



**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KUALITAS TAPE SINGKONG
DENGAN SENSOR MQ 3 DAN SENSOR LDR BERBASIS *FUZZY LOGIC***

SKRIPSI

oleh:

**Mohammad Noufal Abdillah
NIM 111910201079**

**PROGAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KUALITAS TAPE SINGKONG
DENGAN SENSOR MQ 3 DAN SENSOR LDR BERBASIS *FUZZY LOGIC***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Elektro dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh:

Mohammad Noufal Abdillah
NIM 111910201079

**PROGAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak Agus Sumantri, Ibu Tutuk Mudjiastuti, Athar Zaif Zairozie, Kemal Abdi Imansyah yang selalu mendoakan dan mendukung moral dan materi.
2. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Bapak Satryo Budi Utomo, S.T., M.T. selaku DPU dan Bapak Widjonarko, S.T., M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak Sumardi, S.T.,M.T. selaku dosen Penguji I dan Bapak Mohamad Agung Prawira Negara, S.T., M.T. selaku dosen penguji II yang telah senang tiasa menyempatkan waktunya untuk mengoreksi demi selesainya skripsi ini.
4. Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2011 dan Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Apabila Rosulullah Sholallahu'alaihiwasallam menemui suatu kesulitan, maka beliau segera mengerjakan Sholat.
(HR. Abu Dawud)

“(yaitu) orang-orang yang beriman dan hati mereka menjadi tenteram dengan mengingat Allah. Ingatlah, hanya dengan mengingat Allah-lah hati menjadi tenteram”.
(QS. Ar-Ra'd : 28)

Kurangi kesenanganmu di dunia agar kurang kedukaanmu di akhirat.
(Imam Syafi'i)

Bila kamu tak tahan lelahnya belajar, bersiaplah menanggung perihnya kebodohan.
(Imam Syafi'i)

Jangan takut jatuh, karena yang tidak pernah memanjatlah yang tidak pernah jatuh.
Jangan takut gagal, karena yang tidak pernah gagal hanyalah orang yang tidak pernah melangkah. Jangan takut salah, karena dengan kesalahan yang pertama kita dapat menambah pengetahuan untuk mencari jalan yang benar pada langkah kedua.
(Buya Hamka)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Noufal Abdillah

NIM : 111910201079

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kualitas Tape Singkong dengan Sensor Mq 3 dan Sensor Ldr Berbasis Fuzzy Logic*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan yang sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 April 2016

Yang menyatakan,

Mohammad Noufal A

NIM 111910201079

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KUALITAS TAPE SINGKONG
DENGAN SENSOR MQ 3 DAN SENSOR LDR BERBASIS *FUZZY LOGIC***

Oleh

Mohammad Noufal Abdillah
NIM 111910201079

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Satryo Budi Utomo, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Widjonarko, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kualitas Tape Singkong dengan Sensor MQ3 dan Sensor LDR Berbasis Fuzzy Logic*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

hari, tanggal : Kamis, 28 April 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Satrio Budi Utomo, S.T.,M.T.
NIP 19850126 200801 1 002

Widjonarko, S.T., M.T.
NIP 19710908 199903 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Sumardi S.T., M.T.
NIP 19670113 199802 1 001

Mohamad Agung P. N., S.T., M.T.
NIP 19871217 201212 1 003

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M
NIP 19661215 199503 2 001

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kualitas Tape Singkong dengan Sensor MQ3 dan Sensor LDR Berbasis Fuzzy Logic

Mohammad Noufal Abdillah

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Fermentasi dapat didefinisikan sebagai proses metabolisme dimana akan terjadi perubahan-perubahan kimia dalam substrat organik, kegiatan atau aktivitas mikroba yang membusukkan bahan-bahan yang difermentasi. Salah satu cara pengolahan makanan secara tradisional yang dilakukan adalah fermentasi. Salah satu makanan hasil fermentasi adalah tape singkong yang berasal dari singkong. Pada hasil fermentasi singkong menjadi tape terdapat kandungan alkohol dan gula yang tidak diketahui berapa kadarnya. Menurut Permenkes RI No. 86/Menkes/Per/IV/1997 tentang minuman keras batas alkohol yang boleh terkandung dalam minuman atau makanan maksimal adalah sebesar 5%. Sedangkan batas konsumsi maksimal gula untuk orang dewasa menurut WHO adalah 50 gram per orang perhari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas tape singkong berdasarkan kadar alkohol dan kadar gula yang terkandung. Dimana untuk kadar alkohol dan kadar gula akan dilakukan pengambilan data selama 5 hari dengan kelipatan 24 jam terhitung sejak proses peragian singkong. Rata-rata *error* persen yang dihasilkan pada saat pengukuran kadar alkohol adalah 3,6%. Sedangkan saat pengukuran kadar gula rata-rata *error* persennya adalah 5,83%. *Error* persen ini bisa disebabkan karena faktor sensitifitas sensor itu sendiri.

