.3.



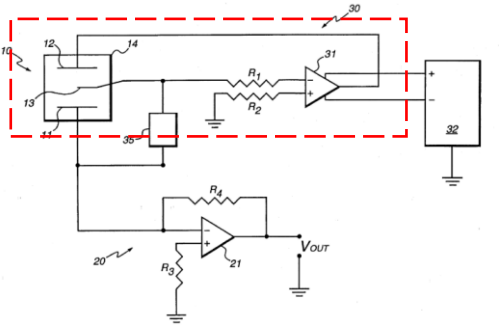
Gambar 2.3 Diagram blok rangkaian pengkondisian sinyal

Rangkaian pengkondisian sinyal ini terdiri dari 4 jenis rangkaian, yaitu :

a. Potensiostat (*bias circuit*)

Rangkaian Potensiostat (gambar2.4) dikenal sebagai rangkaian untuk mengatur tegangan bias antara *reference electrode* dan *counter electrode* pada sensor elektrokimia [16]. Pada rangkaian ini terdapat satu opamp yang akan memonitor tegangan potensial pada *reference electrode* dan mengaplikasikan tegangan pada *counter electrode* secara tepat untuk menjaga potensial pada *reference electrode* sama dengan tegangan input. Potensial akan berubah seiring dengan

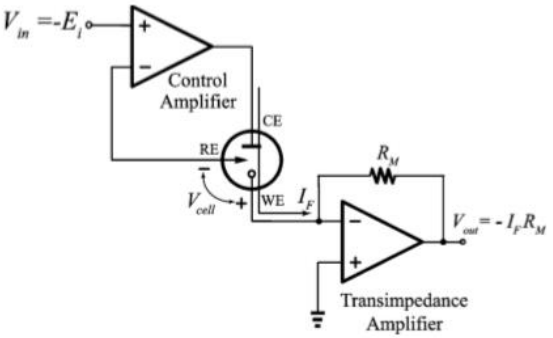
perubahan konsentrasi gas, karena arus akan dihasilkan dari *counter electrode* untuk menyeimbangkan arus dari *working electrode*.



Gambar 2.4 Rangkaian potensiostat [16]

b. *Transimpedance Amplifier* (*Current to Voltage*)

Rangkaian ini berfungsi sebagai perubah arus menjadi tegangan dengan daya disipasi yang rendah, bahkan dengan rangkaian ini arus yang kecil dapat diukur. Rangkaian ini (gambar2.5) berguna karena keluaran dari sensor gas berupa besaran arus. Besarnya tegangan keluaran (V_{out}) dari rangkaian ini juga ditentukan dengan besarnya resistor *gain* (R_M) [17].



Gambar 2.5 Rangkaian *transimpedance amplifier* [17]

R_M didefinisikan sebagai gain amplifier dalam V/A. Sebagai contoh, jika $R_M = 10k$ maka:

$$Transimpedance\ gain = \ 10^4\ V/A \quad (2.1)$$

Misalnya menggunakan sensor dengan sensitifitas 400 nA/ppm

$$Sensor\ sensitivity = 4 \times 10^{-7}\ A/ppm \quad (2.2)$$

$$System\ sensitivity = 4 \times 10^{-7} \times 10^4\ V/ppm = 4\ mV/ppm \quad (2.3)$$

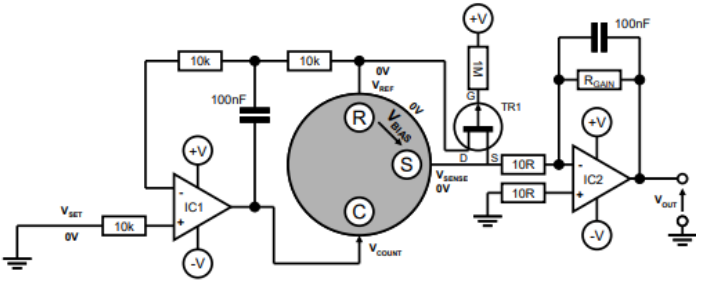
c. *Set Zero*

Bagian ini berfungsi untuk menjaga *zero bias* antara *working* dan *reference electrode* ketika tegangan suplai dalam keadaan mati. Rangkaian ini biasanya menggunakan P-channel FET sehingga ketika tegangan pada *gate* rendah menyebabkan V_{ref} dan $V_{working}$ tersambung, sehingga tidak ada bias. Kondisi ini berfungsi untuk menstabilkan sensor dengan cepat ketika power dihidupkan kembali [18].

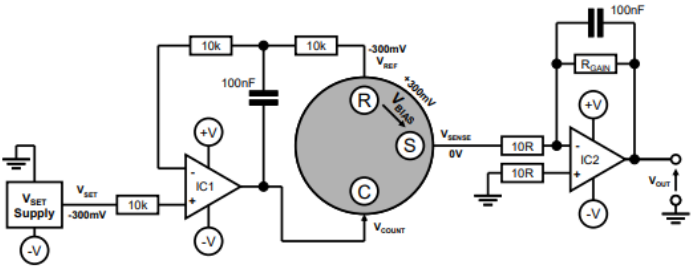
d. *Low Pass Filter*

Rangkain *low pass filter* berfungsi untuk memfilter *noise* pada pengukuran. Rangkaian ini sangat sederhana dengan menambahkan kapasitor secara paralel. Karena pada umumnya *noise* mempunyai frekuensi yang tinggi, sehingga agar keluaran terbebas dari *noise* dapat menggunakan rangkaian *low pass filter*

Pada aplikasinya rangkaian ini terbagi atas 2 macam, yaitu *biased* (gambar 2.6) dan *unbiased* (gambar 2.7). Yang membedakan diantara keduanya yaitu bias tegangan pada V_{ref} dan $V_{working}$, hal ini dikarenakan karakteristik masing – masing sensor yang berbeda.



Gambar 2.6 Rangkaian *unbiased* sensor [18]

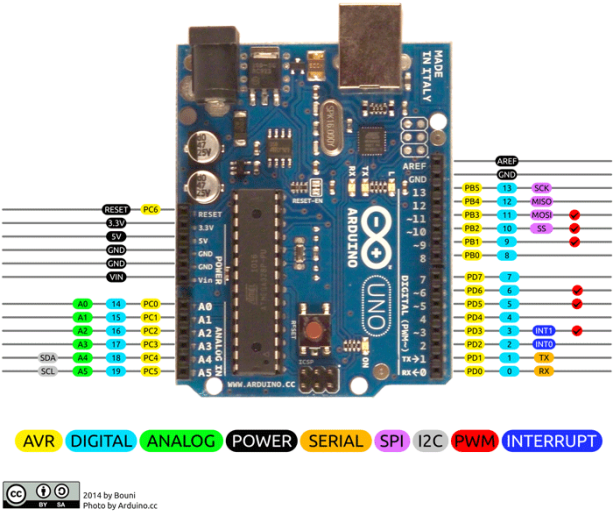


Gambar 2.7 Rangkaian *biased* sensor [18]

2.5 Mikrokontroler Arduino

Arduino/Genuino Uno merupakan mikrokontroler berbasis ATmega328P. Arduino sendiri memiliki 16 pin pada bagian atas dan 12 pin pada bagian bawah [19]. Fungsi dari pin tersebut ialah:

1. 14 Digital IO pin (pin 0-13)
   Pin digital dapat menjadi input maupun output, yang mana ditentukan pada program sket pada IDE.
2. 6 Analog In pin (pin A0-A5)
   Terdapat ADC (*analog to digital conversion*) yang tertanam pada pin ini. ADC beresolusi 10 bit dimana dapat dikonversikan antara angka 0 dan 1023.
3. 6 Analog Out pin (pin 3,5,6,9,10, dan 11)
   Terdapat 6 pin digital yang dapat diprogram untuk mengeluarkan sinyal analog, pada dasarnya menggunakan prinsip PWM (*pulse width modulation*).



Gambar 2.8 Konfigurasi pin Arduino Uno

Gambar 2.8 menjelaskan tata letak dan fungsional pin dari mikrokontroler Arduino UNO. Mikrokontroler ini mendukung komunikasi I2C (*inter integrated circuit*) / TWI (*two-wire interface*) dengan menyertakan librari pada sket koding Arduino. I2C itu sendiri merupakan protokol komunikasi yang menggabungkan fitur dari SPI dan UART. Dengan I2C, komunikasi dapat dilakukan pada banyak *master* dan *slave* divais. Pertukaran data yang dilakukan hanya membutuhkan 2 kabel atau koneksi yaitu SDA (*serial data*) dan SCL (*serial clock*). Secara lengkap I2C dijelaskan pada tabel 2.4.

Mikrokontroler ini memiliki resolusi A/D Converter 10 bit. Koding program yang mengatur Arduino diupload ke EEPROM melalui komunikasi USB Serial. Koding program juga dipermudah dengan adanya Arduino IDE [20].

Dalam aplikasinya mikrokontroler ini juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

1. Tidak tersedianya DAC (*digital to analog conversion*), hanya mengandalkan sinyal PWM dari pin digital.
2. Daya prosesing terbatas dalam frekuensi 16Mhz
3. Jumlah kapasitas memori yang kecil, hanya berukuran 16kb *flash memory*, 1KB SRAM, dan 512 bytes EEPROM.

Tabel 2.4 Spesifikasi protokol komunikas I2C

Wires Used	2
Maximum Speed	Standard mode = 100 kbps
	Fast mode = 400 kpbs
	High speed mode = 3,4 Mbps
	Ultra fast mode = 5 Mbps
Synchronous or Asynchronous	Synchronous
Serial or Parallel	Serial
Max address of Master	Unlimited
Max address of Slave	1008

2.6 ADC 16-bit ADS1115

ADS1115 merupakan modul ADC (*analog to digital converter*) dengan resolusi 16 bit dengan 4 channel. Modul ini bekerja dalam 860 sampel per detik menggunakan protokol komunikasi I2C. Dalam mengatur pengalamatan divais ini dalam komunikasi I2C terdapat 4 jenis konfigurasi. Modul ini digunakan sebagai penambah resolusi ADC yang terdapat pada mikrokontroler, sehingga dapat mengetahui perubahan pada tegangan yang diukur secara teliti [21].

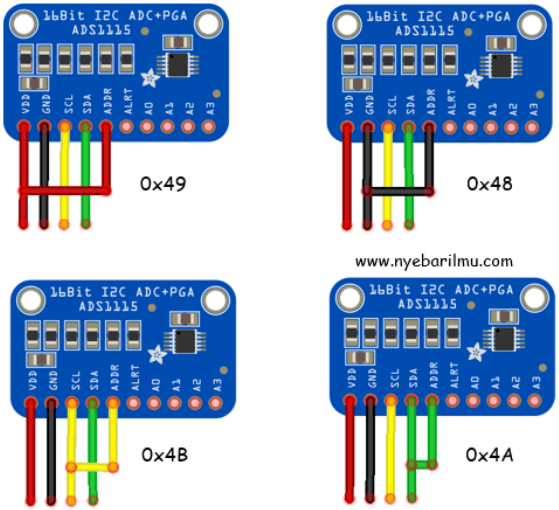
Spesifikasi modul ADS1115 :

- Mempunyai resolusi 16 bit
- Programmable sample rate 8 sampai 860 sample/detik
- Power supply/logic level 2 sampai 5 volt
- Konsumsi arus rendah : 150 uA
- Single-shot mode : Auto Shut-Down
- Internal osilator
- Internal programmable gain amplifier hingga 16 kali
- I2C interface : 4 mode address
- 4 single-ended atau 2 differensial input
- Programmable comparator

IC ADS1115 mempunyai 4 konfigurasi 7-bit I2C, hal ini memungkinkan dalam satu master (mikrokontroler) dapat mengendalikan sebanyak 4 buah modul ADS1115 berbeda seperti pada gambar 2.9. Alamat I2C pada modul ditentukan oleh pin ADR dengan konfigurasi sebagai berikut:

- 0x48 (1001000) ADR -> GND

- 0x49 (1001001) ADR -> VDD
- 0x4A(1001010) ADR -> SDA
- 0x4B(1001011) ADR -> SCL



Gambar 2.9 Konfigurasi alamat I2C ADS1115

Modul ini memiliki multiplexer internal sehingga memungkinkan pembacaan dengan konfigurasi 4 kanal single-ended atau 2 kanal differential input. Pada mode single-ended tegangan (channel A0 – A3) input diukur dengan mereferensikan terhadap ground (GND), sedangkan pada mode differential input tegangan diukur dengan mengukur selisih antar dua channel (A0&A1 atau A2&A3) [22]. Pada mode single-ended hanya tegangan positif yang dapat diukur oleh modul ini, tanpa adanya polaritas dari tegangan input maka secara tidak langsung hanya menggunakan 15 bit (1 bit untuk polaritas). Untuk memaksimalkan penggunaan 16 bit maka dapat digunakan pada mode konfigurasi differential input, mode ini juga tahan terhadap gangguan sinyal elektromagnetik dari luar.

Fitur lain yang dimiliki oleh modul ini adalah adanya Programmable Gain Amplifier (PGA) [23]. Gain ini mengatur pengali amplifier internal

sehingga memungkinkan pembacaan yang lebih sensitif. Sesuai pada datasheet skala PGA dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2.5 PGA gain ADS1115

PGA Setting	Full-Scale Range (volt)
2/3 (GAIN_TWOTHIRDS)	+/- 6,144
1 (GAIN_ONE)	+/- 4,094
2 (GAIN_TWO)	+/- 2,048
4 (GAIN_FOUR)	+/- 1,024
8 (GAIN_EIGHT)	+/- 0,512
16 (GAIN_SIXTEEN)	+/- 0,256

2.7 OLED (*Organic Led*) Display

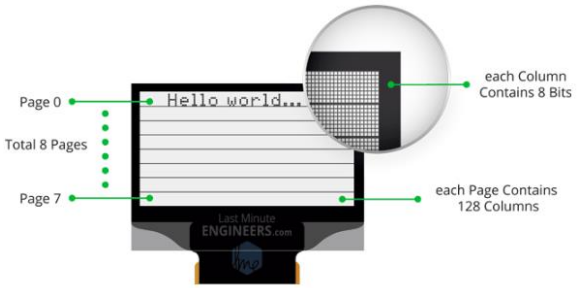
Oled disebut juga organic led merupakan display grafik berukuran 0,96 inci dengan resolusi pixel 128 x 64. Display jenis ini menggunakan teknologi organic LED yang biasanya terbuat dari karbon dan hidrogen. Sebuah OLED display tidak memerlukan *backlight* karena dapat menciptakan cahayanya sendiri. Itulah mengapa display jenis ini memiliki kontras yang tinggi, sudut penglihatan yang cukup luas dan memiliki tingkat kehitam yang tinggi. Tidak diperlukannya *backlight* sangat mengurangi penggunaan daya pada display ini, rata – rata hanya menggunakan 20mA, tergantung dari banyaknya pixel display yang menyala. Tegangan operasi dari modul ini bernilai 1,65 V sampai 3,3V sehingga memungkinkan untuk dioperasikan melalui mikrokontroler Arduino dengan tegangan logic 5V [24].

Dalam pasar modul OLED dilengkapi driver SSD1306 yang mempunyai 1KB *Graphic data RAM* (GDDRAM). Luasan memori ini terorganisir dalam 8 bagian, setiap bagian memiliki 128 kolom, dan setiap kolom dapat menyimpan 8 bit data. Setiap bit pada OLED display dapat dikontrol secara terprogram. Ilustrasi pengalamatan OLED display ditunjukkan pada gambar 2.10.

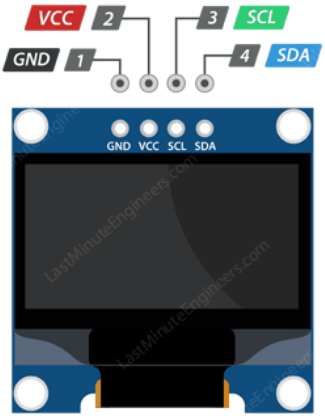
Modul OLED hanya memiliki 4 pin, yaitu VCC, GND, SDA, dan SCL seperti yang dijelaskan gambar 2.11. Memakai protokol komunikasi I2C sehingga menghemat penggunaan pin. Secara lengkap spesifikasi dari OLED display adalah sebagai berikut:

- Display Technology : OLED (Organic LED)
- MCU Interface : I2C / SPI

- Screen Size : 0,96 inch across
- Resolution : 128x64 pixels
- Operating Voltage : 3,3V – 5V
- Operating Current : 20mA (max)
- Viewing Angle : 160 degree
- Characters Per Row : 21
- Number of Character Rows : 7



Gambar 2.10 Jumlah pixel dalam bit OLED display



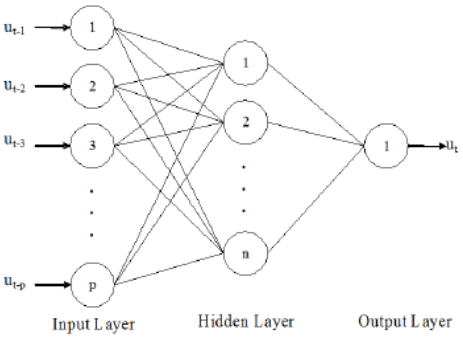
Gambar 2.11 Konfigurasi pin OLED display

2.8 *Neural Network*

Neural Network (NN) merupakan salah satu metode dalam bidang *artificial intelligence* (AI) dimana pada prinsip kerjanya meniru kinerja otak manusia yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang. Dalam istilah komputasi NN merupakan sejumlah prosesor yang terdistribusi secara paralel dan terdiri dari unit pemrosesan yang sederhana, dimana setiap unit atau node menyimpan informasi yang dialami dan dapat digunakan kembali. Pengolahan kemampuan jaringan NN disimpan dalam antar satuan *weight* (kekuatan) yang dipeloleh dengan proses adaptasi atau belajar dari satu set pelatihan pola [25].

Pada aplikasinya NN merupakan model komputasi yang terdiri dari sekelompok node yang saling berhubungan (neuron) yang dapat memodelkan hubungan fungsional yang kompleks [26]. Model komputasi ini mampu menyelesaikan permasalahan yang tidak bisa dimodelkan secara matematis, misalnya :

1. Fungsi perkiraan atau analisa regresi
2. Klasifikasi kelas, termasuk mengenali pola dan urutan, deteksi kebaruan dan pengambil keputusan
3. Pemrosesan data, termasuk *clustering*, *filtering*, *blind signal separation* dan kompresi



Gambar 2.12 Neural *Network Layer*

Gambar 2.12 menjelaskan ilustrasi proses komputasi yang dilakukan oleh *neural network*. Pada dasarnya terdapat 3 layer utama, yang mana pada setiap layer memiliki fungsi yang ditentukan.

2.8.1 Neuron

Dalam sebuah neuron pada *neural network* terjadi proses komputasi yang mana terinspirasi oleh bagaimana jaringan syaraf pada manusia bekerja. Dalam aplikasinya neuron direpresentasikan sebagai node yang menghubungkan antar jaringan satu dengan yang lainnya. Terdapat 3 elemen dasar (gambar 2.13) pada komputasi neuron.

1. *Weight*

   Weight merupakan bobot yang diberikan pada setiap input, *weight* diberikan secara acak baik berupa bilangan positif maupun negatif. *Weight* akan meningkatkan nilai kecuraman dari fungsi aktivasi, atau dengan kata lain *weight* menentukan seberapa cepat fungsi aktivasi mentrigger.

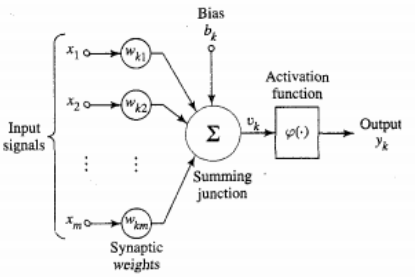
2. *Bias*

   Bias merupakan penjumlahan persilangan dalam persamaan linier. *Bias* menjadi parameter tambahan pada *neural network* yang digunakan untuk mengatur output sesuai dengan penjumlahan *weight* dari input neuron. Pada aplikasinya *bias* berupa sebuah konstanta yang membantu *model* agar sesuai dengan data yang diberikan.

3. *Activation function*

   Activation function merupakan persamaan matematika untuk menentukan output dari *neural network*. Fungsi ini terletak pada setiap neuron dalam *neural network*, dan mengatur apakah neuron aktif secara penuh atau tidak. Persamaan pada setiap neuron dapat dituliskan:

$$output_i = f(\sum_{i=1}^{n} weight_i input_i + bias_i) \quad (2.4)$$



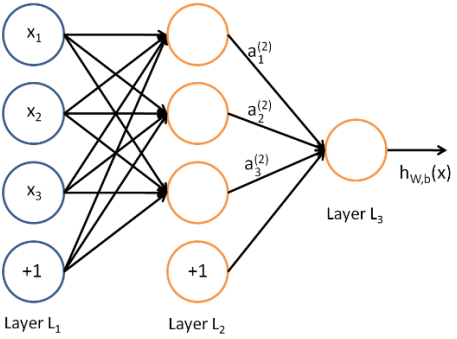
Gambar 2.13 Ilustrasi komputasi pada node *neural network*

2.8.2 Arsitektur *Neural Network*

Secara umum arsitektur *neural network* yang sering digunakan dalam perhitungan terbagi menjadi 3, yaitu :

1. *Feed-forward Neural Network*

   Meupakan tipe arsitektur yang paling sering digunakan pada aplikasi praktis. Layer pertama merupakan input layer dan layer terakhir berupa output layer, jika diantaranya terdapat lebih dari satu layer maka disebut "*deep*" *neural network*. Melakukan trasnformasi input secara seri. Ilustrasi dapat dilihat pada gambar 2.14.

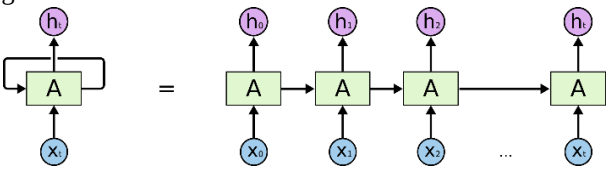


Gambar 2.14 *Feed-forward Neural Network*

2. *Recurrent Neural Network*

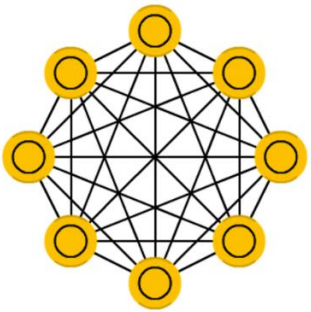
   Mempunyai siklus pada setiap koneksi nodenya, dapat diartikan bahwa sewaktu – waktu dapat kembali pada tempat semula jika mengikuti arah siklusnya. Mempunyai strukur yang rumit dan

berubah – ubah sehingga membuatnya sangat sulit untuk dilakukan pelatihan data. *Recurrent neural network* merupakan metode yang paling natural untuk memodelkan sekuensial data. Dapat menyimpan informasi didalam *hidden state*. Ilustrasi dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 *Recurrent Neural Network*

3. *Symmetrically Connected Neural Network*
   Arsitektur jenis ini hampir sama dengan *recurrent network*, tetapi koneksi antar unitnya simetris (mempunyai *weight* yang sama pada setiap sisinya). *Symmetric network* lebih mudah dianalisa daripada *recurrent network*. Jika tidak memiliki *hidden layer* konfigurasinya disebut "*Hopfield*" sedangkan jika memiliki disebut "*Boltzman machine*". Ilustrasi dapat dilihat pada gambar 2.16.