Kata kunci: alkohol, fermentasi, gula, tape singkong.

*Design Quality Detectoin for Fermentation of Cassava with MQ3 Sensor and LDR
Sensor Based Fuzzy Logic*

Mohammad Noufal Abdillah

Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University

ABSTRACT

Fermentation can be defined as the metabolic process which will occur chemical changes in the organic substrate, the activity of microbes to decompose the materials are fermented. One way of processing food is traditionally done is fermented. One of the fermented food is cassava derived from cassava. In fermented cassava into tape contained alcohol and sugar content of which is not known how many levels. according Permenkes No. 86 / Menkes / Per / IV / 1997 on liquor should limit alcohol contained in beverages or food maximum is 5%. While the maximum limit sugar consumption for adults, according to WHO is 50 grams per person per day. This study aims to determine the quality of cassava based alcohol content and the sugar contained. Where to alcohol content and sugar content will be collecting data for 5 days with a multiple of 24 hours of fermentation process cassava . The average error per cent is generated at the time of measuring the alcohol content is 3.6 % . Meanwhile, when the measurement of sugar content per cent of the average error is 5.83% . Error percent can be caused because of the sensitivity of the sensor itself

Key words: alcohol, cassava ,fermentation sugar.

RINGKASAN

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kualitas Tape Singkong dengan Sensor MQ3 dan Sensor LDR Berbasis *Fuzzy Logic*; Mohammad Noufal Abdillah; 111910201079; 2016; 65 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Fermentasi dapat didefinisikan sebagai proses metabolisme dimana akan terjadi perubahan-perubahan kimia dalam substrat organik, kegiatan atau aktivitas mikroba yang membusukkan bahan-bahan yang difermentasi. Perubahan kimia tergantung pada macam bahan, macam mikroba, pH, suhu, adanya aerasi atau perlakuan lain yang berbeda dengan faktor-faktor diatas, misalnya penambahan- penambahan bahan tertentu untuk menggiatkan fermentasi. Begitu juga pada fermentasi pada singkong atau yang biasa dikenal dengan tape singkong. Hasil fermentasi tape singkong akan mengakibatkan perubahan tekstur dan rasa pada singkong. Begitu juga kandungan didalamnya yaitu dengan munculnya kadar alkohol dan kadar gula yang semakin besar. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi kualitas kadar alkohol dan gula pada tape singkong sesuai dengan batas konsumsi alkohol dan gula itu sendiri dari pemerintah.

Alat ini menggunakan sensor MQ3 untuk mendeteksi kadar alkohol tape singkong. Sedangkan untuk mengukur kadar gula dengan menggunakan sensor LDR. Untuk sensor gula sendiri menggunakan 2 lensa polaris. Dimana lensa pertama berfungsi untuk menyaring cahaya yang diletakkan didepan tabung objek dan lensa kedua sebagai analisator. Selain itu digunakan sinar laser yang dimana laser ini akan melewati lensa pertama lalu tabung objek yang berisi sari tape singkong dan lensa kedua. Sinar laser yang telah melewati bagian tersebut akan dibaca oleh sensor LDR sehingga kadar gula yang terkandung pada tape singkong dapat dideteksi sesuai dengan perubahan nilai ADC.

Dari semua data yang telah diambil mulai dari 24 jam peragian sampai 120 jam peragian, kadar alkohol pada 24 jam setelah peragian masih kecil dengan rata-rata 1,01% sedangkan kadar gula cukup tinggi yaitu 253,18mg/dl. Adapun rata-rata *error* dari semua data yng diambil saat pengukuran kadar alkohol adalah 3,6%. Sedangkan pada saat pengukuran kadar gula rata-rata *error* adalah 5,83%. *Error* persen ini bisa disebabkan karena faktor sensitifitas sensor itu sendiri.