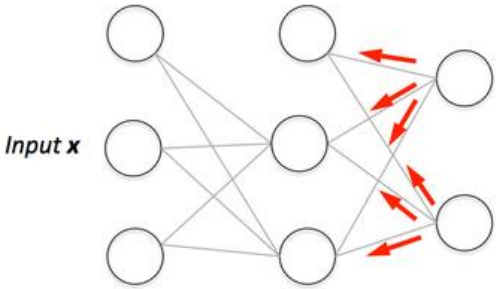
Gambar 2.16 *Symmetrically Connected Neural Network*

2.8.3 *Backpropagation*

Backpropagation merupakan metode yang sangat penting dalam proses pelatihan *neural network*. Metode ini merupakan pengaplikasian *fine-tuning* pada *weight* dari *neural network.* Untuk mendapatkan *weight* yang sesuai berdasarkan *error rate* dan *epoch* pada iterasi sebelumnya maka metode ini digunakan. Kesesuaian *weight* yang tepat menjadikan model yang didapatkan lebih handal secara keseluruhan. Urutan proses *backpropagation* adalah sebagai berikut :

1. Output Layer
   a. Menerima pola target dan pola output setelah melalui *neural network* ($y_k, k = 1,2,3 \dots m$)
   b. Menghitung informasi error
      $$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y[in]_k) \quad (2.5)$$
   c. Menghitung nilai koreksi bobot dengan α sebagai learning rate
      $$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \quad (2.6)$$
   d. Menghitung nilai koreksi bias
      $$\Delta w_{ok} = \alpha \delta_k \quad (2.7)$$

2. Hidden Layer
   a. Menjumlahkan delta masukannya
      $$\delta[in]_j = \sum_{k=1}^{m} \delta_k w_{jk} \quad (2.8)$$
   b. Kali dengan turunan fungsi aktivasi
      $$\delta_j = \delta[in]_j f'(z[in]_j) \quad (2.9)$$
   c. Menghitung nilai koreksi bobot
      $$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \quad (2.10)$$
   d. Menghitung nilai koreksi bias
      $$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \quad (2.11)$$
3. Update *weight* dan *bias*
   a. Memperbarui setiap unit output layer
      $$w_{jk}(new) = w_{jk}(old) + \Delta w_{jk} \quad (2.12)$$
   b. Memperbarui setiap unit hidden layer
      $$v_{ij}(new) = v_{ij}(old) + \Delta v_{ij} \quad (2.13)$$
4. Menguji kondisi *error rate* dan *epoch*



Gambar 2.17 Ilustrasi *backpropagation* pada *neural network*

Gambar 2.17 merupakan ilustrasi proses *backpropagation* pada *neural network* dimana terjadi penyesuaian nilai *weight* dan *bias* pada model atau layer *neural network.* Perhitungan dimulai dari setiap satu kali proses *feed-forwarding* selesai, dengan memperhitungkan error hasil *feed-forwarding* terhadap target sesuai dengan label yang diberikan. Error tersebut digunakan untuk memperbarui nilai *weight* dan *bias* sampai model yang didapatkan sesuai dengan target yang diberikan.

BAB III
PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini menjelaskan bagaimana keseluruhan sistem identifikasi tingkat kematangan buah durian dirancang dengan menggunakan deret sensor gas elektrokimia dan *artificial neural network*. Pada perancangan sistem terdiri atas, studi literatur karakteristik aroma buah durian, perancangan perangkat keras, serta perancangan perangkat lunak. Pada studi literatur menjelaskan zat esensi dari aroma buah durian sehingga dapat mendasari pemilihan sensor yang tepat. Pada perancangan perangkat keras meliputi pemilihan sensor gas elektrokimia, desain mekanik sistem, perancangan rangkaian pengkondisian sinyal sensor, dan perancangan sistem secara keseluruhan. Sedangkan, perancangan perangkat lunak sistem terdiri dari persiapan sampel data pelatihan, *data logger*, metode pelatihan data, dan diagram alir kerja dari mikrokontroler Arduino.

3.1 Studi Literatur Karakteristik Aroma Buah Durian

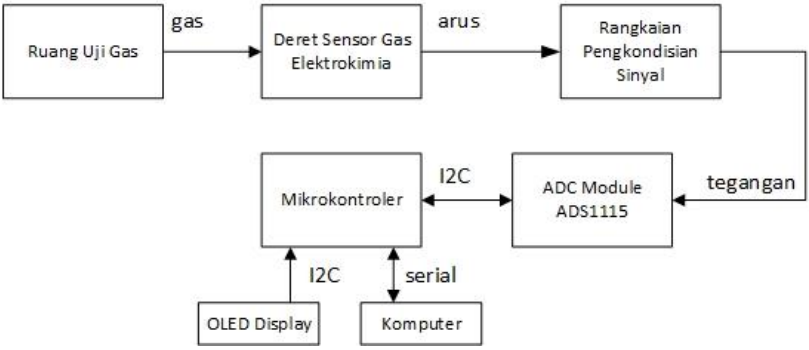
Dari studi literatur yang didapatkan dapat diketahui bahwa aroma buah durian terdiri atas 2 komponen utama yaitu senyawa yang mengandung sulfur dan tidak mengandung sulfur. Beberapa senyawa yang mengandung sulfur diantaranya hydrogen suilfide, hydrodisulfides, dialkyl polysulfides, dan lain – lain. Sedangkan senyawa yang tidak mengandung sulfur antara lain, ethanol, ethylen, dan n-propana (tabel 3.1). Dengan mengetahui kandungan senyawa aroma buah durian, maka sensor – sensor yang sensitif terhadap senyawa tersebut dipasang secara bersamaan membentuk deret sensor gas.

Tabel 3.1 Kandungan utama *volatile* pada buah durian

Senyawa Sulfur		Senyawa Non-sulfur	
Nama	Rumus Kimia	Nama	Rumus Kimia
Diethyl trisulfide	$C_4H_{10}S_3$	Acetaldehyde	C_2H_4O
Diethyl disulfide	$C_4H_{10}S_2$	Ethyl 2-methylbutyrate	$C_7H_{14}O_2$
Ethyl 2-(methylthio)acetate	$C_5H_{10}O_2S$	Ethanol	C_2H_6O

3.2 Rancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada tahap ini dilakukan penyusunan komponen perangkat keras (*hardware*). Penyusunan komponen berdasar pada diagram blok sistem identifikasi tingkat kematangan durian secara keseluruhan seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Secara keseluruhan sistem akan berjalan seperti diagram blok di atas. Perangkat keras pada sistem identifikasi ini terdiri atas :

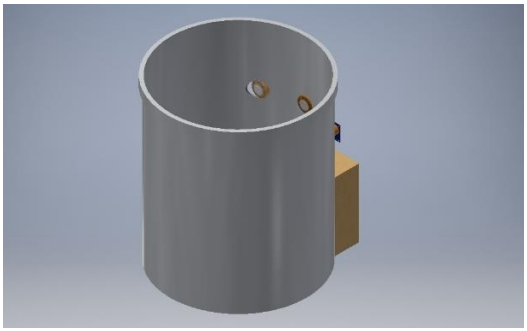
1. Ruang Gas Uji
   Merupakan *chamber* tempat mengumpulkan gas dari aroma buah durian.
2. Deret Sensor Gas Elektrokimia
   Terdapat 3 sensor gas, yaitu sensor gas H2S, sensor gas *Ethylene*, dan sensor gas *Ethanol* (MQ-3).
3. Rangkaian Pengkondisian Sinyal
   Rangkaian yang digunakan untuk mengaktifkan sensor gas dan mengubah arus menjadi tegangan.
4. ADS1115 Module
   Merupakan modul ADC 16-bit digunakan untuk meningkatkan resolusi pembacaan dari mikrokontroler, modul ini berkomunikasi menggunakan protokol I2C dengan mikrokontroler.
5. Mikrokontroler

Sebagai prosesor utama, sekaligus mengatur berjalannya sistem. Mikrokontroler juga mengatur pertukaran data antar input dan outputnya.

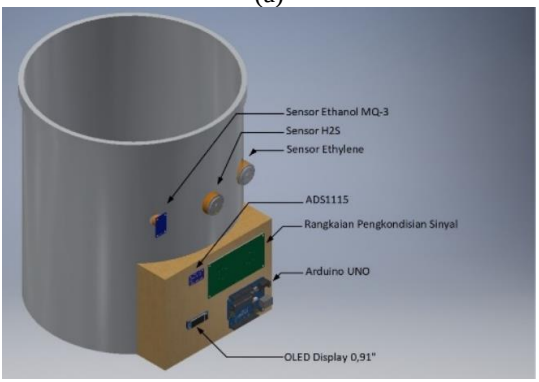
6. OLED Display
   Display pembantu dalam menampilkan informasi yang sedang diterima oleh mikrokontroler ataupun informasi berjalannya sistem.
7. Komputer
   Sebabagi prosesor pembantu, digunakan untuk keperluan *data logger* dan proses pelatihan data.

3.2.1 Rancangan Mekanik

Pada tahap ini dilakukan desain perancangan mekanik guna memperoleh alat yang sesuai dengan kondisi di lapangan dan dapat diaplikasikan secara langsung. Didalam mekanik ini terletak beberapa komponen elektronik yaitu, sensor gas elektrokimia, mikrokontroler Arduino, OLED display, board rangkaian pengkondisian sinyal, dan *inverting regulator* tegangan. Desain ini memiliki dimensi panjang 36 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 42 cm. Pada gambar 3.2(a) memeperlihatkan desain secara keseluruhan, dalam perancangan tersebut terdapat sebuah *chamber* gas terbuka untuk mengakumulasi gas pada buah durian. *Chamber* ini sengaja dibuka pada salah satu sisinya untuk mempermudah penggunaan alat ini pada buah yang masih berada di pohonnya. Disisi lain yang berhadapan dengan sisi yang terbuka diletakkan 3 sensor gas elektrokimia, didepan sensor tersebut diberi kisi penghalang agar sensor lebih aman. Setelah itu tepat dibelakang sisi sensor terletak komponen – komponen elektronika yang lain, seperti rangkaian pengkondisial sinyal, mikrokontroler, display, dan baterai (gambar 3.2 b). Diameter pada setiap sensor disesuaikan dengan ukuran masing – masing sensor.



(a)



(b)

Gambar 3.2 Visualisasi desain perancangan mekanik (a) tampak keseluruhan (b) peletakan komponen.

3.2.2 Pemilihan Sensor Gas Elektrokimia

Pada beberapa referensi yang digunakan untuk mengetahui komposisi gas dari aroma buah durian maka digunakan sensor gas yang sesuai dengan senyawa penyusun aroma buah tersebut. Komposisi yang menonjol dari aroma buah durian diantaranya adalah *hydrogen sulfida* (H_2S), *ethanol* (C_2H_5OH), dan *ethylene* (C_2H_4). Untuk mendapatkan karakteristik aroma dari buah durian, maka sensor yang masing – masing sensitif terhadap senyawa tersebut digunakan secara bersamaan dan membentuk deret sensor. Dengan menyesuaikan sensor yang sudah

diproduksi oleh industri sensor, maka didapatkan beberapa sensor yang sensitif terhadap senyawa tersebut.

1. *Hydrogen Sulfide* (H_2S) – Alphasense H2S-B4
   Merupakan sensor gas elektrokimia dengan 4 elektroda (gambar 3.3). Tingkatan sinyal yang kuat yang dikombinasikan dengan arus yang kecil mempunyai resolusi hingga 10 ppb.

Gambar 3.3 Alphasense H2S-B4

Tabel 3.2 Spesifikasi sensor *hydrogen sulfide*

Detection Gas	H_2S
Sensitivity	1450 – 2600 nA/ppm
Detection Range	100 ppm
Response Time	< 60 s
Temperature Range	-30° to 50° Celcius
Pressure Range	80 to 120 kPa
Bias Voltage	No
Linearity Output	Yes

2. *Ethylene* (C_2H_4) – Winsen ME3-C2H4
   Sensor gas elektrokimia (gambar 3.4) dengan memanfaatkan proses oksidasi elektrokimia. Memiliki konsumsi daya yang rendah, presisi dan sensitivitas yang tinggi, liniearitas yang cukup lebar, dan anti interferensi dari senyawa lain.

Gambar 3.4 Winsen ME3-ETO

Tabel 3.3 Spesifikasi sensor *ethylene*

Detection Gas	C2H4
Sensitivity	0,04 +/- 0,012 uA/ppm
Detection Range	200 ppm
Response Time	< 30 s
Temperature Range	-20° to 50° Celcius
Pressure Range	standard atmosphere ±10%
Bias Voltage	No
Linearity Output	Yes

3. *Ethanol* (C_2H_5OH) – Modul Sensor MQ-3
   Menggunakan timah diokasida sebagai material yang sensitif terhadap perubahan gas (gambar 3.5). Ketika gas alkohol target dideteksi, konduktivitas sensor akan meningkat seiring perubahan konsentrasi gas. Sensor jenis ini juga kebal terhadap interferensi gas lain seperti gasoline, asap, dan uap.

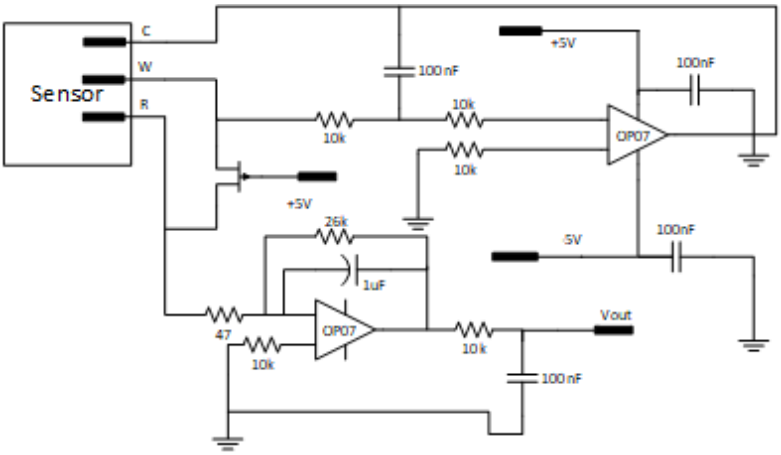
Gambar 3.5 Modul sensor MQ-3

Tabel 3.4 Spesifikasi sensor *ethanol*

Detection Gas	Alcohol
Sensitivity	Ro/Rs (125ppm) ≥ 5
Detection Range	25 - 500 ppm
Response Time	< 30 s
Temperature Range	20° Celcius

3.2.3 Rancangan Rangkaian Pengkondisian Sinyal

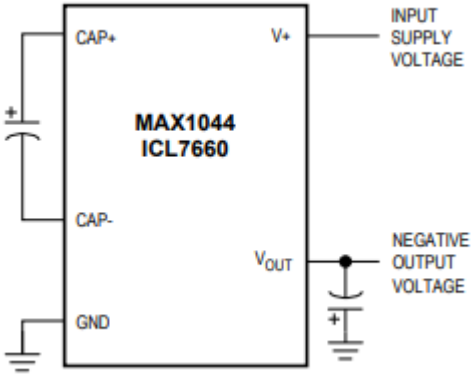
Rangkaian pengkondisian sinyal sensor gas elektrokimia pada dasarnya adalah untuk mengaktifkan sensor dan merubah arus yang dihasilkan dari reaksi kimia menjadi tegangan. Perubahan arus menjadi tegangan ini dibutuhkan karena keluaran dari sensor yang digunakan berupa arus sedangkan ADC dari ADS1115 hanya mampu membaca nilai tegangan. Karena arus output sangat lemah, hanya beberapa mikroampere, maka dibutuhkan juga rangkaian yang sekaligus menjadi penguat hingga beberapa ribu kali. Berdasarkan petunjuk pengaplikasian sensor yang dikeluarkan oleh produsen sensor gas maka didapatkan rangkaian seperti gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian pengkondisian sinyal

Rangkaian tersebut dihubungkan pada sensor *hydrogen sulfide* dan *ethylene*, karena pada module sensor MQ-3 sudah tersedia rangkaian pengkondisian sinyal secara *built-in*. Rangkaian di atas menggunakan 2 opamp dengan tipe OP07, pada opamp 1 digunakan sebagai potensiostatik dari gas sensor sedangkan opamp 2 digunakan sebagai *transimpedance amplifier*. Opamp tipe ini dipilih karena mempunyai *input offset voltage* dan *input bias current* yang kecil, sehingga akurat jika diaplikasikan pada

sensor. Rangkaian diatas juga memerlukan *split supply* dimana tegangan suplai dari opamp disuplai dengan tegangan positif dan tegangan negatif. Dalam rancangan ini, penulis memilih IC ICL7660 sebagai pembangkit tegangan negatif. Konfigurasi dari rangkaian ini sangat sederhana, dengan menambahkan 2 kapasitor seperti pada skematik gambar 3.7. ICL7660 ini merupakan IC jenis CMOS *switched-capacitor voltage converter* yang mana dapat membalikkan, menggandakan, membagi maupun mengkali tegangan positif. Dengan demikian kebutuhan suplai tegangan negatif pada rangkaian dapat teratasi.



Gambar 3.7 Rangkaian tegangan negatif ICL7660

Untuk mendapatkan sensitivitas tegangan output rangkaian pengkondisian sinyal berdasarkan konsentrasi gas maka dapat diperoleh dari rangkaian *transimpedance amplifier*-nya. Berikut perhitungan sensitivitas sensornya:

1. Sensor *Hydrogen Sulfide*
   - $R_{GAIN} = Transimpedance\ gain = 26{,}67 \times 10^4\ \Omega$
   - $Sensor\ sensitivity = 2025\ nA/ppm = 2{,}025 \times 10^{-6}\ A/ppm$
   - $System\ sensitivity = 26{,}67 \times 2{,}025 \times 10^{-2} = 54{,}00675 \times 10^{-2}\ V/ppm \approx 540\ mV/ppm$

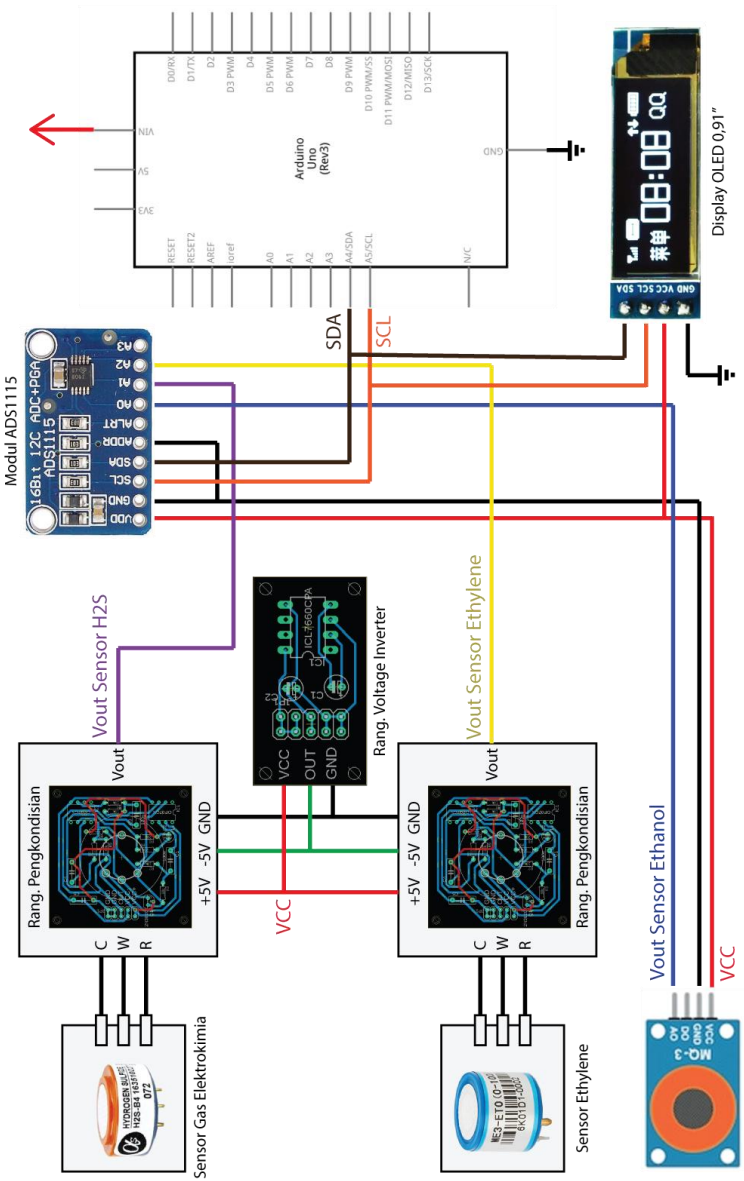
2. Sensor *Ethylene*
    - $R_{GAIN} = Transimpedance\ gain = 26{,}67 \times 10^4\ \Omega$
    - $Sensor\ sensitivity = 40\ nA/ppm = 4 \times 10^{-8}\ A/ppm$
    - $System\ sensitivity = 26{,}67 \times 4 \times 10^{-4} = 106{,}68 \times 10^{-4}\ V/ppm \approx 10{,}668\ mV/ppm$

Pada rangkaian sensor H_2S didapatkan nilai sensitivitas sebesar 540 mV/ppm, hal ini berarti setiap kenaikan 1 ppm dari konsentrasi gas terukur akan menghasilkan tegangan sebesar 540 mV. Begitu juga pada rangkaian sensor ETO (*ethylene*) setiap kenaikan 1 ppm konsentrasi gas *ethylene* akan menghasilkan tegangan sebesar 10,668 mV.

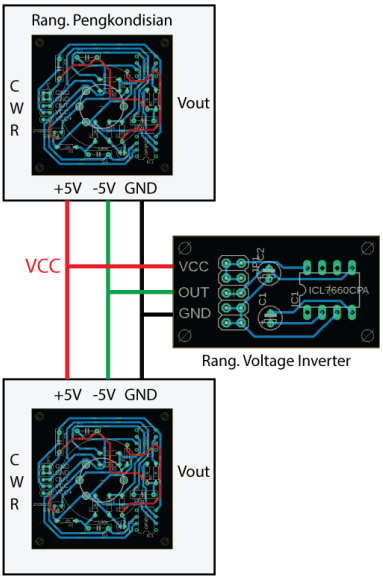
3.2.4 Rancangan Rangkaian Elektronik Sistem

Pada tahap ini dilakukan penggabungan komponen perangkat keras sehingga menjadi satu sistem kesatuan. Pada gambar 3.8 tersebut masing – masing sensor H_2S dan sensor Ethylene dihubungkan dengan rangkaian pengkondisian sinyal. Karena modul sensor MQ-3 (sensor *ethanol*) sudah memiliki rangkaian pengkondisan sinyal tersendiri maka sensor tersebut tidak membutuhkan rangkaian tambahan. Ketiga rangkaian pengkondisian sinyal diumpankan pada modul ADS1115 dengan menggunakan *ground* sebagai referensi. Pada modul ADS1115 pin A0 membaca tegangan sensor Ethanol, pin A1 membaca tegangan sensor H_2S, dan pin A2 membaca tegangan sensor Ethylene. Pada tugas akhir ini, mikrokontroler Arduino UNO berkomunikasi dengan dua divais I2C yaitu, modul ADS1115 dan OLED Display. Maka dari itu susunan rangkaian komunikasi I2C disusun secara paralel untuk 2 divais tersebut. Pin A4 (SDA) Arduino dihubungkan ke pin SDA ADS1115 dan OLED, begitu juga pin A5(SCL) Arduino dihubungkan ke pin SCL ADS1115 dan OLED.

Rangkaian Voltage Inverter dengan IC ICL7660 mempunyai pinout dengan rangkaian luar sebanyak 3 pin yaitu, VCC, GND, dan OUT. Pada pin OUT akan dihubungkan pada pin -5V rangkaian pengkondisian sinyal seperti pada gambar 3.9.

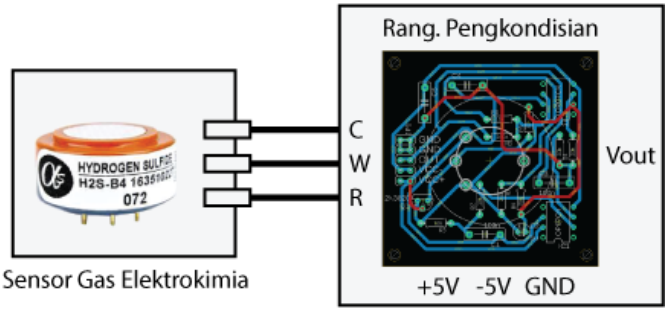


Gambar 3.8 Skematik rangkaian elektronik sistem



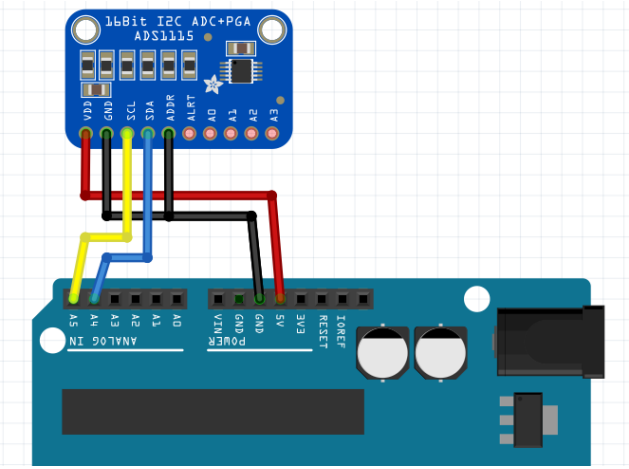
Gambar 3.9 Skematik rangkaian voltage inverter

Selanjutnya rangkaian pengkondisian sinyal mempunyai 5 pinout yang terhubung dengan rangkaian lainnya. Pin C, W, R terhubung pada sensor gas elektrokimia sesuai dengan elektroda yang dimiliki. Pin +5V, -5V, dan GND terhubung pada rangkaian voltage inverter sebagai pin penghasil tegangan suplai rangkaian ini. Sedangkan pin Vout akan terhubung pada modul ADS1115. Penjelasan koneksi pin dijelaskan pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Skematik rangkaian pengkondisian sinyal

Sedangkan masing – masing rangkaian pengkondisial disuplai dengan voltage inverter untuk keperluan tegangan negatif. Kemudian output dari rangkaian pengkondisian sinyal dan modul sensor MQ-3 disambungkan dengan input ADC modul ADS1115 untuk diukur nilai tegangannya. Modul ADS1115 menangani 3 input tegangan yang diperoleh dengan sensor lalu mentrasfer data dengan komunikasi I2C pada mikrokontroler.

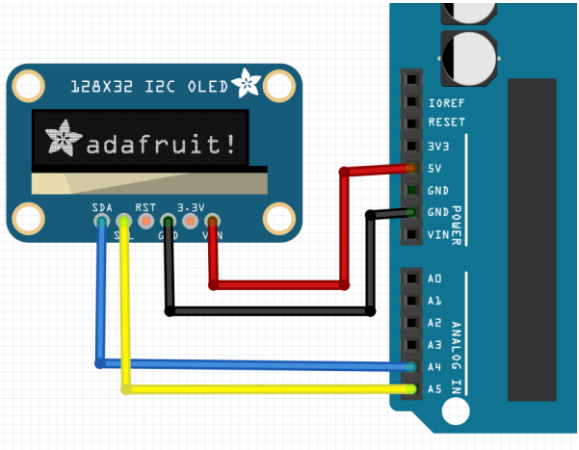


Gambar 3.11 Koneksi ADS1115 dengan Arduino UNO

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.11 ADS1115 memiliki 10 pin yaitu, VDD, GND, SCL, SDA, ADDR, ALRT, A0, A1, A2, A3. VDD dan GND pada ADS1115 dihubungkan pada pin 5V dan GND pada Arduino, sedangkan untuk komunikasi pin SCL dihubungkan dengan pin A5 dan pin SDA dihubungkan dengan pin A4. Untuk pengalamatan divais maka pin ADDR dihubungkan ke GND, dan pada program sket alamat divais diatur pada 0x48. Sedangkan untuk channel masukan (A0 – A3) dihubungkan ke masing – masing output rangkaian pengkondisian sinyal.

Pada modul OLED Display 128x32 mempunyai 6 pin yaitu SDA, SCL, RST, GND, 3.3V, dan VIN. Pada tugas akhir ini hanya digunakan 4 pin dengan konfigurasi yaitu, pin SDA terhubung dengan pin A4 Arduino, pin SCL terhubung dengan pin A5 Arduino, pin GND terhubung

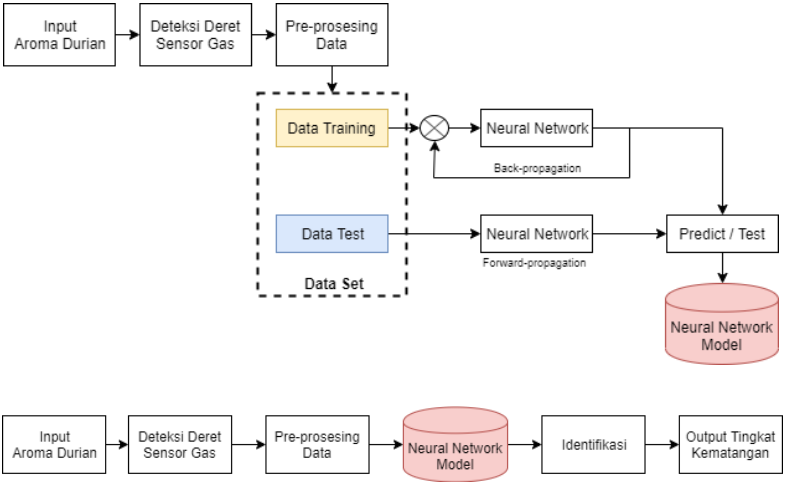
dengan GND Arduino, dan pin VIN terhubung dengan pin 5V Arduino seperti pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Koneksi 128x32 I2C OLED dengan Arduino UNO

3.3 Rancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat lunak sistem, secara umum terdiri atas 2 tahap utama yaitu, tahap pelatihan data dan tahap identifikasi (gambar 3.13).



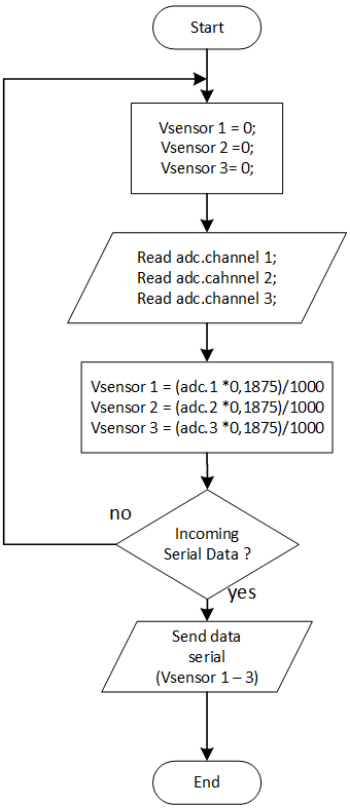
Gambar 3.13 Diagram blok proses pelatihan dan identifikasi

3.3.1 *Flowchart Mikrokontroler Arduino*

Dalam sebuah sistem identifikasi tingkat kematangan buah durian diperlukan sebuah mikrokontroler untuk menjalankan semua perintah, mulai dari membaca tegangan keluaran sensor, pengatur pertukaran data, menampilkan informasi, dan lain – lain. Perintah – perintah tersebut harus dilakukan sesuai dengan prosedur sistem. Untuk mempermudah penyusunan dan pembacaan prosedur tersebut maka dibuat *flowchart* atau diagram alir untuk mikrokontroler. *Flowchart* ini terbagi atas 2 tahap, yaitu tahap pelatihan dan tahap identifikasi.

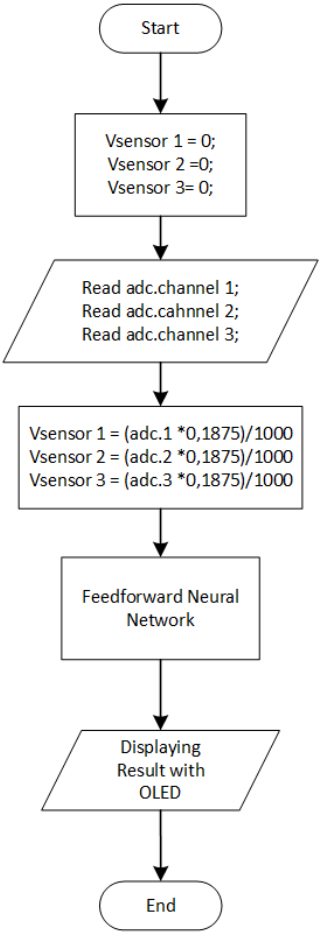
Pada diagram alir gambar 3.14, langkah- langkahnya ialah mula – mula tegangan sensor diinisialisasi sebagai 0 agar tidak terpengaruh dari pembacaan sebelumnya, kemudian membaca nilai channel pada modul ADS1115 untuk ketiga sensor (sensor Ethanol, sensor H_2S, sensor Ethylene), kemudian dilakukan perhitungan resolusi adc dengan skala

6,144/32767 atau 0,1875 mV per bit, setelah itu penentuan kondisi apakah terdapat data yang masuk dari serial mikrokontroler, data serial ini akan dikirim dari komputer sebagai perintah untuk melanjutkan program. Jika ada perintah, maka mengirimkan data hasil perhitungan adc yang sudah dilakukan.



Gambar 3.14 *Flowchart* tahap pelatihan

Pada *flowchart* tahap identifikasi seperti gambar 3.15 keseluruhan prosesnya hampir sama dengan tahap pelatihan. Yang membedakan ialah proses *feed-forward neural network* dengan model yang telah didapatkan dari tahap pelatihan dan menampilkan hasil identifikasi tingkat kematangan pada OLED *display*.

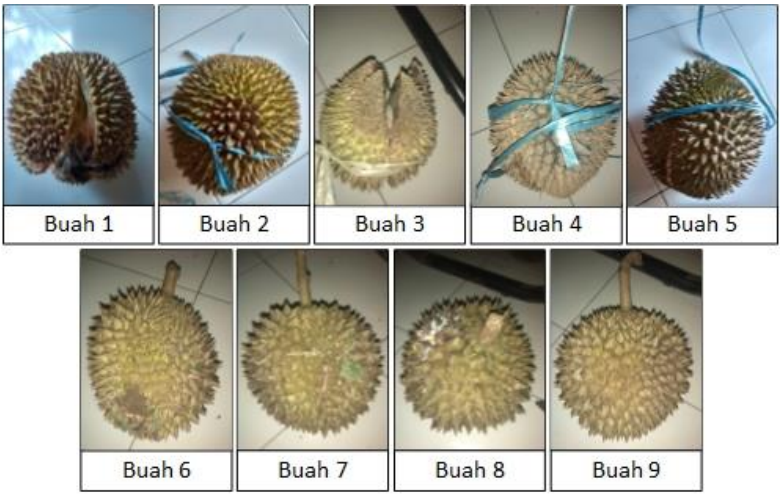


Gambar 3.15 *Flowchart* tahap identifikasi

3.3.2 Persiapan Pelatihan Data

Untuk melakukan identifikasi dengan metode *neural network* maka sebelumnya harus melalui pelatihan data. Pelatihan data ini berguna untuk mendapatkan model/pola *neural network* yang sesuai. Untuk mendapatkan model *neural network* yang sesuai maka dilakukan pengambilan aroma buah durian sejumlah 4 buah (gambar 3.16). Tingkat

kematangan buah ditentukan oleh lamanya buah dari belum matang hingga busuk atau tidak layak dikonsumsi. Buah tersebut diambil data aromanya sebanyak 20 kali untuk setiap buah.



Gambar 3.16 Buah durian sebagai pelatihan data

Kemudian mikrokontroler diprogram untuk mengambil data dari 3 sensor gas melalui modul ADS1115. Untuk mempermudah pemrograman maka digunakan *library* ADS115. Progam dijalankan untuk mengambil nilai adc pada channel 0, 1, dan 2 dengan metode *Single-ended*.

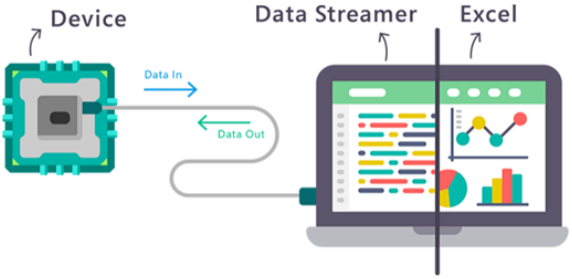
```
Adc0 = ads.Measure_SingleEnded(0);      // Ethanol
Adc1 = ads.Measure_SingleEnded(1);      // H2S
Adc2 = ads.Measure_SingleEnded(2);      // Ethylene
```

Nilai tersebut masih dalam nilai digital, maka diperlukan konversi agar menjadi nilai satuan tegangan. Pada modul ADS1115 tegangan maksimum yang dapat diretima ialah 6,144 V. Serta ketika membaca nilai dengan konfigurasi *single-ended* maka hanya berlaku nilai positif atau 15 bit. Tegangan adc diperoleh dengan persamaan (3.1)

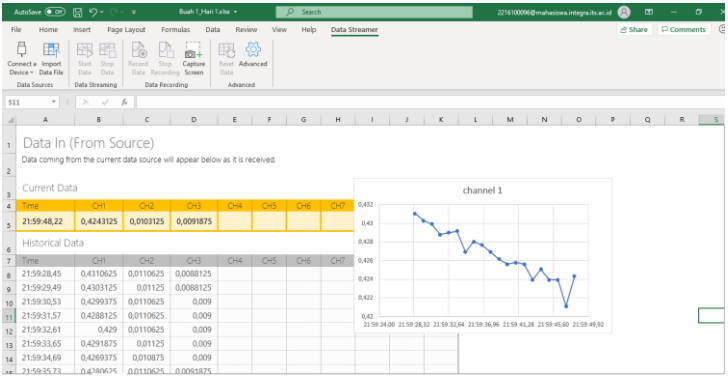
$$V_{adc} = Adc_x \times \frac{6{,}144}{32767} \tag{3.1}$$

3.3.3 *Data Logger* menggunakan *Data Streamer*

Data Logger berfungsi sebagai perekam data, karena pada proses selanjutnya yaitu pelatihan data *neural network* dibutuhkan set data dari aroma buah durian. Agar dapat diuji coba berulang kali guna memperoleh metode pelatihan yang optimal maka data dari sensor harus disimpan. Untuk *data logger* dari sistem identifikasi tingkat kematangan buah durian, penulis memilih *add-in Data Streamer* yang dapat digunakan pada Microsoft Excel. *Data Streamer* merupakan *add-in* dari Microsoft Excel yang bertindak sebagai gerbang perantara untuk *streaming* data serial dari sebuah peralatan digital ke komputer. Dari data – data sensor dalam pengujian setiap harinya direkam pada aplikasi ini. Ilustrasi pertukaran data antar divais dan Data Streamer ditunjukkan pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Ilustrasi pertukaran data *Data Streamer*



Gambar 3.18 Tampilan antarmuka *Data Streamer*

Pada gambar 3.18 merupakan tampilan antarmuka *Data Streamer*, memiliki beberapa fitur menu yang dapat digunakan seperti pemilihan COM untuk perangkat serial, merekam data hasil komunikasi, dan menjalankan ulang rekam data.

3.3.4 Metode *Neural Network*

Metode *neural network* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode klasifikasi, metode ini membatasi output dari *neural network*. Jadi hasil dari identifikasi tingkat kematangan hanya terbatas oleh label/kelas yang ditentukan pada awal pelatihan. Proses komputasi *neural network* pada tugas akhir ini menggunakan bahasa pemrogramman Python dengan *library* TensorFlow. Python merupakan bahasa pemrogramman jenis interpretatif (multi guna) dengan metode orientasi objek. Sedangkan TensorFlow merupakan *library open source* untuk proses komputasi *machine learning*.

Beberapa tahapan yang dilakukan untuk sebuah proses *neural network* dengan menggunakan Pyhthon dan TensorFlow, yaitu :

1. Memasukkan Dataset

   Data aroma buah durian yang sudah didapatkan dalam beberapa hari dimasukkan ke dalam himpunan dataset. Setelah itu data – data tersebut diberi label sebagai pengenalan terhadap model yang akan dilatih. Penentuan label ini berdasarkan indikator penginderaan manusia seperti yang ditampilkan pada tabel 3.5. Selanjutnya, seluruh data beserta label yang sudah diberikan dimasukkan ke dalam *array*.

Tabel 3.5 Label dataset buah durian

Warna	Rasa	Bentuk Fisik	Kulit	Tingkat Kematangan	Label
Hijau	Tawar	Kulit tertutup	Keras	Mentah	0
Hijau kekuningan, kuning kecokelatan	Manis	Kulit tertutup	Sedikit lunak	Matang	1
Coklat tua	Pahit, tawar	Kulit terbuka	Lunak	Busuk	2

2. *Preprocessing* Data

Preprocessing dilakukan agar hasil dari pelatihan model optimal, dengan kata lain data yang dimasukkan tidak ada yang aneh atau menyimpang terlalu jauh. Metode ini dilakukan juga untuk membersihkan data dari *noise*, data yang hilang, maupun yang tidak sesuai format. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan, misalnya:

- *Rescale* Data
  Ketika data mempunyai skala yang berbeda – beda.
- *Binarize* Data
  Mentransformasikan data menggunakan batas – batas biner untuk memfilter data.
- *Standardize* Data
  Mengolah data menggunakan teknik distribusi Gaussian, sehingga memiliki rata – rata 0 dan standart deviasi 1

3. Membuat Layer *Neural Network*

Menentukan layer – layer dari *neural network* serta atribut penyusunnya, seperti jumlah node, fungsi aktivasti, dan lainnya. Konfigurasi ini dipakai untuk *neural network* yang memiliki 3 layer, dengan aktivasi hidden layer menggunakan *ReLU* dan output layer berjumlah 4 node (sebanyak tingkat kematangan buah).

```
model = keras.Sequential([
    keras.layers.Flatten(input_shape=(3, 1)),
    keras.layers.Dense(256, activation='relu'),
    keras.layers.Dense(3)
])
```

4. Melatih Model

Melakukan pelatihan model dari dataset yang telah disimpan di *array*. Dalam melakukan pelatihan juga memasukkan parameter epoch.

```
model.fit(train_data, train_labels, epochs=10)
```

5. Evaluasi Tingkat Akurasi

Dalam *library* TensorFlow sudah disediakan fungsi untuk mengetahui tingkat akurasi model pelatihan.

```
test_loss, test_acc =
model.evaluate(test_data,  test_labels, verbose=2)

print('\nTest accuracy:', test_acc)
```

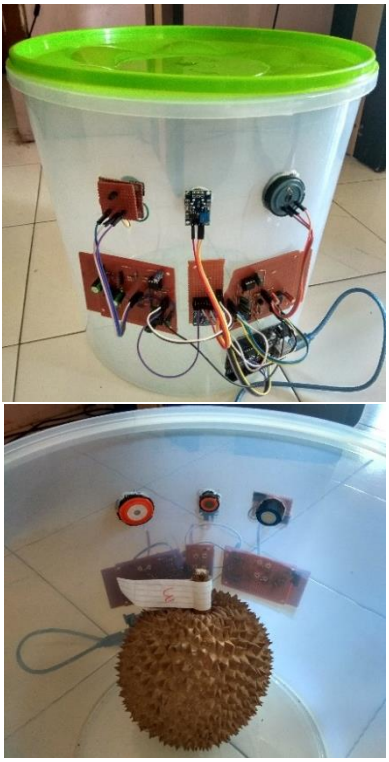
6. Mendapatkan *Weight* dan Model yang Terlatih

Setelah dilakukan pembentukan model dan tingkat akurasi yang cukup maka didapatkan model *weight* dan *bias*, selanjutnya dapat digunakan untuk identifikasi

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISA

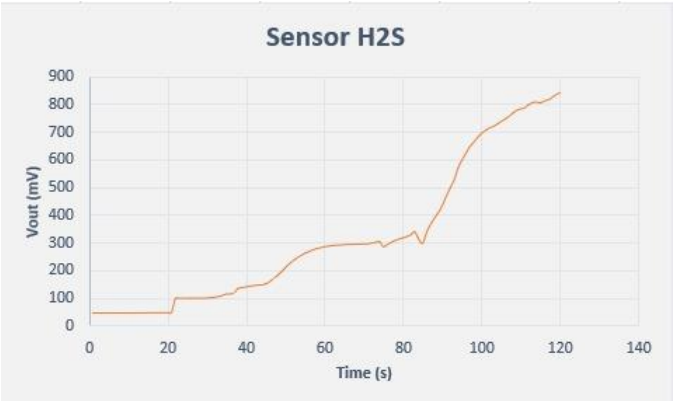
Setelah dilakukan perancangan sistem identifikasi tingkat kematangan buah durian, pada bab ini akan dilakukan pengujian dan analisa hasil pengujian. Hasil dari perancangan dan pembuatan perangkat keras sistem gas ditunjukkan pada gambar 4.1. Perangkat ini terdiri dari sensor gas elektrokimia (H_2S, Ethylene, dan Ethanol), rangkaian pengkondisian sinya, modul ADS1115, mikrokontroler Arduino UNO dan ruang uji gas.



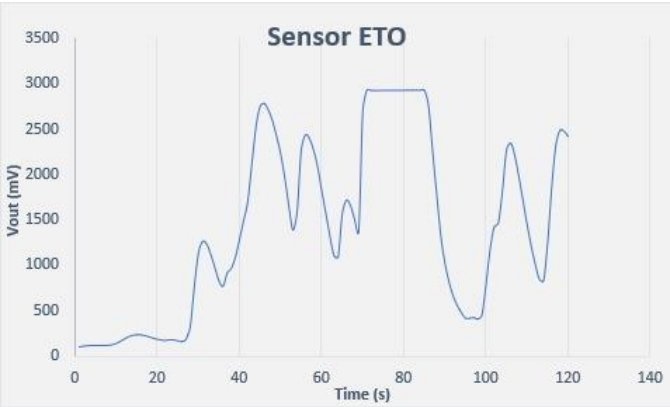
Gambar 4.1 Realisasi alat identifikasi

4.1 Pengujian Respon Sensor

Pada tahap pengujian respon sensor dilakukan pengujian pada 3 sensor dan dilihat respon sensor terhadap waktu. Pengujian ini dilakukan melalui *add-in Data Sreamer* untuk membaca respon dari sensor. Untuk sensor H_2S dan sensor Ethylene dilakukan pengujian gas menggunakan gas sisa pembuangan kendaraan bermotor, pembacaan sensor dilakukan selama 120 detik.



Gambar 4.2 Grafik respon sensor H_2S

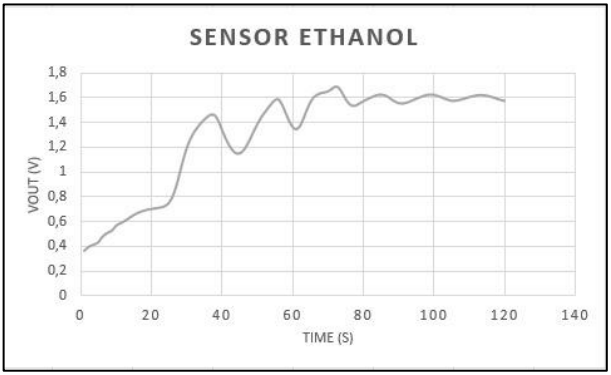


Gambar 4.3 Grafik respon sensor Ethylene

Gambar 4.2 menunjukkan grafik respon sensor H_2S terhadap gas buang kendaraan bermotor. Gas buang kendaraan bermotor mengandung unsur SO_x (*sulfur dioksida*) sehingga sensor dapat merespon gas tersebut. Hasil pembacaan respon relatif linear terhadap waktu dan konsentrasi gas yang diberikan, nilai pembacaannya naik dari 50 mV sampai dengan 850 mV.