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala rahmat, bimbingan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan pencerahan serta pertolongan;
2. Bapak Ir.Widyono Hadi, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto S.T, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
4. Bapak Satryo Budi Utomo, S.T., M.T. selaku DPU dan Bapak Widjonarko, S.T., M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Bapak Sumardi, S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan bapak Mohamad Agung Prawira Negara, S.T., M.T. selaku dosen penguji II;
6. Seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah memberikan ilmu serta bimbingan moral selama masa studi;
7. Bapak Agus Sumatri dan Ibu Tutuk Mudjiastuti yang selalu mendoakan, mencurahkan kasih sayangnya, mendidik saya, dan memperkuat mental;
8. Athar Zaif Zairoaie dan Kemal Abdi Imansyah yang saya sayangi;
9. Ervina Yenny Rosita Dewi yang selalu memberi saya dukungan;
10. Teman-teman kuri-kuri Bahtiar, Kiki, Anis, Intan, Reza, Virzon, Lukman, dan Hafidi yang selalu menghibur, memotivasi, dan memberikan semangat;
11. Teman-teman grup traktiran SMA Fajri, Cin, Martin, dan Iva yang selalu menghibur saya;

12. Teman–teman elka yang setia membantu, berbagi ilmu, dan bekerja sama demi menyelesaikan tugas kuliah;
13. Seluruh teman–teman elektro 2011 yang saya sayangi;
14. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini agar dapat menjadi referensi yang memberikan manfaat bagi semua pihak. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca dan bagi penulis sendiri pada khususnya dan semoga Allah SWT memberikan yang terbaik untuk kita semua, Amin.

Jember, 28 April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tape Singkong	4
2.1.1 Singkong (<i>Manihot utilissima Pohl</i>)	4
2.1.2 Pembuatan Tape Singkong	6
2.2 Alkohol	7
2.3 Gula	8

2.4 Teori Cahaya	10
2.5 Polarisasi Cahaya	13
2.5.1 Polarisasi Pada Kristal.....	15
2.5.2 Polarisasi Pada Pemantulan dan Pembiasan.....	17
2.5.3 Polarisasi Pembiasan Ganda.....	18
2.5.4 Polarisasi dengan Hamburan	19
2.6 Zat Optis Aktif	20
2.7 Sensor MQ3	21
2.8 Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>)	23
2.8.1 Karakteristik Sensor LDR	23
2.8.2 Cara Kerja Sensor LDR.....	24
2.9 Fuzzy Logic	24
2.9.1 Pengertian.....	25
2.9.2 Sejarah Perkembangan Logika Fuzzy	29
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Jenis Penelitian	30
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.3 Alat dan Bahan	30
3.3.1 <i>Hardware</i>	30
3.3.2 <i>Software</i>	31
3.4 Tahapan Penelitian	31
3.5 Perancangan Sistem	32
3.3.1 <i>Diagram Blok</i>	32
3.3.2 <i>Flowchart</i>	33
3.6 Sistem Alat	35
3.7 Desain Alat	36
3.8 Alat yang Dihasilkan	37
3.9 Perhitungan Logika Fuzzy pada Alat	38

3.9.1 Proses Fuzzyfikasi	38
3.9.2 <i>Rule base</i>	40
3.9.3 Defuzzyfikasi.....	42
3.10 Kalibrasi Sensor	43
3.10.1 Kalibrasi Sensor MQ3	43
3.10.2 Kalibrasi Sensor Gula	44
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Pengujian Perangkat Keras	46
4.1.1 Pengujian Sensor Gula	46
4.1.2 Pengujian Sensor MQ3.....	46
4.2 Pengujian Perangkat Lunak.....	50
4.2.1 Pengujian Program Sensor MQ3	51
4.2.2 Pengujian Program Sensor Gula.....	52
4.3 Pengujian Keseluruhan Alat.....	53
BAB 5. PENUTUP.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi kandungan kimia singkong (per 100 gram).....	5
3.1 Konversi Nilai ADC sensor MQ3 dan sadar alkohol	43
3.2 Konversi nilai ADC Sensor Gula (LDR) dengan kadar gula	44
4.1 Data Sensor MQ3	47
4.2 Data Sensor Gula	49
4.3 Perbandingan Data Kadar Alkohol dan Kadar Gula dengan kualitas dari Tape Singkong	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Daun dan bunga singkong	4
2.2 Singkong	4
2.3 Contoh alkohol primer	7
2.4 Contoh alkohol sekunder	8
2.5 Contoh alkohol tersier.....	8
2.6 a) Struktur fruktosa b) Struktur glukosa	9
2.7 Gelombang tali yang terpolarisasi	14
2.8 Polarisasi linear.....	14
2.9 a) Polarisator dan analisator dipasang sejajar b) Polarisator dan analisator dipasang bersilangan	15
2.10 a) Analisator yang membentuk sudut terhadap arah transmisi gelombang b) Polarisator dan analisatro membentuk sudut θ c) Arah polarisator dalam sumbu cartesian.....	16
2.11 Polarisasi pada pemantulan dan pembiasan.....	18
2.12 Polarisasi pada pembiasan ganda.....	19
2.13 Struktur glukosa, galaktosa, dan fruktosa.....	20
2.14 Sensor MQ-3.....	21
2.15 <i>Driver</i> rangkaian Sensor MQ 3.....	22
2.16 Karakteristik Sensor MQ 3 terhadap berbagai jenis gas.....	22
2.17 Sensor LDR	23
2.18 Konsep dasar logika fuzzy	27
2.19 Pengelompokan beberapa hewan ke himpunan ikan	27
2.20 Pengelompokan umur ke himpunan kategori usia <i>crisp logic</i>	28
3.1 Blok diagram alat pendeteksi kualitas tape singkong.....	33
3.2 <i>Flowchart</i> sistem kerja alat keseluruhan	34

3.3	Desain alat bagian luar.....	36
3.4	Desain alat bagian dalam.....	36
3.5	Variabel Alkohol.....	38
3.6	Variabel Gula.....	39
3.7	Fungsi Keanggotaan <i>Output</i>	42
3.8	Grafik pengujian sensor MQ3.....	44
3.9	Grafik pengujian Sensor Gula.....	45
4.1	Tampilan Layar Program MQ3 dan Hasil Pembacaan Sensor.....	52
4.2	Tampilan Layar Program Sensor Gula (LDR) dan Hasil Pembacaan Sensor.....	43

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pengolahan pangan secara tradisional sudah dikenal lama. Salah satu cara pengolahan makanan secara tradisional yang dilakukan adalah fermentasi. Fermentasi telah lama dilakukan dan merupakan salah satu cara pemrosesan dan bentuk pengawetan makanan tertua (Achi, 2005). Fermentasi dapat didefinisikan sebagai proses metabolisme dimana akan terjadi perubahan-perubahan kimia dalam substrat organik, kegiatan atau aktivitas mikroba yang membusukkan bahan-bahan yang difermentasi. Perubahan kimia tergantung pada macam bahan, macam mikroba, pH, suhu, adanya aerasi atau perlakuan lain yang berbeda dengan faktor-faktor diatas, misalnya penambahan- penambahan bahan tertentu untuk menggiatkan fermentasi. Sehingga memungkinkan makanan lebih bergizi, lebih mudah dicerna, lebih aman, dapat memberi rasa yang lebih baik dan memberikan tekstur tertentu pada produk pangan.

Salah satu makanan hasil fermentasi adalah tape singkong yang berasal dari singkong. Pada hasil fermentasi singkong menjadi tape terdapat kandungan alkohol dan gula yang tidak diketahui berapa kadarnya. Padahal menurut Permenkes RI No. 86/Menkes/Per/IV/1997 tentang minuman keras terbagi dalam 3 golongan yaitu Golongan A, merupakan Minuman yang mengandung kadar alkohol/etanol (C_2H_5OH) 1% sampai dengan 5% pada suhu $20^{\circ}C$. Golongan B, yaitu Minuman yang mengandung kadar alkohol/etanol (C_2H_5OH) di atas 5% sampai dengan 20% pada suhu $20^{\circ}C$. Golongan C, yaitu Minuman yang mengandung kadar alkohol/etanol (C_2H_5OH) di atas 10% sampai dengan 55% pada suhu $20^{\circ}C$. Berdasarkan golongan tersebut yang diawasi oleh pemerintah adalah golongan B dan C. Pengawasan dilakukan dalam hal produksi dan penjualannya di Indonesia. Sehingga dapat diketahui peredaran minuman beralkohol di Indonesia yang diperbolehkan yaitu golongan A.