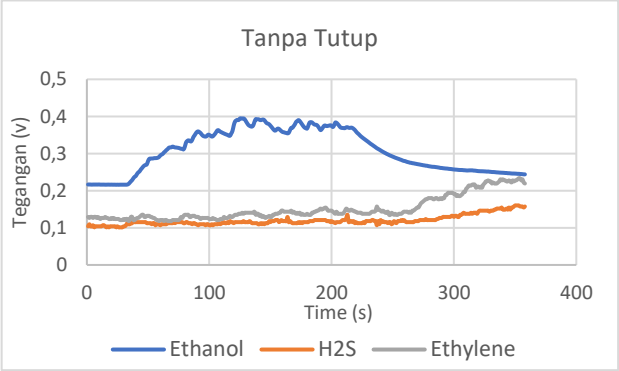
Gambar 4.3 menunjukkan grafik respon sensor Ethylene (C_2H_4) terhadap gas buang kendaraan bermotor. Gas buang kendaraan bermotor mengandung sedikit unsur hidrokarbon yang didapatkan dari reaksi pembakaran bensin, sehingga sensor dapat merespon gas buang kendaraan tersebut. Nilai pembacaan sensor terlihat seperti gambar 4.3 dengan grafik cenderung naik walaupun terdapat penurunan nilai. Hal ini dapat dikarenakan respon sensor yang sedikit lebih cepat dari pengiriman data serial mikrokontroler dan juga sensitivitas sensor yang tinggi. Nilai pembacaan sensor berada diantara 0 mV sampai dengan 3000 mV.

Pengujian selanjutnya dilakukan pada modul sensor Ethanol MQ-3. Sensor ini diuji dengan alkohol 70% didalam ruang uji gas selama 120 detik. Pada gambar 4.4 menunjukkan grafik pembacaan sensor terhadap gas alkohol 70%, dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa hasil pembacaan tegangan sensor (Vout) relatif naik. Hal tersebut berbanding lurus dengan konsentrasi gas alkohol 70% yang menguap di dalam ruang uji gas. Nilai pembacaan tegangan berada pada nilai 0,4 V hingga 1,7 V.

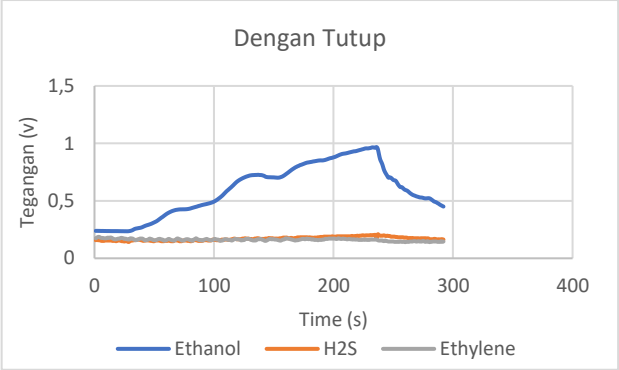


Gambar 4.4 Grafik respon sensor Ethanol MQ-3

Setelah dilakukan pengujian respon pada masing – masing sensor, selanjutnya sensor dipasang secara bersamaan untuk mengetahui respon ketiga sensor terhadap aroma buah durian. Metode ini dilakukan guna mengetahui metode pengambilan data aroma buah durian dengan tepat. Metode ini dilakukan dengan 2 keadaan yaitu menguji sensor dengan keadaan ruang uji gas tertutup dan dengan keadaan terbuka. Pada keadaan terbuka (gambar 4.5) terlihat grafik mengalami kenaikan tetapi tidak stabil, sedangkan pada keadaan tertutup (gambar 4.6) grafik terlihat lebih stabil dan ketika buah dikeluarkan grafik mengalami penurunan signifikan.



Gambar 4.5 Grafik respon sensor aroma tanpa penutup



Gambar 4.6 Grafik respon sensor aroma dengan penutup

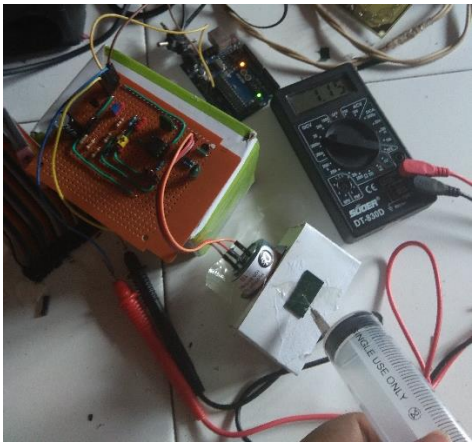
4.2 Karakterisasi Sensor

Pada tahap ini dilakukan pengujian karakterisasi sensor, tujuannya adalah untuk mengetahui hubungan konsentrasi gas (ppm) terhadap volume gas (ml).

4.2.1 Pengujian Karakterisasi Sensor H_2S

Metode pengujian karakterisasi sensor ini yaitu dengan cara menguji sensor H_2S dengan menggunakan gas buang kendaraan bermotor. Alasan menggunakan gas tersebut karena pada gas buang kendaraan terkandung senyawa sulfur dalam bentuk *sulfur dioksida* (SO_x) untuk dapat dideteksi oleh sensor gas H_2S. Untuk mengambil gas buang kendaraan digunakan botol bekas air mineral dengan ukuran 1,5 liter seperti ditunjukkan gambar 4.7. Setelah itu gas dimasukkan dengan suntik berukuran 50 ml ke sensor yang akan diuji seperti pada gambar 4.8.

Gambar 4.7 Pengambilan gas buang kendaraan



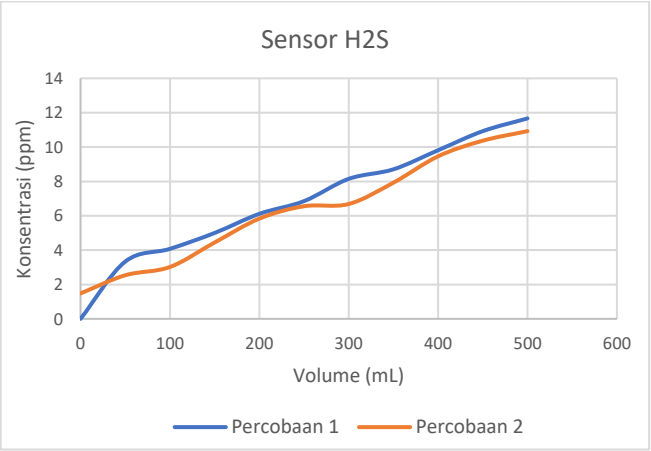
Gambar 4.8 Uji karakterisasi sensor H_2S

Pada karakterisasi sensor didapatkan nilai tegangan dari variabel jumlah volume gas yang berbeda – beda. Nilai tegangan ini selanjutnya dikonversikan menjadi nilai satuan konsentrasi gas (ppm). Ppm konsentrasi gas didapatkan dari R_{gain} dan tegangan output dari rangkaian pengkondisian sinyal serta sensitivitas sensor yang terdapat pada *datasheet* masing – masing. Setelah mendapatkan data pengujian sensor berupa tegangan, maka didapatkan nilai konversi ke konsentrasi gas dalam ppm. Percobaan tersebut dilakukan sebanyak 2 kali dan ditunjukkan pada tabel 4.1.

$$konsentrasi_{(ppm)} = \frac{V_{out}/R_{gain}}{S_{sensitivity}} \quad (4.1)$$

Tabel 4.1 Hasil uji karakterisasi sensor H_2S

No	Volume (ml)	Tegangan Output (V)		ppm	
		Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 1	Percobaan 2
1	0	0	0,08	0	1,481481296
2	50	0,18	0,137	3,333332917	2,53703672
3	100	0,22	0,163	4,074073565	3,018518141
4	150	0,27	0,24	4,999999375	4,444443889
5	200	0,33	0,315	6,111110347	5,833332604
6	250	0,37	0,354	6,851850995	6,555554736
7	300	0,44	0,361	8,14814713	6,68518435
8	350	0,47	0,428	8,703702616	7,925924935
9	400	0,53	0,511	9,814813588	9,46296178
10	450	0,59	0,56	10,92592456	10,37036907
11	500	0,63	0,59	11,66666521	10,92592456



Gambar 4.9 Grafik karakterisasi sensor H_2S

Pada gambar 4.9 menunjukkan karakterisasi sensor H_2S yang menunjukkan bahwa hubungan konsentrasi gas dan volume gas berbanding lurus dan linier. Dari kedua percobaan didapatkan rata – rata

pertambahan konsentrasi gas H_2S dalam ppm sebesar 0,93 ppm setiap penambahan volume gas sebesar 50 ml.

4.2.2 Pengujian Karakterisasi Sensor *Ethylene*

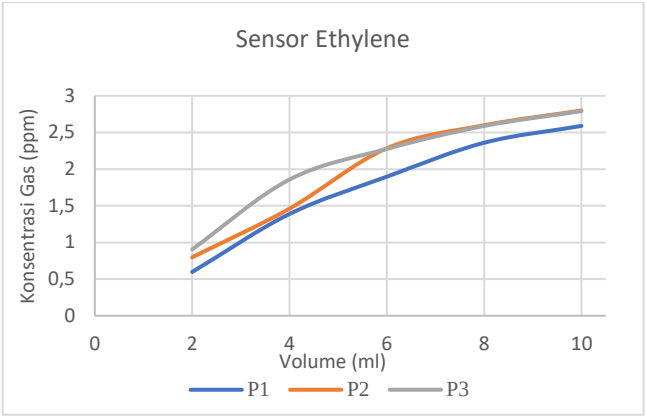
Metode pengujian sensor gas *ethylene* dilakukan dengan cara menguji sensor dengan gas hasil reaksi uap air (H_2O) dengan kalsium karbida (CaC_2) atau lebih familiar dikenal sebagai karbit. Reaksi ini menghasilkan asetilen dalam bentuk gas seperti pada persamaan 4.2. Gas asetilen ini yang menyerupai gas etilen pada buah.

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2 \quad (4.2)$$

Sama seperti pengujian yang dilakukan pada sensor H_2S, pengambilan gas pada karbit menggunakan suntik dengan ukuran 10 ml dan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali percobaan seperti pada tabel 4.2. Dengan mengetahui hasil pengujian pada tabel 4.2 dan grafik pada gambar 4.10 konsentrasi gas *ethylene* yang dibaca oleh sensor berbanding lurus dengan volume yang diberikan pada sensor. Pada data pengujian yang telah dilakukan terdapat rata – rata kenaikan konsentrasi gas (ppm) sebesar 0,49 setiap kenaikan 2 ml volume gas. Gambar 4.11 menunjukkan dokumentasi kegiatan pengujian pada sensor gas *ethylene*.

Tabel 4.2 Hasil uji karakterisasi sensor Ethylene

Volume (ml)	Vout (volt)			Konsentrasi Gas (ppm)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
2	0,63675	0,8506875	0,9658125	0,596953	0,797519	0,905449
4	1,4806875	1,5579375	1,9818749	1,388144	1,460566	1,858007
6	2,0229375	2,4367499	2,4275624	1,896504	2,284453	2,275839
8	2,5171875	2,7718124	2,7616875	2,359863	2,598574	2,589082
10	2,7620625	2,986	2,9771249	2,589433	2,799375	2,791054



Gambar 4.10 Grafik karakterisasi sensor *ethylene*

Gambar 4.11 Pengujian sensor *ethylene*

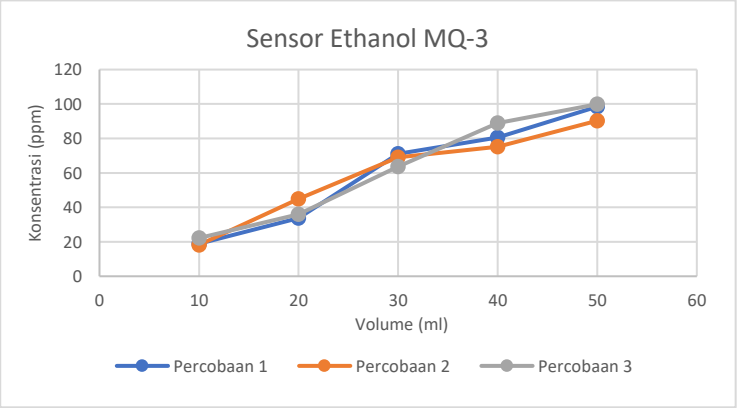
4.2.3 Pengujian Karakterisasi Sensor *Ethanol*

Untuk sensor Ethanol mempunyai metode pengujian dilakukan dengan cara diujikan dengan gas dari alkohol 70%. Nilai ppm yang dihasilkan oleh sensor ini didapatkan dari perbandingan nilai R_0 dan nilai R_s. R_s merupakan resistansi sensor ketika berada pada udara bersih, belum terkontaminasi dengan alkohol. Sedangkan R_0 merupakan resistansi

sensor yang berubah kerika ada perubahan konsentrasi gas alkohol. Setelah memonitoring ruang uji gas tanpa terkontaminasi gas alkohol diperoleh nilai R_0 sebesar 0,249. Dari tegangan output sensor diperoleh perhitungan ppm sesuai dengan tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil uji karakterisasi sensor Ethanol MQ-3

Volume (ml)	Vout (V)			ppm		
	1	2	3	1	2	3
10	1,36	1,33	1,48	18,91069	18,22567	22,2105
20	1,83	2,08	1,88	33,69175	44,85783	35,93244
30	2,51	2,49	2,41	71,05115	69,10718	63,62397
40	2,63	2,57	2,73	80,59525	75,1263	89,02386
50	2,82	2,74	2,83	98,46578	90,30759	99,90547



Gambar 4.12 Grafik karakterisasi sensor *ethanol*

Dari gambar 4.12 dapat dianalisa bahwa antara volume gas alkohol 70% berbanding lurus dengan konsentrasi gas yang dideteksi oleh sensor Ethanol. Percobaan dilakukan dengan mensuntikkan gas alkohol ke ruang uji gas dengan volume 10, 20, 30, 40, dan 50 ml. Percobaan dilakukan sebanyak 3 kali dengan volume gas yang sama. Metode pengujian gas ethanol dapat dilihat pada gambar 4.13.

Gambar 4.13 Pengujian karakterisasi sensor Ethanol MQ-3

4.3 Pengambilan Data Pelatihan

Pengambilan data pelatihan dilakukan pada 4 sampel buah durian, yang didapatkan dari daerah Kabupaten Tulungagung. Pengambilan data dilakukan sebanyak 20 kali untuk setiap buahnya. Buah diambil datanya setelah sensor dalam keadaan *steady state*. Dengan melakukan banyak percobaan data kemudian diolah dan dirata-rata pada setiap pembacaannya. Pada pengambilan dataset didapatkan dari 9 buah durian yang didapatkan dari daerah Kabupaten Tulungagung dan sekitarnya. Dari 9 buah sampel buah digunakan 6 buah untuk proses pelatihan dan 3 buah digunakan untuk pengujian. Untuk menentukan tingkat kematangan dari buah digunakan beberapa indikator penginderaan secara subjektif oleh penulis, yaitu warna, rasa, kondisi kulit buah, dan tekstur kulit buah. Kondisi tersebut digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah yang akan digunakan untuk prosees pelatihan, seperti yang ditampilkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kondisi buah durian

Tanggal Pengambilan	Buah	Warna	Rasa	Bentuk Fisik	Kulit	Tingkat Kematangan
26 Juni 2020	Buah 1	kuning kecoklatan	manis, pahit	kulit buah membuka	lunak	matang
26 Juni 2020	Buah 2	kuning kecoklatan	manis	kulit buah membuka	lunak	matang
26 Juni 2020	Buah 3	coklat tua	tawar	tumbuh jamur	lunak	busuk
27 Juni 2020	Buah 4	Hijau kekuningan	manis, tawar	tertutup	sedikit keras/ alot	matang
27 Juni 2020	Buah 5	Hijau kekuningan	manis, tawar	tertutup	sedikit keras/ alot	matang
28 Juni 2020	Buah 4_1	kuning kecoklatan	tawar, tidak enak	terbuka	lunak, terdapat jamur	busuk
29 Juni 2020	Buah 4_2	coklat tua	tidak enak	terbuka	lunak, terdapat jamur	busuk
29 Juni 2020	Buah 5_1	kuning kecoklatan	manis, tawar	terbuka	lunak, sedikit jamur	busuk
03 Juli 2020	Buah 6	Hijau	tawar	tertutup	keras	mentah
03 Juli 2020	Buah 7	Hijau	tawar	tertutup	keras	mentah
03 Juli 2020	Buah 8	Hijau	tawar	tertutup	keras	mentah
03 Juli 2020	Buah 9	Hijau	tawar	tertutup	keras	mentah

Pada tabel 4.4 bagian yang berwarna hijau merupakan buah yang digunakan untuk pelatihan, sedangkan bagian yang berwarna kuning digunakan untuk pengujian. Pada pengambilan data tugas akhir ini terdapat beberapa buah yang dapat dilakukan pengujian lebih dari 1 kali, semisal pada buah 4 terdapat buah 4_1 yaitu pengujian buah 4 pada hari selanjutnya. Setelah dilakukan pengujian sebanyak 20 kali pada setiap buah yang terdapat pada tabel. Data hasil pengujian untuk buah pelatihan ditampilkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian pengambilan data untuk pelatihan

No	Buah	Ethanol	H2S	Ethylene
1	Buah 1	0.370341	0.034622	0.007809
2		0.495375	0.063938	0.007941
3		0.477272	0.060966	0.007988
4		0.5922	0.044522	0.008147
5		0.71295	0.045019	0.008138
6		0.577959	0.080653	0.008259
7		0.553125	0.052238	0.008381
8		0.562753	0.064819	0.008381
9		0.675413	0.027675	0.008841
10		0.701569	0.036853	0.009113
11		0.509231	0.0453	0.008981
12		0.620475	0.041372	0.008906
13		0.667988	0.049781	0.009366
14		0.654253	0.024909	0.009225
15		0.627478	0.020147	0.009384
16		0.681056	0.0264	0.011006
17		0.732675	0.020063	0.010931
18		0.749859	0.017859	0.010444
19		0.917363	0.019706	0.010369
20		0.673847	0.015375	0.010228
21	Buah 3	0.435581	0.010819	0.011419
22		0.529472	0.009413	0.009956
23		0.525853	0.009628	0.009938
24		0.406631	0.009647	0.009609
25		0.366572	0.009694	0.009769
26		0.525141	0.010781	0.010509
27		0.442631	0.010894	0.010697
28		0.419878	0.010481	0.010425
29		0.464297	0.0108	0.010331
30		0.414234	0.010669	0.010013
31		0.441591	0.010903	0.010566
32		0.477028	0.010594	0.010734
33		0.440925	0.010716	0.010678
34		0.46965	0.010219	0.010434
35		0.440466	0.010191	0.010013
36		0.43875	0.010069	0.010031
37		0.336563	0.009956	0.0099
38		0.428841	0.010622	0.009825
39		0.451678	0.0102	0.010453
40		0.424716	0.010041	0.010378
41	Buah 4	0.516966	0.015178	0.008784
42		0.491616	0.016819	0.009075
43		0.573253	0.028594	0.009225
44		0.567722	0.015309	0.009863

Tabel 4.5 (lanjutan)

No	Buah	Ethanol	H2S	Ethylene
45	Buah 4	0.512522	0.014625	0.009938
46		0.5427	0.019894	0.009788
47		0.571397	0.015103	0.010594
48		0.505688	0.018113	0.009366
49		0.57075	0.016725	0.009788
50		0.545859	0.017691	0.009872
51		0.527522	0.018506	0.010669
52		0.74475	0.027188	0.0114
53		0.509747	0.016069	0.010388
54		0.447019	0.015722	0.010894
55		0.661847	0.017756	0.010388
56		0.464419	0.016388	0.010566
57		0.593353	0.017119	0.010819
58		0.512616	0.015628	0.010144
59		0.727491	0.016481	0.010172
60		0.417881	0.013631	0.010228
61	Buah 5	1.044112	0.065841	0.013847
62		0.888956	0.069731	0.01095
63		0.845794	0.050597	0.009863
64		1.179431	0.039169	0.010022
65		0.835566	0.044128	0.009384
66		0.836503	0.029353	0.008316
67		0.806784	0.022903	0.008681
68		0.793772	0.028538	0.008231
69		0.915619	0.044325	0.008588
70		0.632766	0.028031	0.008344
71		0.717469	0.019022	0.008653
72		0.660422	0.023531	0.008738
73		0.732047	0.020625	0.009131
74		0.65385	0.017972	0.008859
75		0.76125	0.023269	0.009366
76		0.623381	0.0207	0.009441
77		0.672253	0.020897	0.009066
78		0.629316	0.017756	0.009094
79		0.553884	0.028763	0.008616
80		0.818653	0.024778	0.008756
81	Buah 4_2	0.425766	0.010022	0.011306
82		0.378113	0.00885	0.011428
83		0.391538	0.009488	0.011841
84		0.391866	0.010688	0.011634
85		0.400575	0.009478	0.013059
86		0.424603	0.009544	0.012534
87		0.432863	0.009488	0.012919
88		0.361331	0.009628	0.013819

Tabel 4.5 (lanjutan)

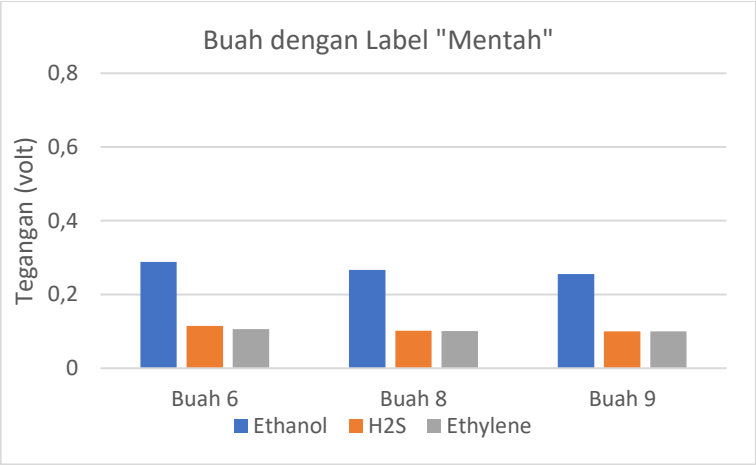
No	Buah	Ethanol	H2S	Ethylene
89	Buah 4_2	0.415706	0.009881	0.013575
90		0.378328	0.011869	0.017156
91		0.420797	0.011944	0.0165
92		0.348647	0.010144	0.012281
93		0.373763	0.010163	0.012722
94		0.416222	0.010847	0.013266
95		0.403425	0.009881	0.013191
96		0.4518	0.0099	0.014016
97		0.375431	0.010022	0.014888
98		0.417028	0.009844	0.01545
99		0.428119	0.010238	0.015684
100		0.4671	0.010613	0.015122
101	Buah 5_1	0.445547	0.009938	0.008634
102		0.414441	0.009075	0.009263
103		0.441806	0.009816	0.00975
104		0.4467	0.009459	0.010434
105		0.429647	0.009638	0.010022
106		0.380166	0.009319	0.010097
107		0.392663	0.009431	0.010069
108		0.391397	0.008888	0.010228
109		0.422288	0.009891	0.01065
110		0.440531	0.009347	0.010931
111		0.435684	0.009169	0.01065
112		0.434353	0.008681	0.008953
113		0.426431	0.009253	0.010753
114		0.435225	0.011241	0.011109
115		0.4068	0.008297	0.010584
116		0.439809	0.009834	0.010678
117		0.442388	0.010706	0.011006
118		0.427313	0.010416	0.01155
119		0.409397	0.009938	0.011709
120		0.445781	0.010331	0.010388
121	Buah 6	0.314869	0.00765	0.007106
122		0.303722	0.007491	0.007163
123		0.297047	0.007341	0.007088
124		0.297956	0.007341	0.007163
125		0.296428	0.007416	0.007134
126		0.297094	0.007294	0.007069
127		0.285066	0.007847	0.007172
128		0.285422	0.007791	0.007153
129		0.285403	0.007838	0.007153
130		0.285675	0.007622	0.007219
131		0.284953	0.007791	0.007209
132		0.285441	0.007725	0.007003

Tabel 4.5 (lanjutan)

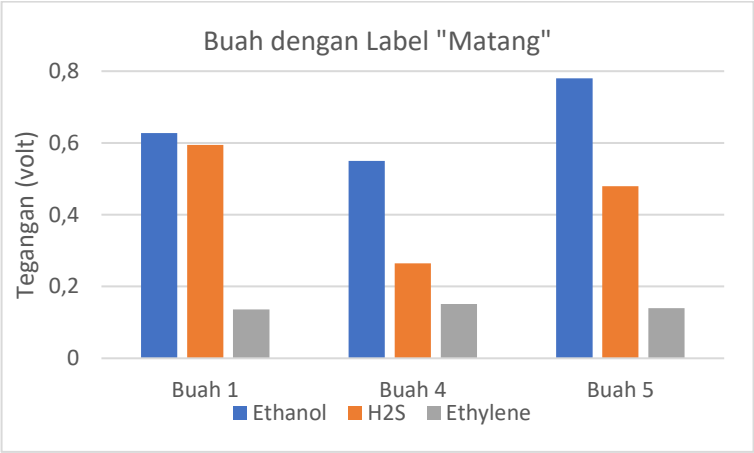
No	Buah	Ethanol	H2S	Ethylene
133	Buah 6	0.283716	0.007913	0.007116
134		0.28275	0.007584	0.007069
135		0.2832	0.007791	0.007116
136		0.281044	0.007359	0.007134
137		0.282459	0.007875	0.007041
138		0.281231	0.007697	0.007022
139		0.280444	0.007509	0.006909
140		0.280866	0.007725	0.006806
141	Buah 8	0.278934	0.006244	0.006694
142		0.272756	0.006797	0.006731
143		0.270619	0.006956	0.006713
144		0.270403	0.007256	0.006713
145		0.27075	0.006619	0.006816
146		0.270009	0.00675	0.006703
147		0.268781	0.006731	0.006722
148		0.267853	0.006759	0.006684
149		0.266166	0.006731	0.006666
150		0.265097	0.006656	0.006684
151		0.264516	0.006844	0.006722
152		0.263916	0.006825	0.006759
153		0.263175	0.006741	0.006656
154		0.262163	0.006825	0.006694
155		0.261928	0.006656	0.00675
156		0.261947	0.006666	0.006731
157		0.261572	0.006834	0.006759
158		0.261722	0.006919	0.006844
159		0.262228	0.006816	0.006778
160		0.263053	0.00675	0.006844
161	Buah 9	0.253875	0.006047	0.006478
162		0.255956	0.006806	0.006572
163		0.256941	0.006619	0.006563
164		0.256453	0.006619	0.006591
165		0.256106	0.006291	0.006563
166		0.256163	0.006656	0.006647
167		0.255694	0.006647	0.006619
168		0.255478	0.006656	0.006628
169		0.255319	0.006731	0.006647
170		0.255656	0.006694	0.006656
171		0.255244	0.0066	0.006713
172		0.254981	0.006759	0.006675
173		0.254963	0.006713	0.006675
174		0.254616	0.006684	0.006666
175		0.254456	0.006666	0.006703
176		0.254813	0.006759	0.00675

Tabel 4.5 (lanjutan)

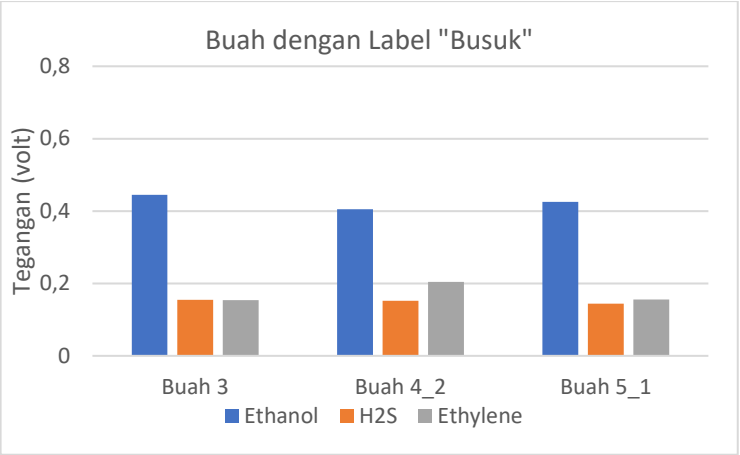
No	Buah	Ethanol	H2S	Ethylene
177	Buah 9	0.254831	0.006741	0.006694
178		0.254859	0.006778	0.006759
179		0.255422	0.006806	0.00675
180		0.254869	0.006863	0.006703



Gambar 4.14 Grafik rata - rata data buah “mentah”



Gambar 4.15 Grafik rata - rata data buah “matang”



Gambar 4.16 Grafik rata - rata data buah "busuk"

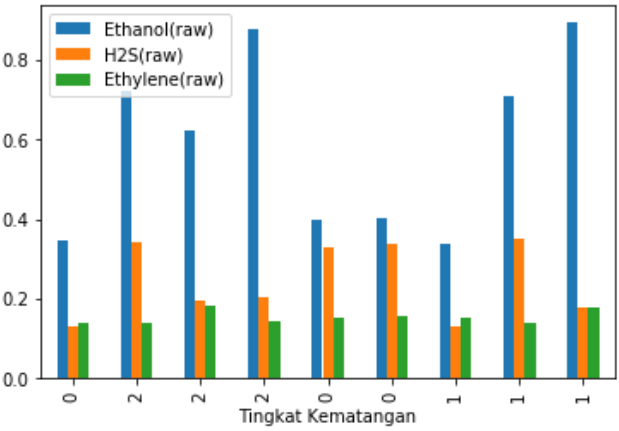
Gambar 4.14 menampilkan grafik rata – rata data buah dengan label "mentah" yaitu buah 6,8 dan 9. Gambar 4.15 menampilkan grafik rata – rata data buah dengan label "matang" yaitu buah 1,4 dan 5. Sedangkan gambar 4.16 menampilkan grafik rata – rata data buah dengan label "busuk" yaitu buah 3, 4_2 dan 5_1. Dari ketiga grafik tersebut rata – rata nilai terbesar terdapat pada buah dengan label "matang".

4.4 Realisasi Metode *Neural Network*

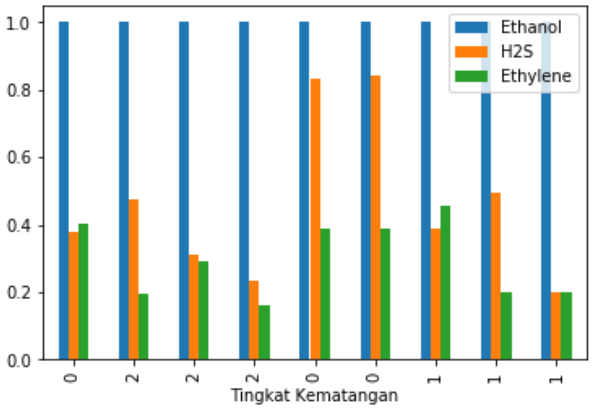
Dalam realisasi pelatihan data menggunakan *neural network* data pada keempat buah dipilih dengan nilai pembacaan yang paling baik. Pengambilan data dilakukan setelah 120 detik mulai dari dihidupkan. Data – data tersebut diambil secara acak dan diberi label tingkat kematangan buah sesuai dengan asumsi penulis. Data hari pertama diberi label tingkat kematangan 0 atau "mentah", data hari kedua, ketiga, dan keempat diberi label tingkat kematangan 1 atau "matang", dan data hari kelima dan keenam diberi label tingkat kematangan 2 atau "busuk".

Data tersebut dimasukkan ke dalam program menggunakan JupyterLab dengan bahasa pemrogramman Python dan *library machine learning* TensorFlow. Data dimasukkan dalam format .csv yang didapat dari pengolahan *software* Microsoft Excel dengan *add-in* DataStreamer.

Untuk mendapatkan pelatihan yang optimal data – data tersebut dilakukan pengacakan urutan dan normalisasi data. Normalisasi dilakukan karena data pembacaan sensor *Ethanol* lebih dominan dari pada yang lain, maka dari itu dilakukan normalisasi data sesuai nilai maksimum dan minimum masing – masing sensor.



(a)



(b)

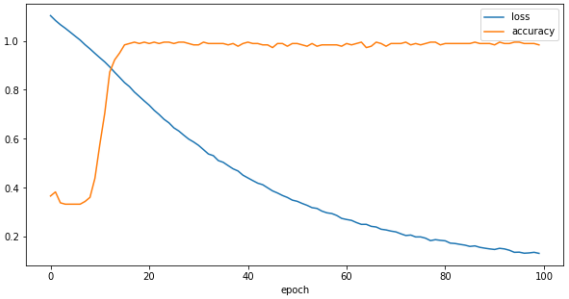
Gambar 4.17 (a) Grafik data sebelum normalisasi (b) grafik data setelah normalisasi

Gambar 4.17 menunjukkan perubahan data pada beberapa sampel yang digunakan untuk pelatihan data. Sebelum dilakukan normalisasi (gambar 4.17a) nilai dari sensor *ethanol* mendominasi sehingga sulit untuk melihat perbedaan antar tingkat kematangan, dan seletah dilakukan normalisasi (gambar 4.17b) didapatkan bentuk grafik yang berbeda pada tingkat kematangan yang berbeda.

Setelah mendapatkan data dengan kondisi acak dan ternormalisasi data tersebut dimasukkan pada model *neural network* yang dikehendaki. Model *neural network* yang akan digunakan berupa 3 layer (input layer, 1 *hidden* layer, dan output layer). Input layer terdiri dari 3 *nodes* merepresentasi data dari masing – masing sensor. Kemudian *hidden* layer terdiri atas 256 *nodes* dengan fungsi aktifasi "*ReLU*". Sedangkan output layer teridiri atas 3 *nodes* yang merepresentasikan 3 tingkat kematangan yang telah didefinisikan.

```
model = keras.Sequential([
    keras.layers.Flatten(input_shape=(3, 1)),
    keras.layers.Dense(256, activation='relu'),
    keras.layers.Dropout(.1,input_shape=(3,1)),
    keras.layers.Dense(3)
])
```

Proses pelatihan data dilakukan sebanyak 100 kali *epoch*. Dalam akhir proses pelatihan didapatkan nilai akurasi sebesar 0,9833 dan nilai *loss* sebesar 0,1327. Gambar 4.18 menunjukkan grafik *accuracy* dan *loss* pada saat proses pelatihan data.



Gambar 4.18 Grafik *accuracy* dan *loss* dari proses pelatihan

4.5 Pengujian *Neural Network*

Pengujian sistem identifikasi tingkat kematangan dilakukan pada 60 sampel dari 3 buah durian selain dari data pelatihan, sama seperti data pelatihan data – data sampel tes tersebut ditentukan tingkat kematangannya berdasarkan tabel 4.4. Data 60 sampel ditampilkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengujian pengambilan data untuk pengujian

Data	Buah	Ethanol	H2S	Ethylene	Tingkat Kematangan
1	Buah 2	0.606356	0.219094	0.141609	1
2		0.762263	0.289828	0.143578	1
3		0.456263	0.188859	0.14175	1
4		0.481125	0.259031	0.141047	1
5		0.506363	0.225844	0.136969	1
6		0.589828	0.222469	0.139078	1
7		0.551184	0.224016	0.139922	1
8		0.514397	0.208266	0.142453	1
9		0.543928	0.217828	0.140906	1
10		0.612572	0.256922	0.146109	1
11		0.5787	0.234703	0.147938	1
12		0.522553	0.186469	0.140203	1
13		0.532622	0.20475	0.141047	1
14		0.53205	0.1935	0.146953	1
15		0.533841	0.205031	0.141609	1
16		0.623953	0.223313	0.153844	1
17		0.527241	0.220922	0.162141	1
18		0.48975	0.206297	0.157781	1
19		0.535388	0.208688	0.154969	1
20		0.495347	0.209109	0.150469	1
21	Buah 4_1	0.449456	0.144	0.12825	2
22		0.476138	0.151875	0.132328	2
23		0.461194	0.150328	0.138938	2
24		0.4899	0.178734	0.161156	2
25		0.447909	0.165797	0.149344	2
26		0.422841	0.142172	0.146953	2
27		0.486928	0.165094	0.153141	2
28		0.434531	0.160875	0.154125	2
29		0.457781	0.160734	0.150047	2
30		0.486375	0.151594	0.149484	2
31		0.424988	0.153	0.152016	2
32		0.437306	0.156656	0.148078	2
33		0.429347	0.155813	0.149766	2
34		0.402075	0.150891	0.141188	2
35		0.397706	0.150891	0.139641	2
36		0.421013	0.152016	0.139781	2

Tabel 4.6 (lanjutan)

Data	Buah	Ethanol	H2S	Ethylene	Tingkat Kematangan
37	Buah 4_1	0.385378	0.160172	0.140766	2
38		0.393169	0.154969	0.140906	2
39		0.45495	0.156375	0.140063	2
40		0.388247	0.149766	0.141047	2
41	Buah 7	0.264094	0.100125	0.096188	0
42		0.279422	0.10125	0.09675	0
43		0.294544	0.105469	0.097594	0
44		0.304613	0.105609	0.097172	0
45		0.310453	0.106313	0.098016	0
46		0.314738	0.105609	0.099563	0
47		0.315019	0.109688	0.098578	0
48		0.315778	0.107859	0.099422	0
49		0.315028	0.107297	0.099703	0
50		0.315713	0.103922	0.100828	0
51		0.314569	0.108844	0.101531	0
52		0.315347	0.107578	0.103219	0
53		0.317428	0.108422	0.100266	0
54		0.316519	0.107578	0.10125	0
55		0.317522	0.106594	0.101813	0
56		0.316463	0.107156	0.102094	0
57		0.316209	0.108563	0.10125	0
58		0.312553	0.108141	0.101953	0
59		0.310519	0.106453	0.101953	0
60		0.308831	0.106734	0.102516	0

Data pengujian *neural network* pada tabel 4.10 dan 4.11 didapatkan dari 3 buah seperti yang ditampilkan pada tabel 4.4. Setiap buahnya memiliki 20 data sampel sehingga total dari data pengujian sebanyak 60 data. Setelah selesai memberi label tingkat kematangan, selanjutnya menguji data tersebut dengan model *neural network* yang telah dilakukan pelatihan sebelumnya. Hasil dari pengujian ditampilkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pengujian prediksi terhadap data pengujian

Data	Label Test	Prediksi	Data	Label Test	Prediksi
1	matang	78% matang	**31**	busuk	82% busuk
2	matang	99% matang	**32**	busuk	81% busuk
3	matang	68% busuk	**33**	busuk	81% busuk
4	matang	72% matang	**34**	busuk	78% busuk

Tabel 4.7 (lanjutan)

Data	Label Test	Prediksi	Data	Label Test	Prediksi
5	matang	62% matang	**35**	busuk	77% busuk
6	matang	77% matang	**36**	busuk	79% busuk
7	matang	71% matang	**37**	busuk	75% busuk
8	matang	53% matang	**38**	busuk	76% busuk
9	matang	66% matang	**39**	busuk	79% busuk
10	matang	90% matang	**40**	busuk	75% busuk
11	matang	79% matang	**41**	mentah	93% mentah
12	matang	56% busuk	**42**	mentah	91% mentah
13	matang	56% matang	**43**	mentah	87% mentah
14	matang	51% busuk	**44**	mentah	84% mentah
15	matang	57% matang	**45**	mentah	82% mentah
16	matang	81% matang	**46**	mentah	80% mentah
17	matang	59% matang	**47**	mentah	79% mentah
18	matang	57% busuk	**48**	mentah	79% mentah
19	matang	56% matang	**49**	mentah	80% mentah
20	matang	52% busuk	**50**	mentah	80% mentah
21	busuk	79% busuk	**51**	mentah	79% mentah
22	busuk	77% busuk	**52**	mentah	79% mentah
23	busuk	80% busuk	**53**	mentah	78% mentah
24	busuk	71% busuk	**54**	mentah	79% mentah
25	busuk	79% busuk	**55**	mentah	79% mentah
26	busuk	82% busuk	**56**	mentah	79% mentah
27	busuk	75% busuk	**57**	mentah	79% mentah
28	busuk	81% busuk	**58**	mentah	80% mentah
29	busuk	79% busuk	**59**	mentah	81% mentah
30	busuk	79% busuk	**60**	mentah	81% mentah

Setelah memperoleh data hasil pengujian dari 60 sampel buah secara acak pada tabel 4.7, diperoleh 55 sampel yang benar sesuai dengan

tingkat kematangan yang diberikan, sedangkan terdapat 5 sampel yang diidentifikasi tidak sesuai dengan tingkat kematangannya. Dari hasil tersebut diperoleh *confusion matrix* seperti pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 *Confusion matrix*

		Predicted Label		
		Mentah	Matang	Busuk
True Label	Mentah	20	0	0
	Matang	0	15	5
	Busuk	0	0	20

Dari *confusion matrix* pada tabel 4.14 didapatkan parameter untuk menentukan nilai *accuracy*, *precision* , *recall* , dan *F1-score*. Parameter tersebut ditampilkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Parameter prediksi dari data test

Kelas	Parameter			
	True Positif	True Negatif	False Positif	False Negatif
Mentah	20	40	0	0
Matang	15	45	5	0
Busuk	20	40	0	5

Untuk mendapatkan nilai *accuracy*, *precision* , *recall* , dan *F1-score* digunakan persamaan 4.3, 4.4, 4.5, dan 4.6. Setelah dilakukan kalkulasi parameter pada tabel 4.15 yaitu True Positif (TP), True Negatif (TN), False Positif (FP), dan False Negatif (FN) pada masing – masing kelas, hasil perhitungan ditampilkan pada tabel 4.16.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{(TP+TN+FP+FN)} \quad (4.3)$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad (4.4)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (4.5)$$

$$F1_Score = \frac{2\times precision\times recall}{(precision+recall)} \quad (4.6)$$

Tabel 4.10 Hasil perhitungan *accuracy, precision , recall* , dan *F1-score*

Kelas	*Accuracy*	*Precision*	*Recall*	*F1 Score*
Mentah	1	1	1	1
Matang	0.923077	0.75	1	0.857143
Busuk	0.923077	1	0.8	0.888889
Total (*macro-average*)	0.948718	0.916667	0.933333	0.915344

Dari tabel 4.10 didapatkan total *accuracy* sistem sebesar 0,948718, total *precision* sistem sebesar 0,9167, total *recall* sistem sebesar 0,933 dan total F1-Score sebesar 0,91534. Dari perolehan nilai – nilai tersebut metode *neural network* sudah optimal diterapkan pada sistem identifikasi tingkat kematangan buah dalam tugas akhir ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada tugas akhir ini dibuat sistem identifikasi tingkat kematangan buah menggunakan deret sensor gas elektrokimia dan *artificial neural network*. Menggunakan sensor gas elektrokimia jenis amperometrik dimana konsentrasi pengukuran gas pada sensor akan menghasilkan arus, arus tersebut dikonversi oleh rangkaian pengkondisan sinyal menjadi nilai tegangan. Selanjutnya data dari ketiga sensor yaitu, sensor H_2S, sensor *Ethylene*, dan sensor *Ethanol* dibaca oleh mikrokontroler dan diolah di komputer sebagai data karakteristik aroma buah durian. Untuk merealisasikan *neural network*, dilakukan pelatihan data pada 4 buah durian yang diambil datanya selama 6 hari berturut – turut.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini menghasilkan beberapa kesimpulan:

1. Sistem identifikasi tingkat kematangan buah durian dapat mengkategorikan durian dalam 3 kelas, yaitu “mentah”, “matang”, dan “busuk”.
2. Dengan mengoptimalkan struktur *neural network* didapatkan tingkat akurasi pelatihan data sebesar 98,33% dan tidak kesesuaian data sebesar 13,27 %
3. Dengan mengujikan 60 sampel data buah diperoleh tingkat akurasi identifikasi sebesar 94,8%, tingkat presisi sebesar 91,67%, tingkat *recall* sebesar 93,33% dan total F1-*score* sebesar 91,53 %.
4. Dari 60 sampel data buah yang diujikan terdapat 5 sampel tidak sesuai prediksi dan 55 sampel sesuai dengan prediksi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah menentukan komponen yang tepat untuk rangkaian pengkondisian sinyal, sehingga tingkat sensitivitas sensor dapat ditingkatkan. Selain itu dalam melakukan pelatihan data, menggunakan data dalam jumlah yang banyak dan lebih bervariasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Gebicki, "Application of electrochemical sensors and sensor matrixes for measurement of odorous chemical compounds," *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 77, pp. 1–13, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.trac.2015.10.005.

[2] P. Purwaningrum, "Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan," *Indonesian Journal Of Urban And Environmental Technology*, vol. 8, no. 2, Art. no. 2, Dec. 2016, doi: 10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421.

[3] B. N. Pranata, "Evaluation Of Papaya California Handling In Two Supermarkets In Semarang Based On Physical And Chemical Carateristics," Phd Thesis, Unika Soegijapranata Semarang, 2019.

[4] M. Liu and C. Chervin, "Ethylene and Fruit Ripening," in *Reference Module in Food Science*, Elsevier, 2017, p. B9780081005965212000.

[5] T. Uji, "Keanekaragaman Jenis dan Sumber Plasma Nutfah Durio (Durio spp.) di Indonesia," p. 6.

[6] P. Rianto and A. Harjoko, "Penentuan Kematangan Buah Salak Pondoh Di Pohon Berbasis Pengolahan Citra Digital," *IJCCS*, vol. 11, no. 2, p. 143, Jul. 2017, doi: 10.22146/ijccs.17416.

[7] S. Chen, J. Mao, B. Han, and N. Chen, "Scent analysis of Rosa laevigata through metal oxide sensor array electronic nose," *Rev. bras. farmacogn.*, vol. 21, no. 6, pp. 1150–1154, Dec. 2011, doi: 10.1590/S0102-695X2011005000127.

[8] H. Kinjo, N. Oshiro, and S. C. Duong, "Fruit maturity detection using neural network and an odor sensor: Toward a quick detection," in *2015 10th Asian Control Conference (ASCC)*, 2015, pp. 1–4.

[9] J.-X. Li, P. Schieberle, and M. Steinhaus, "Characterization of the Major Odor-Active Compounds in Thai Durian (Durio zibethinus L. 'Monthong') by Aroma Extract Dilution Analysis and Headspace Gas Chromatography–Olfactometry," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 60, no. 45, pp. 11253–11262, Nov. 2012, doi: 10.1021/jf303881k.