Sedangkan batas konsumsi gula perhari menurut rekomendasi WHO tahun 2003 adalah 10% dari total energi, setara dengan 50 gram per orang perhari. Untuk

mengetahui kadar alkohol dan gula pada tape, dirancang sebuah alat yang dapat mendeteksi kandungan alkohol dan gula pada tape. Pemilihan objek tape dikarenakan tape merupakan salah satu makanan hasil fermentasi dimana terdapat kandungan alkohol dan gula yang tidak diketahui berapa kadarnya. Sehingga pembuatan alat pendeteksi kualitas tape ketan diharapkan dapat mengetahui kadar alkohol dan gula, serta dapat menentukan kualitas dari tape tersebut berdasarkan lama waktu penyimpanan dan suhu tempat penyimpanannya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya “Sistem Pendeteksi Kadar Alkohol Pada Minuman Beralkohol Dengan Tampilan LCD” dan “Desain Model Mekanik Alat Ukur Glukosa Pada Sari Buah”, saya mencoba menggabungkan dua jurnal tersebut dengan menggunakan logika Fuzzy tetapi bahan yang dideteksi adalah tape singkong. Alasan penggunaan logika fuzzy karena metode pengendalian dengan logika fuzzy mempunyai kelebihan dibandingkan dengan jenis pengendalian lainnya. Konsep matematis yang mendasari penalaran logika fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kadar alkohol adalah sensor MQ3. Sensor MQ3 merupakan sensor sederhana yang dapat mengkonversi perubahan konduktivitas untuk suatu sinyal keluaran atau *output* yang sesuai dengan konsentrasi gas. Sensor tersebut bekerja saat saklar diaktifkan kemudian keluaran sensor diolah dan hasilnya dikonversi oleh rangkaian ADC (*Analog Digital Converter*). ADC berfungsi untuk mengkonversikan data analog keluaran sensor gas yang dikuatkan menjadi data digital 8 bit . *Output* dari ADC diproses oleh mikrokontroler yang digunakan dalam pengiriman dan penerimaan data. Sedangkan untuk mengukur kadar gula menggunakan sensor LDR berdasarkan teori polrisasi cahaya

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah yang ada maka dapat ditentukan rumusan masalahnya sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara membuat alat pendeteksi kualitas tape singkong?
- b. Bagaimana implementasi *fuzzy logic* pada alat pendeteksi kualitas tape singkong?

1.3 Tujuan

Dalam penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa tujuan diantaranya :

- a. Merancang alat pendeteksi kualitas tape singkong.
- b. Mengetahui keefektifan alat dalam mendeteksi kualitas tape singkong.

1.4 Batasan masalah

Mengingat kompleksnya permasalahan yang berkaitan dengan proses pendeteksi kandungan ethanol dan gula pada tape singkong, maka harus dilakukan pembatasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini :

- a. Makalah ini hanya akan membahas bagaimana prinsip kerja alat pendeteksi kualitas tape singkong.
- b. Kontrol yang akan digunakan adalah *Fuzzy Logic*.

1.5 Manfaat

Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat antara lain sebagai:

- a. Bahan studi perbandingan dan pengembangan teknologi dalam bidang medis.
- b. Memberikan informasi mengenai alternatif cara pendeteksian kandungan ethanol dan gula pada makanan dengan menggunakan sensor gas, polarisasi cahaya, dan logika fuzzy.
- c. Mengetahui langkah-langkah sistem pendeteksi kualitas tape singkong.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tape Singkong

2.1.1. Singkong (*Manihot utilissima* Pohl)

Singkong yang juga dikenal sebagai ketela pohon atau ubi kayu, dalam bahasa Inggris bernama *cassava*, adalah pohon tahunan tropika dan subtropika dari keluarga *Euphorbiaceae*. Umbinya dikenal luas sebagai makanan pokok penghasil karbohidrat dan daunnya sebagai sayuran. Tumbuhan ini merupakan umbi atau akar pohon yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm, tergantung dari jenis singkong yang ditanam. Daging umbinya berwarna putih atau kekuning-kuningan. Singkong tidak tahan simpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Gejala kerusakan ditandai dengan keluarnya warna biru gelap akibat terbentuknya asam sianida yang bersifat racun.