[10] M. Belgis, C. H. Wijaya, A. Apriyantono, B. Kusbiantoro, and N. D. Yuliana, "Volatiles and aroma characterization of several lai (Durio kutejensis) and durian (Durio zibethinus) cultivars grown

in Indonesia," *Scientia Horticulturae*, vol. 220, pp. 291–298, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.scienta.2017.03.041.
[11] J. Siriphanich, "Durian (Durio zibethinus Merr.)," in *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, Elsevier, 2011, pp. 80–116e.
[12] C.-O. Park, J. W. Fergus, N. Miura, J. Park, and A. Choi, "Solid-state electrochemical gas sensors," *Ionics*, vol. 15, no. 3, pp. 261–284, 2009.
[13] "AAN_104.pdf." Accessed: May 24, 2020. [Online]. Available: http://www.alphasense.com/WEB1213/wp-content/uploads/2013/07/AAN_104.pdf.
[14] "Operating principle -Electrochemical-type gas sensor." https://www.figaro.co.jp/en/technicalinfo/principle/electrochemical-type.html (accessed May 24, 2020).
[15] F. Tian, S. X. Yang, and K. Dong, "Circuit and noise analysis of odorant gas sensors in an E-nose," *Sensors*, vol. 5, no. 1, pp. 85–96, 2005.
[16] A. A. Schneider and T. B. Scheffler, "Potentiostat circuit for electrochemical cells," Nov. 14, 1995.
[17] M. M. Ahmadi and G. A. Jullien, "Current-Mirror-Based Potentiostats for Three-Electrode Amperometric Electrochemical Sensors," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 56, no. 7, pp. 1339–1348, Jul. 2009, doi: 10.1109/TCSI.2008.2005927.
[18] "A1A-EC_SENSORS_AN2-Design-of-Electronics-for-EC-Sensors-V4.pdf." Accessed: May 30, 2020. [Online]. Available: https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2014/08/A1A-EC_SENSORS_AN2-Design-of-Electronics-for-EC-Sensors-V4.pdf.
[19] M. Singh and S. Goel, "Review of Arduino Microcontroller," vol. 2, no. 4, p. 4.
[20] A. Kurniawan, *Arduino Uno: A Hands-On Guide for Beginner*. PE Press, 2015.
[21] J. Fernandez, W. Gemin, R. Rivera, M. Revuelta, M. Kuzman, and R. Hidalgo, "Digital filter design with Arduino DUE and Matlab," in *2015 XVI Workshop on Information Processing and Control (RPIC)*, Cordoba, Argentina, Oct. 2015, pp. 1–6, doi: 10.1109/RPIC.2015.7497060.

[22] M. Zarkasi, “Sistem Otomasi Penyiraman Tanaman Menggunakan Sensor Soil Moisture Yl-69 dan Monitoring Kondisi Lingkungan pada Rumah Kaca Berbasis Arduino Mega 2560,” PhD Thesis, undip, 2018.
[23] F. Narendaratama, “Pengukur Daya Menggunakan Sensor Ct Berbasis Nodemcu Via Server Thingspeak,” PhD Thesis, STMIK Akakom Yogyakarta, 2017.
[24] S. Saniman, M. Ramadhan, and I. Zulkarnain, “Rancang Bangun Smart Glass Telemetri Tegangan Menggunakan Teknik Simplex Berbasis Arduino Nano,” *J-SISKO TECH (Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD)*, vol. 3, no. 1, pp. 12–18, 2020.
[25] D. M. Gumelar, M. Rivai, and T. Tasripan, “Rancang Bangun Wireless Electronic Nose Berbasis Teknologi Internet of Things,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 2, pp. A750–A752, 2017.
[26] H. Rashidi, “Estimation of vapor–liquid equilibrium ratios of crude oil components: a comparative study,” *Fuel*, vol. 140, pp. 388–397, 2015.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

Main Program

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1015.h>

Adafruit_ADS1115 ads(0x48);
float Voltage1 = 0.0;
float Voltage2 = 0.0;
float Voltage3 = 0.0;

int16_t adc0;  // sensor MQ-3
int16_t adc1;  // sensor H2S
int16_t adc2;  // sensor C2H4

//Serial data variables=====================
//Incoming Serial Data Array
const byte kNumberOfChannelsFromExcel = 6;
//Comma delimiter to separate data
const char kDelimiter = ',';
//Interval between serial writes
const int kSerialInterval = 1000;
//Timestamp
unsigned long serialPreviousTime;

char* arr[kNumberOfChannelsFromExcel];

void setup(){
  Serial.begin(115200);
  ads.begin();
}

void loop() {
  processSensors();

  processIncomingSerial();

  processOutgoingSerial();

}

void processSensors(){
  adc0 = ads.readADC_SingleEnded(0);
  Voltage1 = (adc0 * 0.1875)/1000;
  delay(5);
  adc1 = ads.readADC_SingleEnded(1);
  Voltage2 = (adc1 * 0.1875)/1000;
```

```
  delay(5);
  adc2 = ads.readADC_SingleEnded(2);
  Voltage3 = (adc2 * 0.1875)/1000;
  delay(5);
}

// OUTGOING SERIAL DATA PROCESSING CODE----------------------
void sendDataToSerial()
{
  // Send data out separated by a comma (kDelimiter)
  // Repeat next 2 lines of code for each variable sent:

  Serial.print(Voltage1,7);
  Serial.print(kDelimiter);
  Serial.print(Voltage2,7);
  Serial.print(kDelimiter);
  Serial.print(Voltage3,7 );
  Serial.print(kDelimiter);

  Serial.println(); // Add final line ending character only once
}

// OUTGOING SERIAL DATA PROCESSING CODE----------------------
void processOutgoingSerial()
{
   // Enter into this only when serial interval has elapsed
  if((millis() - serialPreviousTime) > kSerialInterval)
  {
    // Reset serial interval timestamp
    serialPreviousTime = millis();
    sendDataToSerial();
  }
}

// INCOMING SERIAL DATA PROCESSING CODE----------------------
void processIncomingSerial()
{
  if(Serial.available()){
    parseData(GetSerialData());
  }
}

// Gathers bytes from serial port to build inputString
char* GetSerialData()
{
  static char inputString[64]; // Create a char array to store incoming data
  memset(inputString, 0, sizeof(inputString)); // Clear the memory from a pervious reading
  while (Serial.available()){
```

```
   Serial.readBytesUntil('\n', inputString, 64); //Read every byte in Serial buffer until line
end or 64 bytes
  }
 return inputString;
}

// Seperate the data at each delimeter
void parseData(char data[])
{
   char *token = strtok(data, ","); // Find the first delimeter and return the token before it
   int index = 0; // Index to track storage in the array
   while (token != NULL){ // Char* strings terminate w/ a Null character. We'll keep
running the command until we hit it
     arr[index] = token; // Assign the token to an array
     token = strtok(NULL, ","); // Conintue to the next delimeter
     index++; // incremenet index to store next value
   }
}
```

MQ-3 Alcohol Calibration R0

```
float sensor_volt;
float RS; //  Get the value of RS via in a clear air
float R0 ;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(A3, INPUT);
}

void loop()
{
    // Get the value of R0 via in Alcohol
   float sensorValue = 0;

   for(int i = 0 ; i < 20 ; i++)
   {
      sensorValue += analogRead(A3);
   }
   sensorValue = sensorValue/20.000;
   sensor_volt = sensorValue*5.000/1023;
   RS = (5.0-sensor_volt)/sensor_volt; //Calculate RS in fresh air
   R0 = RS/60;

   Serial.print("R0 = ");
   Serial.println(R0,7);
   delay(1000);
}
```

MQ-3 Alcohol Concentration Calculation

```
float R0=0.249;
float b=1.996459667;
float m=-0.754896547;

float sensorValue;
float sensorVolt;
float RS;
float RS_RO;
float PPM;

void setup()
{
   Serial.begin(115200);
   pinMode(A3, INPUT);
}

void loop()
{
   sensorValue = analogRead(A3);
   sensorVolt = sensorValue*5.0/1023;
   RS = (5.0-sensorVolt)/sensorVolt;
   RS_RO = RS/R0;
   PPM = (log(RS_RO)-b)/m;
   PPM = pow(10, PPM);
   Serial.println(PPM,7);
   delay(1000);
}
```

LAMPIRAN B

Program *Neural Network* Python dengan Jupyter dan TensorFlow

7/10/2020 training1

Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Durian

In [1]:

```
import tensorflow as tf
from tensorflow import keras
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import os
from sklearn import preprocessing
```

Import Data Training and Data Test

7/10/2020 training1

In [2]:

```
data_train = pd.read_excel('Training_set.xlsx')
data_train = data_train.iloc[:,:4]
data_train
```

Out[2]:

	Ethanol	H2S	Ethylene	Tingkat Kematangan
0	0.370341	0.034622	0.007809	1
1	0.495375	0.063938	0.007941	1
2	0.477272	0.060966	0.007987	1
3	0.592200	0.044522	0.008147	1
4	0.712950	0.045019	0.008137	1
...	...	...	...	...
175	0.254812	0.006759	0.006750	0
176	0.254831	0.006741	0.006694	0
177	0.254859	0.006778	0.006759	0
178	0.255422	0.006806	0.006750	0
179	0.254869	0.006863	0.006703	0

180 rows × 4 columns

7/10/2020 training1

In [3]:

```
data_test = pd.read_excel('Test_set.xlsx')
data_test = data_test.iloc[:,:4]
data_test
```


7/10/2020 training1

Out[3]:

	Ethanol	H2S	Ethylene	Tingkat Kematangan
0	0.606356	0.014606	0.009441	1
1	0.762263	0.019322	0.009572	1
2	0.456262	0.012591	0.009450	1
3	0.481125	0.017269	0.009403	1
4	0.506363	0.015056	0.009131	1
5	0.589828	0.014831	0.009272	1
6	0.551184	0.014934	0.009328	1
7	0.514397	0.013884	0.009497	1
8	0.543928	0.014522	0.009394	1
9	0.612572	0.017128	0.009741	1
10	0.578700	0.015647	0.009862	1
11	0.522553	0.012431	0.009347	1
12	0.532622	0.013650	0.009403	1
13	0.532050	0.012900	0.009797	1
14	0.533841	0.013669	0.009441	1
15	0.623953	0.014887	0.010256	1
16	0.527241	0.014728	0.010809	1
17	0.489750	0.013753	0.010519	1
18	0.535388	0.013913	0.010331	1
19	0.495347	0.013941	0.010031	1
20	0.449456	0.009600	0.008550	2
21	0.476137	0.010125	0.008822	2
22	0.461194	0.010022	0.009262	2
23	0.489900	0.011916	0.010744	2

	Ethanol	H2S	Ethylene	Tingkat Kematangan
24	0.447909	0.011053	0.009956	2
25	0.422841	0.009478	0.009797	2
26	0.486928	0.011006	0.010209	2
27	0.434531	0.010725	0.010275	2
28	0.457781	0.010716	0.010003	2
29	0.486375	0.010106	0.009966	2
30	0.424988	0.010200	0.010134	2
31	0.437306	0.010444	0.009872	2
32	0.429347	0.010388	0.009984	2
33	0.402075	0.010059	0.009412	2
34	0.397706	0.010059	0.009309	2
35	0.421013	0.010134	0.009319	2
36	0.385378	0.010678	0.009384	2
37	0.393169	0.010331	0.009394	2
38	0.454950	0.010425	0.009337	2
39	0.388247	0.009984	0.009403	2
40	0.264094	0.006675	0.006413	0
41	0.279422	0.006750	0.006450	0
42	0.294544	0.007031	0.006506	0
43	0.304613	0.007041	0.006478	0
44	0.310453	0.007088	0.006534	0
45	0.314738	0.007041	0.006638	0
46	0.315019	0.007312	0.006572	0
47	0.315778	0.007191	0.006628	0
48	0.315028	0.007153	0.006647	0
49	0.315712	0.006928	0.006722	0

	Ethanol	H2S	Ethylene	Tingkat Kematangan
50	0.314569	0.007256	0.006769	0
51	0.315347	0.007172	0.006881	0
52	0.317428	0.007228	0.006684	0
53	0.316519	0.007172	0.006750	0
54	0.317522	0.007106	0.006788	0
55	0.316462	0.007144	0.006806	0
56	0.316209	0.007237	0.006750	0
57	0.312553	0.007209	0.006797	0
58	0.310519	0.007097	0.006797	0
59	0.308831	0.007116	0.006834	0

In [4]:

```
data_train = data_train.sample(frac=1).reset_index(drop=True)
```

In [5]:

```
train_data = data_train.iloc[:,:3]
train_data.to_csv('train_data.csv')
train_label = data_train.iloc[:,3:]
train_label.to_csv('train_label.csv')
test_data = data_test.iloc[:,:3]
test_label = data_test.iloc[:,3:]
```

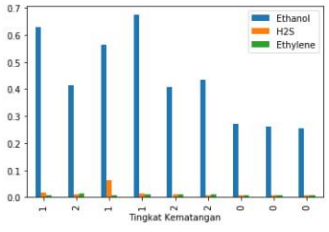
Preprocessing Data

In [6]:

```
train_data.join(train_label).iloc[:9,:].plot.bar(x='Tingkat Kematangan')
```

Out[6]:

```
<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0x1f9b8c695b0>
```



Applying Scale Ethanol : H2S : Ethylene = 1 : 15 : 15

In [7]:

```
train_data['H2S'] = train_data['H2S'].mul(15)
train_data['Ethylene'] = train_data['Ethylene'].mul(15)
train_data
```

Out[7]:

	Ethanol	H2S	Ethylene
0	0.629316	0.266344	0.136406
1	0.415706	0.148219	0.203625
2	0.562753	0.972281	0.125719
3	0.673847	0.230625	0.153422
4	0.409397	0.149062	0.175641
...	...	...	...
175	0.255956	0.102094	0.098578
176	0.567722	0.229641	0.147937
177	0.451678	0.153000	0.156797
178	0.434353	0.130219	0.134297
179	0.416222	0.162703	0.198984

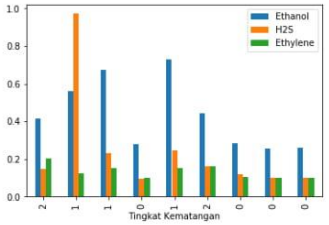
180 rows × 3 columns

In [8]:

```
train_data.join(train_label).iloc[[1,2,3,21,22,23,121,122
,123],[0,1,2,3]].plot.bar(x='Tingkat Kematangan')
```

Out[8]:

```
<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0x
1f9bad87790>
```



Normalize Data

In [9]:

```
x = train_data.T.values
min_max_scaler = preprocessing.MinMaxScaler()
x_scaled = min_max_scaler.fit_transform(x)
train_norm = pd.DataFrame(x_scaled).T
train_norm.columns = ['Ethanol','H2S','Ethylene']
train_norm
```

Out[9]:

	Ethanol	H2S	Ethylene
0	1.000000	0.263613	0.000000
1	1.000000	0.000000	0.207136
2	0.516246	1.000000	0.000000
3	1.000000	0.148346	0.000000
4	1.000000	0.000000	0.102092
...	...	...	...
175	1.000000	0.022339	0.000000
176	1.000000	0.194631	0.000000
177	1.000000	0.000000	0.012712
178	1.000000	0.000000	0.013409
179	1.000000	0.000000	0.143111

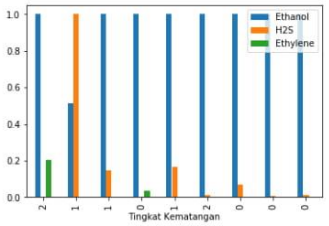
180 rows × 3 columns

In [10]:

```
train_norm.join(train_label).iloc[[1,2,3,21,22,23,121,122
,123],[0,1,2,3]].plot.bar(x='Tingkat Kematangan')
```

Out[10]:

```
<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0x
1f9bae37a00>
```



Define Maturity Level

In [11]:

```
class_name = ['mentah', 'matang','busuk']
```

In [12]:

```
train_norm.shape
```

Out[12]:

```
(180, 3)
```


In [13]:

```
train_label.shape
```

Out[13]:

```
(180, 1)
```

Training Data

In [14]:

```
model = keras.Sequential([
    keras.layers.Flatten(input_shape=(3,1)),
    keras.layers.Dense(256, activation='relu'),
    keras.layers.Dropout(.1,input_shape=(3,1)),
    keras.layers.Dense(3)
])
```

In [15]:

```
model.compile(optimizer='adam',
              loss=tf.keras.losses.SparseCategoricalCross
entropy(from_logits=True),
              metrics=['accuracy'])
```

In [ ]:

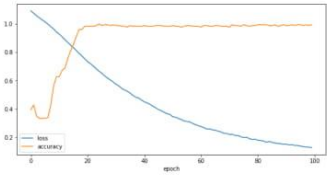
```
history = model.fit(train_data, train_label, epochs=100)
```

In [17]:

```
train_history = pd.DataFrame(history.history)
train_history.plot(figsize=(10,5))
plt.xlabel("epoch")
```

Out[17]:

```
Text(0.5, 0, 'epoch')
```



Evaluate Accuracy

Scaling Data

In [18]:

```
test_data['H2S'] = test_data['H2S'].mul(15)
test_data['Ethylene'] = test_data['Ethylene'].mul(15)
test_data
```


Out[18]:

	Ethanol	H2S	Ethylene
0	0.606356	0.219094	0.141609
1	0.762263	0.289828	0.143578
2	0.456262	0.188859	0.141750
3	0.481125	0.259031	0.141047
4	0.506363	0.225844	0.136969
5	0.589828	0.222469	0.139078
6	0.551184	0.224016	0.139922
7	0.514397	0.208266	0.142453
8	0.543928	0.217828	0.140906
9	0.612572	0.256922	0.146109
10	0.578700	0.234703	0.147937
11	0.522553	0.186469	0.140203
12	0.532622	0.204750	0.141047
13	0.532050	0.193500	0.146953
14	0.533841	0.205031	0.141609
15	0.623953	0.223312	0.153844
16	0.527241	0.220922	0.162141
17	0.489750	0.206297	0.157781
18	0.535388	0.208688	0.154969
19	0.495347	0.209109	0.150469
20	0.449456	0.144000	0.128250
21	0.476137	0.151875	0.132328
22	0.461194	0.150328	0.138937
23	0.489900	0.178734	0.161156

	Ethanol	H2S	Ethylene
24	0.447909	0.165797	0.149344
25	0.422841	0.142172	0.146953
26	0.486928	0.165094	0.153141
27	0.434531	0.160875	0.154125
28	0.457781	0.160734	0.150047
29	0.486375	0.151594	0.149484
30	0.424988	0.153000	0.152016
31	0.437306	0.156656	0.148078
32	0.429347	0.155813	0.149766
33	0.402075	0.150891	0.141187
34	0.397706	0.150891	0.139641
35	0.421013	0.152016	0.139781
36	0.385378	0.160172	0.140766
37	0.393169	0.154969	0.140906
38	0.454950	0.156375	0.140062
39	0.388247	0.149766	0.141047
40	0.264094	0.100125	0.096188
41	0.279422	0.101250	0.096750
42	0.294544	0.105469	0.097594
43	0.304613	0.105609	0.097172
44	0.310453	0.106313	0.098016
45	0.314738	0.105609	0.099563
46	0.315019	0.109687	0.098578
47	0.315778	0.107859	0.099422
48	0.315028	0.107297	0.099703
49	0.315712	0.103922	0.100828

	Ethanol	H2S	Ethylene
50	0.314569	0.108844	0.101531
51	0.315347	0.107578	0.103219
52	0.317428	0.108422	0.100266
53	0.316519	0.107578	0.101250
54	0.317522	0.106594	0.101813
55	0.316462	0.107156	0.102094
56	0.316209	0.108562	0.101250
57	0.312553	0.108141	0.101953
58	0.310519	0.106453	0.101953
59	0.308831	0.106734	0.102516

Normalize Data Test

In [19]:

```
x = test_data.T.values
min_max_scaler = preprocessing.MinMaxScaler()
x_scaled = min_max_scaler.fit_transform(x)
test_norm = pd.DataFrame(x_scaled).T
test_norm.columns = ['Ethanol','H2S','Ethylene']
```

In [20]:

```
test_loss, test_acc = model.evaluate(test_data,  test_lab
el, verbose=2)

print('\nTest accuracy:', test_acc)
```

```
2/2 - 0s - loss: 0.2948 - accuracy: 0.9500

Test accuracy: 0.9499999880790071
```


Make Prediction

In [21]:

```
probability_model = tf.keras.Sequential([model,
                                         tf.keras.layers.
Softmax()])
```

In [22]:

```
predictions = probability_model.predict(test_data)
```


In [23]:

```
def plot_graph(i,predictions_array, true_label, value):
    predictions_array, true_label, value = predictions_ar
ray, true_label[i], value[i]
    plt.grid(False)
    plt.xticks([])
    x = ['Ethanol','H2S','ETO']
    x_pos = [i for i, _ in enumerate(x)]
    value = value.tolist()
    plt.barh(x_pos,value,color=['c','m','y'])
    plt.yticks(x_pos, x)
    plt.xlim([0, 1.5])
    predicted_label = np.argmax(predictions_array)
    if predicted_label == true_label:
        color = 'blue'
    else:
        color = 'red'

    plt.xlabel("{} {:2.0f}% ({})".format(class_name[predi
cted_label],
                                100*np.max(predictions_ar
ray),
                                class_name[true_label.ite
m()]),
                                color=color)

def plot_value_array(i, predictions_array, true_label):
    predictions_array, true_label = predictions_array, tr
ue_label[i]
    plt.grid(False)
    plt.xticks(range(3))
    plt.yticks([])
    thisplot = plt.bar(['mentah','matang','busuk'], predi
ctions_array, color="#777777")
    plt.ylim([0, 1])
    predicted_label = np.argmax(predictions_array)

    thisplot[predicted_label].set_color('red')
    thisplot[true_label.item()].set_color('blue')
```


In [24]:

```
test_label_value = test_label.values
test_fruit_value = test_data.values
```

In [25]:

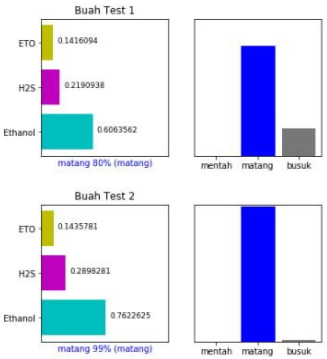
```
data = []
for i in range(len(predictions)):
    data.append([class_name[test_label_value[i].item()],c
lass_name[np.argmax(predictions[i])],"{:2.0f}% {}".format
(100*np.max(predictions[i]),class_name[np.argmax(predicti
ons[i])])])
result = pd.DataFrame(data, columns=['true label','predic
t label','keterangan'])
result.to_excel("Result.xlsx")
```

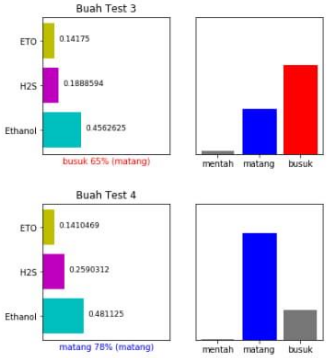
In [26]:

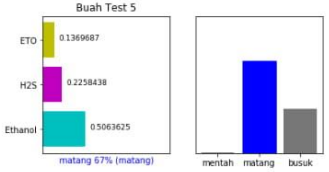
```
for i in range(60):
    plt.figure(figsize=(6,3))

    plt.subplot(1,2,1)
    plt.title("Buah Test {}".format(i+1))
    plot_graph(i, predictions[i], test_label_value, test_
fruit_value)
    for index, value in enumerate(test_fruit_value[i]):
        value = round(value,7)
        plt.text(value+0.05, index, str(value), fontsize=
9)
    plt.subplot(1,2,2)
    plot_value_array(i, predictions[i], test_label_value)
    plt.savefig('foto/sample_(%s).png' % str(i+1))
```

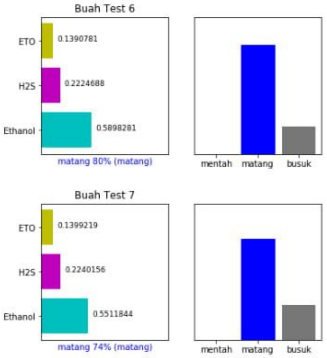


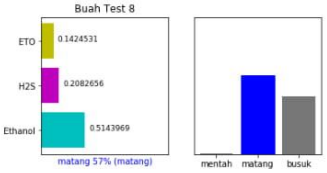
```
<ipython-input-26-b582f78f55f8>:2: RuntimeWa
rning: More than 20 figures have been opene
d. Figures created through the pyplot interf
ace (`matplotlib.pyplot.figure`) are retaine
d until explicitly closed and may consume to
o much memory. (To control this warning, see
the rcParam `figure.max_open_warning`).
  plt.figure(figsize=(6,3))
```



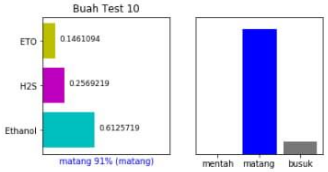


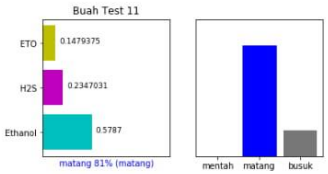


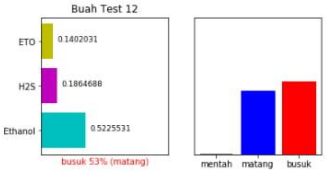


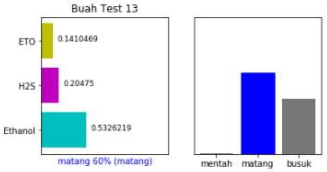


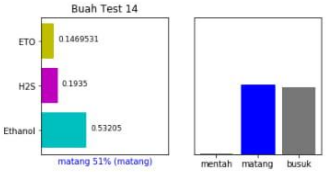
Buah Test 9
ETO
H2S
Ethanol
0.1409062
0.2178281
0.5439281
matang 69% (matang)
mentah
matang
busuk


Buah Test 10
ETO
H2S
Ethanol
0.1461094
0.2569219
0.6125719
matang 91% (matang)
mentah
matang
busuk


Buah Test 11
ETO
H2S
Ethanol
0.1479375
0.2347031
0.5787
matang 81% (matang)
mentah
matang
busuk


Buah Test 12
ETO
H2S
Ethanol
0.1402031
0.1864688
0.5225531
busuk 53% (matang)
mentah
matang
busuk

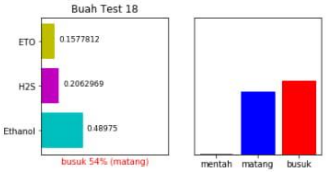

Buah Test 13
ETO
H2S
Ethanol
0.1410469
0.20475
0.5326219
matang 60% (matang)
mentah
matang
busuk

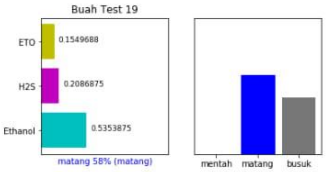

Buah Test 14
ETO
H2S
Ethanol
0.1469531
0.1935
0.53205
matang 51% (matang)
mentah
matang
busuk

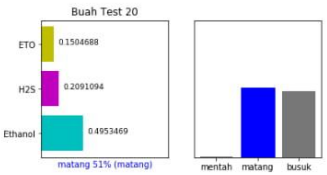
Buah Test 15
ETO
H2S
Ethanol
0.1416094
0.2050312
0.5338406
matang 60% (matang)
mentah
matang
busuk

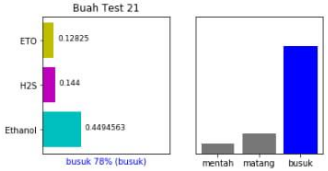
Buah Test 16
ETO
H2S
Ethanol
0.1538438
0.2233125
0.6239531
matang 82% (matang)
mentah
matang
busuk

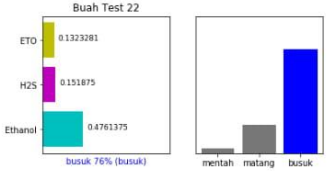
Buah Test 17
ETO
H2S
Ethanol
0.1621406
0.2209219
0.5272406
matang 62% (matang)
mentah
matang
busuk

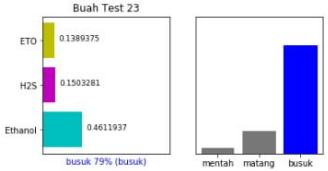

Buah Test 18
ETO
H2S
Ethanol
0.1577812
0.2062969
0.48975
busuk 54% (matang)
mentah
matang
busuk

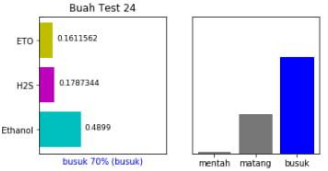

Buah Test 19
ETO
H2S
Ethanol
0.1549688
0.2086875
0.5353875
matang 58% (matang)
mentah
matang
busuk

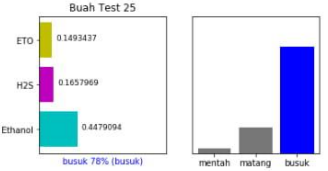

Buah Test 20
ETO
H2S
Ethanol
0.1504688
0.2091094
0.4953469
matang 51% (matang)
mentah
matang
busuk

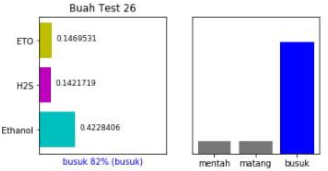

Buah Test 21
ETO
H2S
Ethanol
0.12825
0.144
0.4494563
busuk 78% (busuk)
mentah
matang
busuk

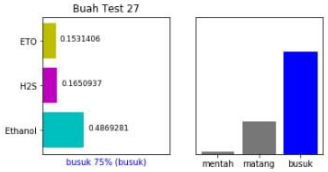

Buah Test 22
ETO
H2S
Ethanol
0.1323281
0.151875
0.4761375
busuk 76% (busuk)
mentah
matang
busuk

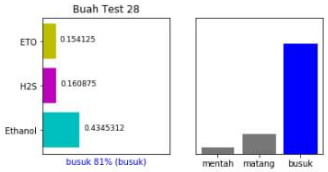

Buah Test 23
ETO
H2S
Ethanol
0.1389375
0.1503281
0.4611937
busuk 79% (busuk)
mentah
matang
busuk

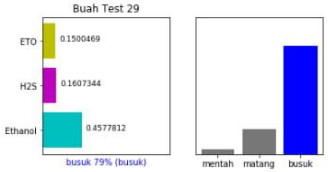

Buah Test 24
ETO
H2S
Ethanol
0.1611562
0.1787344
0.4899
busuk 70% (busuk)
mentah
matang
busuk

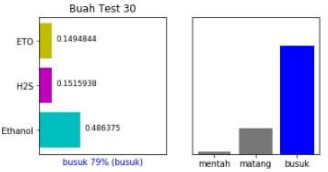

Buah Test 25
ETO
H2S
Ethanol
0.1493437
0.1657969
0.4479094
busuk 78% (busuk)
mentah
matang
busuk

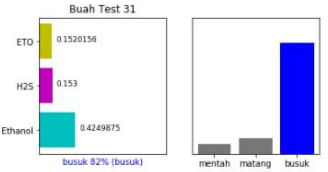

Buah Test 26
ETO
H2S
Ethanol
0.1469531
0.1421719
0.4228406
busuk 82% (busuk)
mentah
matang
busuk

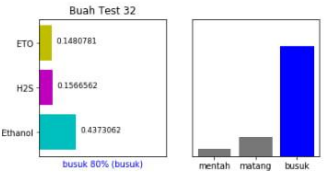

Buah Test 27
ETO
H2S
Ethanol
0.1531406
0.1650937
0.4869281
busuk 75% (busuk)
mentah
matang
busuk

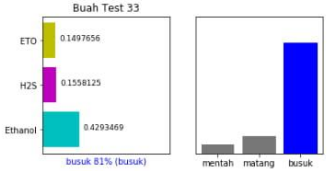

Buah Test 28
ETO
H2S
Ethanol
0.154125
0.160875
0.4345312
busuk 81% (busuk)
mentah
matang
busuk

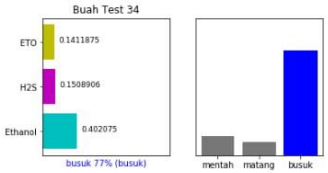

Buah Test 29
ETO
H2S
Ethanol
0.1500469
0.1607344
0.4577812
busuk 79% (busuk)
mentah
matang
busuk

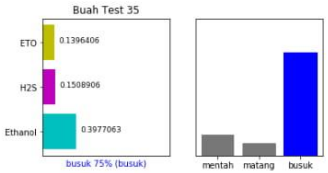

Buah Test 30
ETO
H2S
Ethanol
0.1494844
0.1515938
0.486375
busuk 79% (busuk)
mentah
matang
busuk

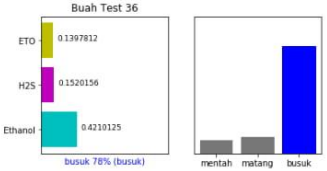

Buah Test 31
ETO
H2S
Ethanol
0.1520156
0.153
0.4249875
busuk 82% (busuk)
mentah
matang
busuk

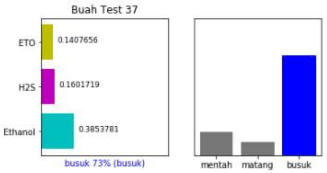

Buah Test 32
ETO
H2S
Ethanol
0.1480781
0.1566562
0.4373062
busuk 80% (busuk)
mentah
matang
busuk

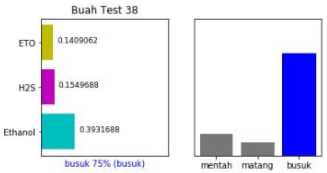

Buah Test 33
ETO
H2S
Ethanol
0.1497656
0.1558125
0.4293469
busuk 81% (busuk)
mentah
matang
busuk

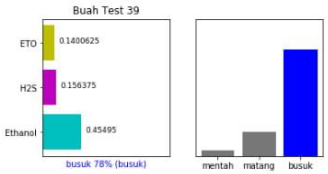

Buah Test 34
ETO
H2S
Ethanol
0.1411875
0.1508906
0.402075
busuk 77% (busuk)
mentah
matang
busuk

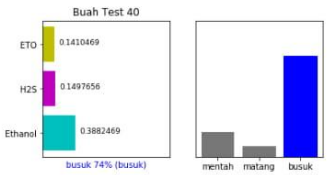

Buah Test 35
ETO
H2S
Ethanol
0.1396406
0.1508906
0.3977063
busuk 75% (busuk)
mentah
matang
busuk

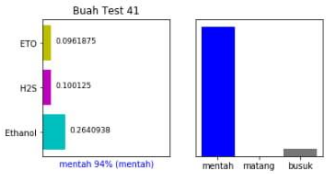

Buah Test 36
ETO
H2S
Ethanol
0.1397812
0.1520156
0.4210125
busuk 78% (busuk)
mentah
matang
busuk

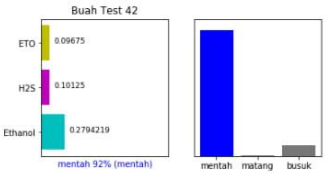

Buah Test 37
ETO
H2S
Ethanol
0.1407656
0.1601719
0.3853781
busuk 73% (busuk)
mentah
matang
busuk

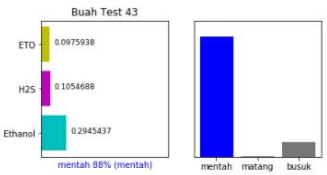

Buah Test 38
ETO
H2S
Ethanol
0.1409062
0.1549688
0.3931688
busuk 75% (busuk)
mentah
matang
busuk

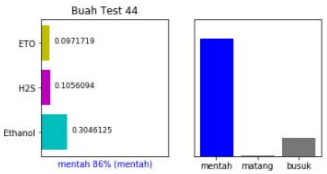

Buah Test 39
ETO
H2S
Ethanol
0.1400625
0.156375
0.45495
busuk 78% (busuk)
mentah
matang
busuk

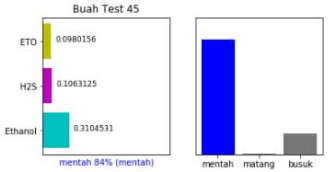

Buah Test 40
ETO
H2S
Ethanol
0.1410469
0.1497656
0.3882469
busuk 74% (busuk)
mentah
matang
busuk

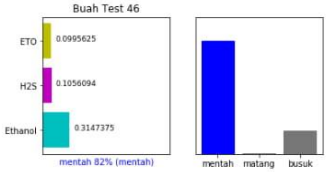

Buah Test 41
ETO
H2S
Ethanol
0.0961875
0.100125
0.2640938
mentah 94% (mentah)
mentah
matang
busuk

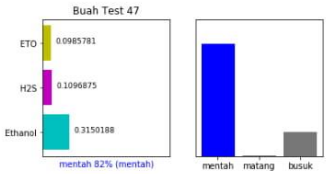

Buah Test 42
ETO
H2S
Ethanol
0.09675
0.10125
0.2794219
mentah 92% (mentah)
mentah
matang
busuk

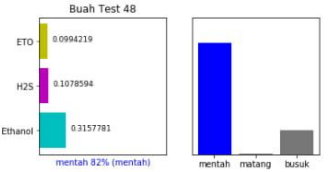

Buah Test 43
ETO
H2S
Ethanol
0.0975938
0.1054688
0.2945437
mentah 88% (mentah)
mentah
matang
busuk

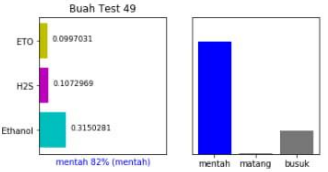

Buah Test 44
ETO
H2S
Ethanol
0.0971719
0.1056094
0.3046125
mentah 86% (mentah)
mentah
matang
busuk

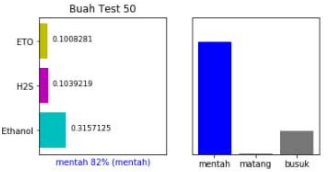

Buah Test 45
ETO
H2S
Ethanol
0.0980156
0.1063125
0.3104531
mentah 84% (mentah)
mentah
matang
busuk

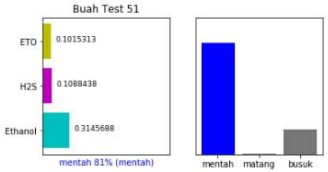

Buah Test 46
ETO
H2S
Ethanol
0.0995625
0.1056094
0.3147375
mentah 82% (mentah)
mentah
matang
busuk

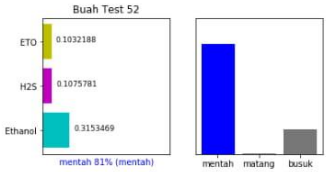

Buah Test 47
ETO
H2S
Ethanol
0.0985781
0.1096875
0.3150188
mentah 82% (mentah)
mentah
matang
busuk

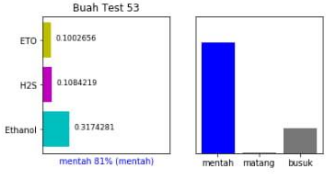

Buah Test 48
ETO
H2S
Ethanol
0.0994219
0.1078594
0.3157781
mentah 82% (mentah)
mentah
matang
busuk

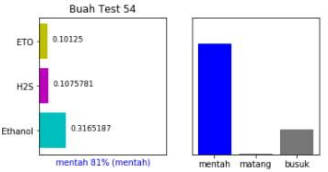

Buah Test 49
ETO
H2S
Ethanol
0.0997031
0.1072969
0.3150281
mentah 82% (mentah)
mentah
matang
busuk

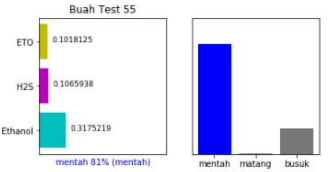

Buah Test 50
ETO
H2S
Ethanol
0.1008281
0.1039219
0.3157125
mentah 82% (mentah)
mentah
matang
busuk

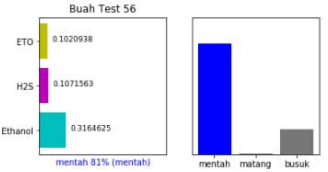

Buah Test 51
ETO
H2S
Ethanol
0.1015313
0.1088438
0.3145688
mentah 81% (mentah)
mentah
matang
busuk

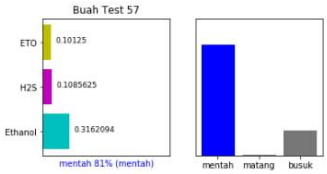

Buah Test 52
ETO
H2S
Ethanol
0.1032188
0.1075781
0.3153469
mentah 81% (mentah)
mentah
matang
busuk

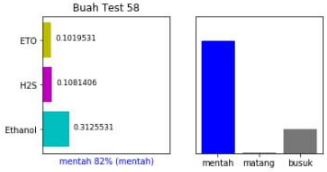

Buah Test 53
ETO
H2S
Ethanol
0.1002656
0.1084219
0.3174281
mentah 81% (mentah)
mentah
matang
busuk

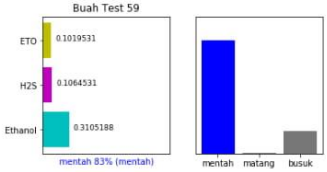

Buah Test 54
ETO
H2S
Ethanol
0.10125
0.1075781
0.3165187
mentah 81% (mentah)
mentah
matang
busuk

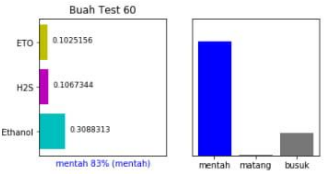

Buah Test 55
ETO
H2S
Ethanol
0.1018125
0.1065938
0.3175219
mentah 81% (mentah)
mentah
matang
busuk


Buah Test 56
ETO
H2S
Ethanol
0.1020938
0.1071563
0.3164625
mentah 81% (mentah)
mentah
matang
busuk









Confusion Matrix

In [27]:

```
predictions.argmax(axis=1)
```

Out[27]:

```
array([1, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2,
1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2,
       2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,
2, 2, 2, 2, 2, 2, 0, 0, 0, 0,
       0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0], dtype=int64)
```

In [28]:

```
confusion = tf.math.confusion_matrix(labels=test_label_va
lue,predictions=predictions.argmax(axis=1), num_classes =
3)
```


In [29]:

```
confusion
```

Out[29]:

```
<tf.Tensor: shape=(3, 3), dtype=int32, numpy
=
array([[20,  0,  0],
       [ 0, 17,  3],
       [ 0,  0, 20]])>
```

In [30]:

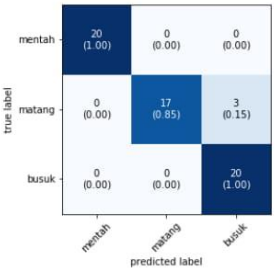
```
from mlxtend.plotting import plot_confusion_matrix
from sklearn.metrics import confusion_matrix
```


In [31]:

```
plt.rcParams['figure.facecolor'] = 'white'
mat = confusion_matrix(test_label_value, predictions.argm
ax(axis=1))
plot_confusion_matrix(conf_mat = mat, class_names = class
_name, show_normed=True)
```

Out[31]:

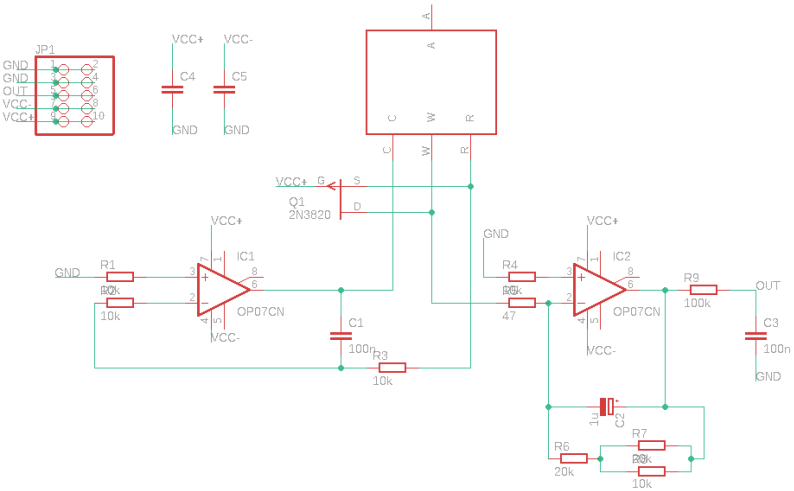
```
(<Figure size 432x288 with 1 Axes>,
 <matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0
x1f9c1cca340>)
```



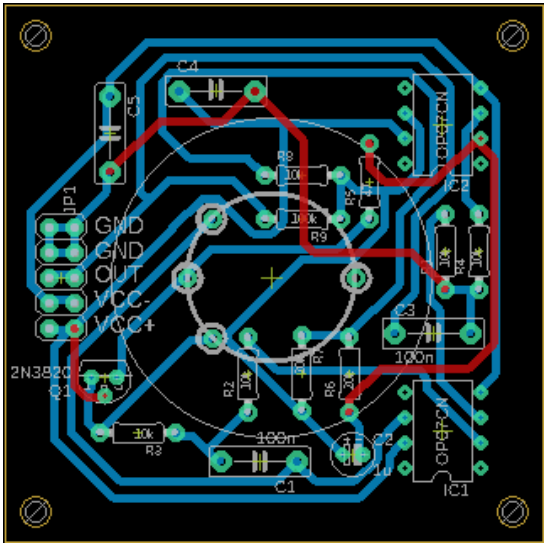
Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C

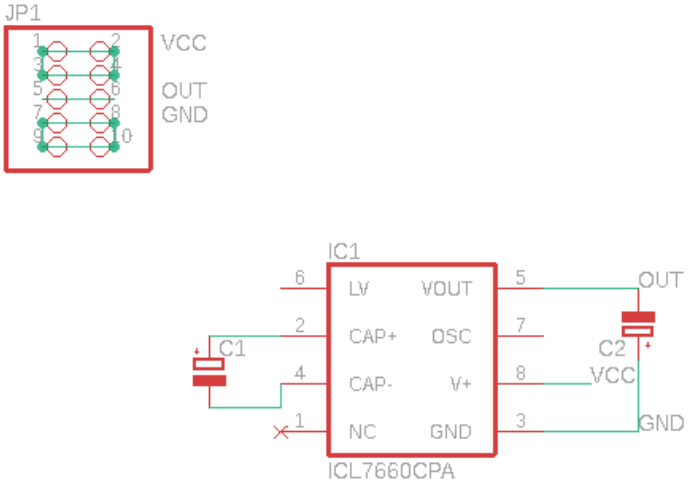
Skematik Diagram Rangkaian Pengkondisian Sinyal



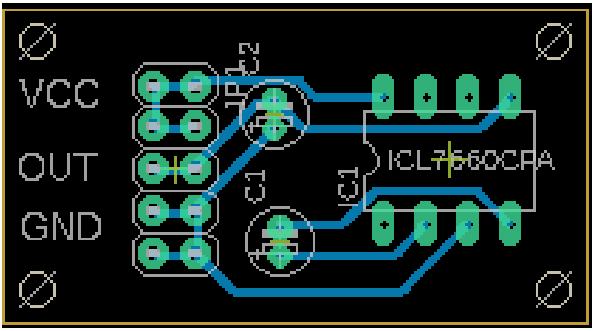
Desain PCB Rangkaian Pengkondisian Sinyal



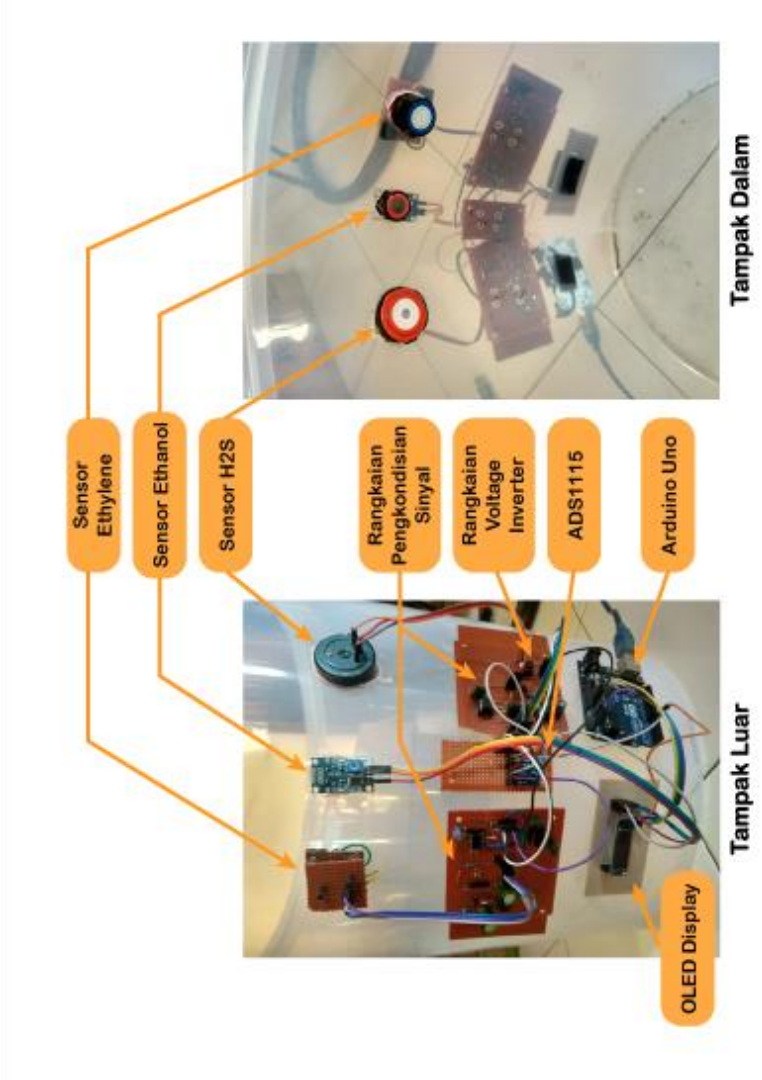
Skematik Diagram Rangkaian Voltage Inverter



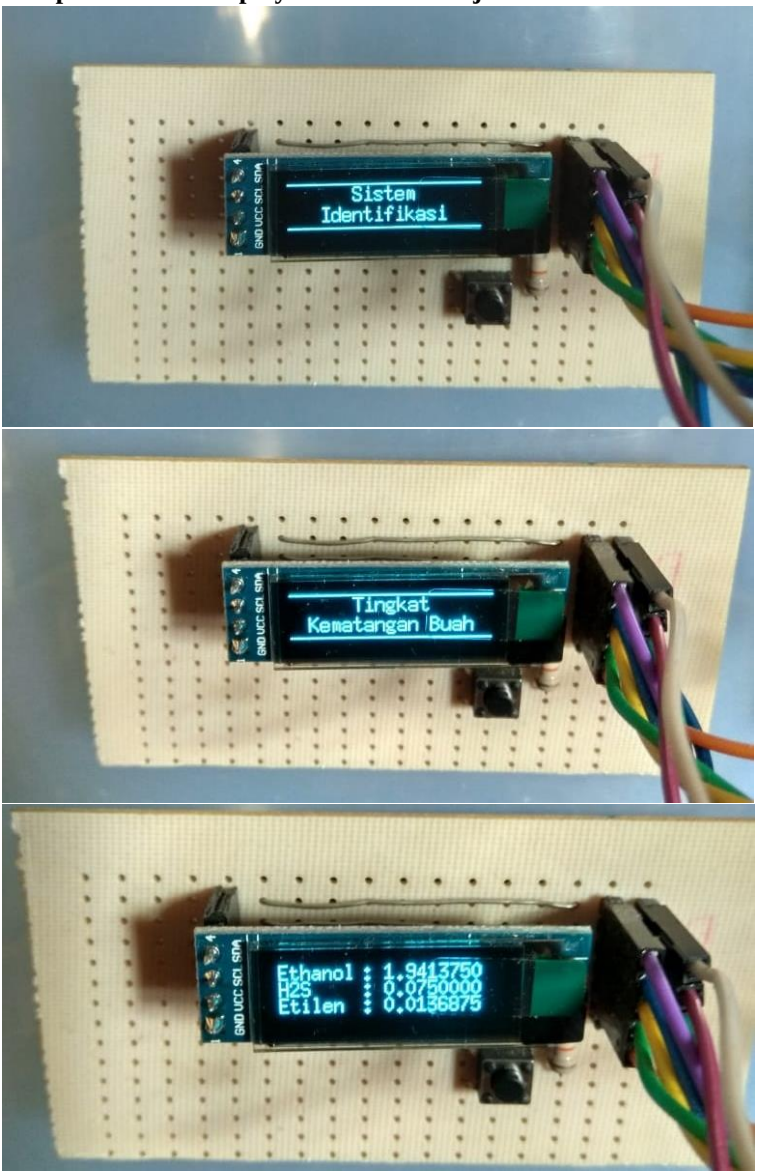
Desain PCB Rangkaian Voltage Inverter



Realisasi Perangkat Keras (*hardware*) Sistem Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Durian



Tampilan OLED Display ketika sistem dijalankan



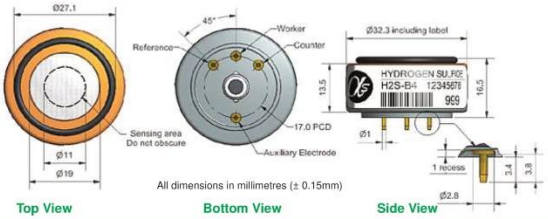
LAMPIRAN D

Datasheet H2S-B4

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 2600
	Response time	t_{90} (s) from zero to 2ppm H_2S	< 60
	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

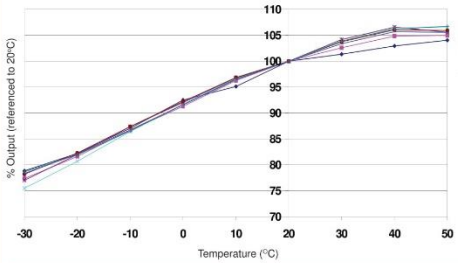


Figure 2 shows the temperature dependence of sensitivity at 2ppm H_2S.

This data is taken from a typical batch of sensors.

Figure 3 Zero Temperature Dependence

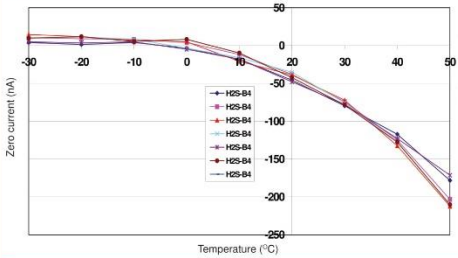


Figure 3 shows the variation in zero output of the working electrode caused by changes in temperature, expressed as nA.

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

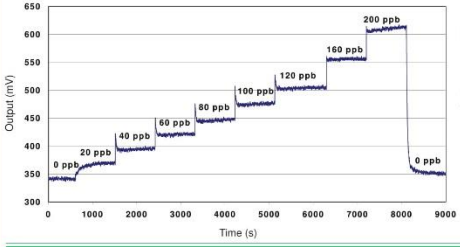


Figure 4 shows response to 200ppb H_2S.

Use of Alphasense ISB circuit reduces noise to 1ppb, with the opportunity of digital smooting 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/SEPT19

Datasheet ME3-C2H4

ME3-C2H4 Electrochemical Gas Sensor

ME3-C2H4 electrochemical gas sensor make use of electrochemical oxidation process on the working electrode in electrolytic cell. And the current produced in electrochemical reaction is in direct proportion to concentration while following Faraday law. So that concentration of target gas can be tested by current.

Features

- Low consumption
- High precision & high sensitivity
- Wide range of linearity
- Good anti-interference ability
- Excellent Stability and reliability

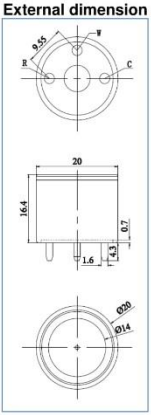
Application

Detecting ethylene in industry and environmental protection field

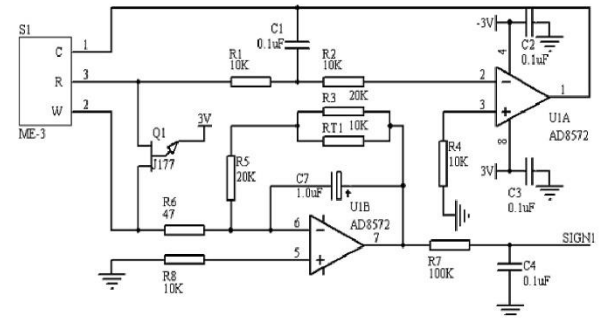
Technical Parameter

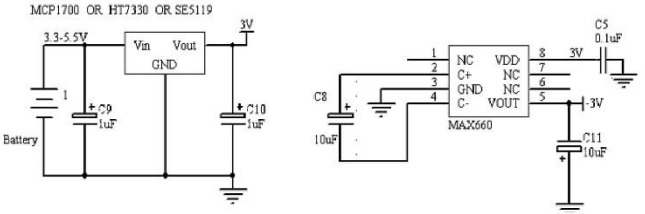
Model	ME3-C2H4
Detection gas	C2H4
Detection range	0-100ppm
Max. range	200ppm
Sensitivity	0.04±0.012 uA/ppm
Filter	Filtering SO_X/NO_X and H_2S
Resolution	0.5ppm
Tem. range	-20°C-50°C
Pressure range	standard atmosphere ±10%
Response time(T90)	<30S
Humidity range	15%—90%RH
Bias voltage	no
Reproducibility	1% of signal output
output	Linearity output
Anticipated using life	3 years in air

External dimension



Basic circuit





Anti-Interference

Besides target gas, ME3-C2H4 sensor also responds to other gases. Below are the response characteristics of interferential gases.

Gas	Concentration	ME3-C2H4
H2S	100ppm	0ppm
SO2	20ppm	0ppm
H2	200ppm	100ppm
NO	35ppm	9ppm
NO2	5ppm	2ppm

Application Notes

- Sensor shall avoid organic solvent, coatings, medicine, oil and high concentration gases.
- All ME Sensors shall not be encapsulated completely by resin materials, and shall not immerse in pure oxygen environment, otherwise, it will damage the function of sensor.
- All ME sensors shall not be applied in corrosive gas environment, or the sensor will be damaged.
- Please test the sensitivity of gas sensors in clean atmosphere.
- Sensors Shall be avoided to face the gas, which flow directly from front side.
- To avoid to bend and break of pins.
- Blowhole of the sensor should not be blocked and polluted, which will cause the sensitivity decrease.
- Excessive impact or vibration should be avoided.
- Do not use the sensor when the shell is damaged.
- It takes some time for the sensor to return to normal state After applied in high concentration gas.
- Do not take apart the sensor, otherwise electrolyte leakage can cause sensor damage.
- Working electrode and reference electrode of the sensor shall be in short circuit when stored.
- To preheat over 48hs before using and soldering forbidden.

Note: To keep continual product development, we reserve right to change design features without prior notice.

Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd
Add.: NO.299 Jin Suo Road, National Hi-Tech Zone, Zhengzhou, 450001 China
Tel.: 0086-371-67169097
Fax:0371-60932988
E-mail:sales@winsensor.com

Datasheet OP07

ANALOG DEVICES

Ultralow Offset Voltage Operational Amplifier

Data Sheet **OP07**

FEATURES

- Low V_{OS}: 75 µV maximum
- Low V_{OS} drift: 1.3 µV/°C maximum
- Ultrastable vs. time: 1.5 µV per month maximum
- Low noise: 0.6 µV p-p maximum
- Wide input voltage range: ±14 V typical
- Wide supply voltage range: ±3 V to ±18 V
- 125°C temperature-tested dice

APPLICATIONS

- Wireless base station control circuits
- Optical network control circuits
- Instrumentation
- Sensors and controls
  - Thermocouples
  - Resistor thermal detectors (RTDs)
  - Strain bridges
  - Shunt current measurements
- Precision filters

GENERAL DESCRIPTION

The OP07 has very low input offset voltage (75 µV maximum for OP07E) that is obtained by trimming at the wafer stage. These low offset voltages generally eliminate any need for external nulling. The OP07 also features low input bias current (±4 nA for the OP07E) and high open-loop gain (200 V/mV for the OP07E). The low offset and high open-loop gain make the OP07 particularly useful for high gain instrumentation applications.

PIN CONFIGURATION

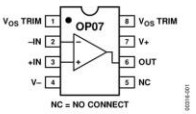
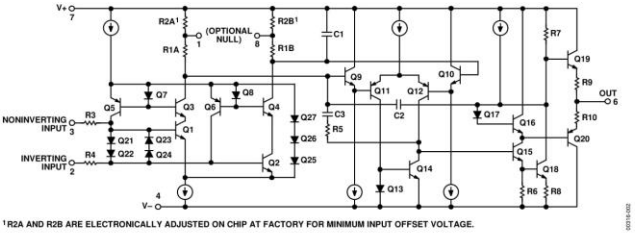


Figure 1.

The wide input voltage range of ±13 V minimum combined with a high CMRR of 106 dB (OP07E) and high input impedance provide high accuracy in the noninverting circuit configuration. Excellent linearity and gain accuracy can be maintained even at high closed-loop gains. Stability of offsets and gain with time or variations in temperature is excellent. The accuracy and stability of the OP07, even at high gain, combined with the freedom from external nulling have made the OP07 an industry standard for instrumentation applications.

The OP07 is available in two standard performance grades. The OP07E is specified for operation over the 0°C to 70°C range, and the OP07C is specified over the −40°C to +85°C temperature range.

The OP07 is available in epoxy 8-lead PDIP and 8-lead narrow SOIC packages. For CERDIP and TO-99 packages and standard microcircuit drawing (SMD) versions, see the OP77.



[1] R2A AND R2B ARE ELECTRONICALLY ADJUSTED ON CHIP AT FACTORY FOR MINIMUM INPUT OFFSET VOLTAGE.

Figure 2. Simplified Schematic

Rev. G
Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.461.3113

©2002-2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

SPECIFICATIONS

OP07E ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V_S = ±15 V, unless otherwise noted.

Table 1.

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
T_A = 25°C						
Input Offset Voltage[1]	V_{OS}			30	75	µV
Long-Term V_{OS} Stability[2]	V_{OS}/Time			0.3	1.5	µV/Month
Input Offset Current	I_{OS}			0.5	3.8	nA
Input Bias Current	I_B			±1.2	±4.0	nA
Input Noise Voltage	e_n p-p	0.1 Hz to 10 Hz[3]		0.35	0.6	µV p-p
Input Noise Voltage Density	e_n	f_O = 10 Hz		10.3	18.0	nV/√Hz
		f_O = 100 Hz[3]		10.0	13.0	nV/√Hz
		f_O = 1 kHz		9.6	11.0	nV/√Hz
Input Noise Current	I_n p-p			14	30	pA p-p
Input Noise Current Density	I_n	f_O = 10 Hz		0.32	0.80	pA/√Hz
		f_O = 100 Hz[3]		0.14	0.23	pA/√Hz
		f_O = 1 kHz		0.12	0.17	pA/√Hz
Input Resistance, Differential Mode[4]	R_{IN}		15	50		MΩ
Input Resistance, Common Mode	R_{INCM}			160		GΩ
Input Voltage Range	IVR		±13	±14		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	V_{CM} = ±13 V	106	123		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	V_S = ±3 V to ±18 V		5	20	µV/V
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	R_L ≥ 2 kΩ, V_O = ±10 V	200	500		V/mV
		R_L ≥ 500 Ω, V_O = ±0.5 V, V_S = ±3 V[4]	150	400		V/mV
0°C ≤ T_A ≤ 70°C						
Input Offset Voltage[1]	V_{OS}			45	130	µV
Voltage Drift Without External Trim[4]	TCV_{OS}			0.3	1.3	µV/°C
Voltage Drift with External Trim[3]	TCV_{OSN}	R_P = 20 kΩ		0.3	1.3	µV/°C
Input Offset Current	I_{OS}			0.9	5.3	nA
Input Offset Current Drift	TCI_{OS}			8	35	pA/°C
Input Bias Current	I_B			±1.5	±5.5	nA
Input Bias Current Drift	TCI_B			13	35	pA/°C
Input Voltage Range	IVR		±13	±13.5		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	V_{CM} = ±13 V	103	123		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	V_S = ±3 V to ±18 V		7	32	µV/V
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	R_L ≥ 2 kΩ, V_O = ±10 V	180	450		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS						
T_A = 25°C						
Output Voltage Swing	V_O	R_L ≥ 10 kΩ	±12.5	±13.0		V
		R_L ≥ 2 kΩ	±12.0	±12.8		V
		R_L ≥ 1 kΩ	±10.5	±12.0		V
0°C ≤ T_A ≤ 70°C						
Output Voltage Swing	V_O	R_L ≥ 2 kΩ	±12	±12.6		V

Datasheet ICL7660

RENESAS

DATASHEET

ICL7660

CMOS Voltage Converters

FN3072
Rev. 8.00
Feb 13, 2020

The ICL7660 is a monolithic CMOS power supply circuit that offers unique performance advantages over previously available devices. The ICL7660 performs supply voltage conversions from positive to negative for an input range of +1.5V to +10.0V resulting in complementary output voltages of -1.5V to -10.0V. Only two noncritical external capacitors are needed for the charge pump and charge reservoir functions. The ICL7660 can also be connected to function as voltage doublers and can generate output voltages up to +18.6V with a +10V input.

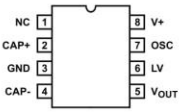
Contained on the chip are a series DC supply regulator, RC oscillator, voltage level translator, and four output power MOS switches. A unique logic element senses the most negative voltage in the device and ensures that the output N-Channel switch source-substrate junctions are not forward biased. This assures latchup free operation.

The oscillator, when unloaded, oscillates at a nominal frequency of 10kHz for an input supply voltage of 5.0V. This frequency can be lowered by the addition of an external capacitor to the OSC terminal, or the oscillator may be overdriven by an external clock.

The LV terminal may be tied to GROUND to bypass the internal series regulator and improve low voltage (LV) operation. At medium to high voltages of +3.5V to +10.0V, the LV pin is left floating to prevent device latchup.

Pinouts

ICL7660
(8 LD PDIP, SOIC)
TOP VIEW



Features

- Simple Conversion of +5V Logic Supply to ±5V Supplies
- Simple Voltage Multiplication (V_{OUT} = (-) nV_{IN})
- Typical Open Circuit Voltage Conversion Efficiency 99.9%
- Typical Power Efficiency 98%
- Wide Operating Voltage Range of 1.5V to 10.0V
- Easy to Use - Requires Only Two External Non-Critical Passive Components
- No External Diode Over Full Temperature and Voltage Range
- Pb-Free Plus Anneal Available (RoHS Compliant)

Applications

- On Board Negative Supply for Dynamic RAMs
- Localized µProcessor (8080 Type) Negative Supplies
- Inexpensive Negative Supplies
- Data Acquisition Systems

Related Literature

For a full list of related documents, visit our website:

- ICL7660 device page

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage . . . . . +10.5V
LV and OSC Input Voltage . . . . . -0.3V to (V+ +0.3V) for V+ < 5.5V
(Note 6) . . . . . (V+ -5.5V) to (V+ +0.3V) for V+ > 5.5V
Current into LV (Note 6) . . . . . .20µA for V+ > 3.5V
Output Short Duration ($V_{SUPPLY} \leq 5.5V$) . . . . . Continuous

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 4)	θ_{JA} (°C/W)	θ_{JC} (°C/W)
PDIP Package (Note 5)	110	N/A
SOIC Package	160	N/A

Maximum Storage Temperature Range . . . . . -65°C to 150°C
Pb-Free Reflow Profile (Note 5) TB493

Operating Conditions

Temperature Range . . . . . 0°C to 70°C

CAUTION: *Do not operate at or near the maximum ratings listed for extended periods of time. Exposure to such conditions can adversely impact product reliability and result in failures not covered by warranty.*

NOTES:

4. **θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.**
5. Pb-free PDIPs can be used for through hole wave solder processing only. They are not intended for use in Reflow solder processing applications.

Electrical Specifications

V+ = 5V, T_A = 25°C, C_{OSC} = 0, Test Circuit Note 7, Figure 11 on page 6 unless otherwise specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Current	I+	$R_L = \infty$	-	170	500	µA
Supply Voltage Range - Lo	V_L+	MIN ≤ T_A ≤ MAX, R_L = 10kΩ, LV to GND	1.5	-	3.5	V
Supply Voltage Range - Hi	V_H+	MIN ≤ T_A ≤ MAX, R_L = 10kΩ, LV to Open	3.0	-	10.0	V
Output Source Resistance	R_{OUT}	I_{OUT} = 20mA, T_A = 25°C	-	55	100	Ω
		I_{OUT} = 20mA, 0°C ≤ T_A ≤ 70°C	-	-	120	Ω
		I_{OUT} = 20mA, -55°C ≤ T_A ≤ 125°C	-	-	150	Ω
		I_{OUT} = 20mA, -40°C ≤ T_A ≤ 85°C	-	-	-	Ω
		V^+ = 2V, I_{OUT} = 3mA, LV to GND 0°C ≤ T_A ≤ 70°C	-	-	300	Ω
		V+ = 2V, I_{OUT} = 3mA, LV to GND, -55°C ≤ T_A ≤ 125°C	-	-	400	Ω
Oscillator Frequency	f_{OSC}		-	10	-	kHz
Power Efficiency	P_{EF}	R_L = 5kΩ	95	98	-	%
Voltage Conversion Efficiency	$V_{OUT\ EF}$	$R_L = \infty$	97	99.9	-	%
Oscillator Impedance	Z_{OSC}	V+ = 2V	-	1.0	-	MΩ
		V = 5V	-	100	-	kΩ

NOTES:

6. Connecting any input terminal to voltages greater than V+ or less than GND may cause destructive latchup. It is recommended that no inputs from sources operating from external supplies be applied prior to "power up" of the ICL7660.
7. In the test circuit, there is no external capacitor applied to pin 7. However, when the device is plugged into a test socket, there is usually a very small but finite stray capacitance present, of the order of 5pF.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS

Mohammad Syahrian Adil Al Baid adalah nama lengkap penulis. Penulis adalah anak pertama dari 2 bersaudara. Lahir di Tulungagung, pada tanggal 22 Agustus 1997. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN 2 Botoran (lulus tahun 2010), kemudian menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Tulungagung (lulus tahun 2013), setelah itu melanjutkan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Kedungwaru Tulungagung jurusan IPA (lulus tahun 2016). Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan bidang studi Elektronika. Selama duduk di bangku perkuliahan penulis aktif dalam berkegiatan baik akademik maupun non-akademik. Seperti mengikuti organisasi maupun kepanitiaan baik di dalam kampus maupun di lur kampus.

Email : syahrianadil22@gmail.com