Gambar 2.1 Daun singkong

(<http://jurnalmanajemenkesehatan.blogspot.sg/2013/03/4-manfaat-dan-kandungan-daun-singkong.html>)



Gambar 2.2 Singkong

(<http://sekedarcatan.net/2015/01/08/khasiat-singkong-untuk-obat-mengatasi-kanker/>)

Adapun Singkong dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 2005):

Kerajaan	: <i>Plantae</i>
Divisio	: <i>Spermatophyta atau tumbuhan berbiji</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae atau biji berkeping dua</i>
Ordo	: <i>Euphorbiales</i>
Familia	: <i>Euphorbiaceae</i>
Genus	: <i>Manihot</i>
Spesies	: <i>M. esculenta</i>
Nama binomial	: <i>Manihot esculenta Crantz</i>

Singkong mempunyai komposisi kandungan kimia (per 100 gram) dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi kandungan kimia singkong (per 100 gram)

Kandungan Kimia	Jumlah
Kalori	146,00 kal
Protein	1,20 gram
Air	62,50 gram
Phospor	40,00 mg
Karbohidrat	38,00 gram
Lemak	0,30 gram
Hidrat arang	34,7 gram
Kalsium	33,00 mg
Zat besi	0,7 mg
Vitamin	B1 0,06 mg

Sumber : Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Singkong merupakan sumber energi yang kaya karbohidrat namun sangat miskin protein. Sumber protein yang bagus justru terdapat pada daun singkong karena

mengandung (per 100 gram) : Vitamin A 11000 SI, Vitamin C 275 mg, Vitamin B1 0,12 mg, Kalsium 165 mg, Kalori 73 kal, Fosfor 54 mg, Protein 6,8 gram, Lemak 1,2 gram, Hidrat arang 13 gram, Zat besi 2 mg, asam amino metionin dan 87 % bagian daun dapat dimakan. Buah singkong mengandung (per 100 gram): Vitamin B1 0,06 mg, Vitamin C 30 mg dan 75 % bagian buah dapat dimakan. Sedangkan Kulit batang singkong mengandung tanin, enzim peroksidase, glikosida dan kalsium oksalat (Anonymous, 2007).

Singkong juga banyak mengandung glukosa dan dapat dimakan mentah. Rasanya sedikit manis, ada pula yang pahit tergantung pada kandungan racun glukosida yang dapat membentuk asam sianida. Singkong yang rasanya manis menghasilkan paling sedikit 20 mg HCN per kilogram singkong yang masih segar, dan 50 kali lebih banyak pada singkong yang rasanya pahit. Pada jenis singkong yang manis, proses pemasakan sangat diperlukan untuk menurunkan kadar racunnya.

2.1.2 Pembuatan Tape Singkong

Saat pembuatan tape, karbohidat mengalami proses peragian oleh mikroba atau jasad renik tertentu, sehingga sifat-sifat bahan berubah menjadi lebih enak dan sekaligus mudah dicerna (Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 2005).

Pada pembuatan tape singkong secara tradisional, pertama singkong kupas lalu dicuci, kemudian ditanak. Setelah dingin dicampur dengan ragi, kemudian dimasukkan dalam wadah yang dilapisi daun pisang lalu difermentasi. Terjadilah proses fermentasi yang mengubahnya menjadi tape. Pada saat peragian ini, terjadi perubahan bentuk dari pati menjadi glukosa yang pada akhirnya menghasilkan alkohol.

Sebenarnya semua makanan yang mengandung karbohidrat bisa diolah menjadi tape. Tetapi sampai sekarang yang sering diolah adalah ketan dan singkong (berdaging putih atau kuning). Tape dari singkong yang berdaging kuning lebih enak dari pada yang berwarna putih, karena singkong berwarna kuning dagingnya lebih

halus tanpa ada serat-serat yang kasar. Menurut Bambang Admadi Harsojuwono dalam Arixs (2005) daging singkong yang berwarna kuning bukan hanya lebih enak tetapi mempunyai kandungan vitamin A yang cukup tinggi.

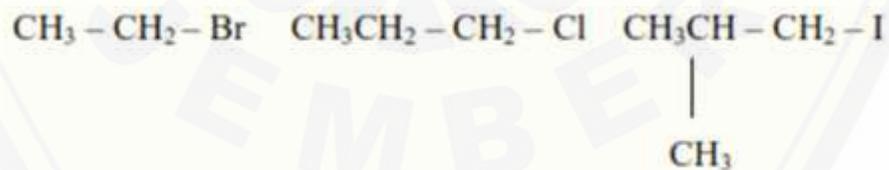
Proses fermentasi tape singkong harus dilakukan secara optimal. Selain memilih bahan dasar singkong yang baik, proses pembuatan tape singkong harus benar. Ragi yang digunakanpun harus bermutu tinggi, karena ragi merupakan bahan utama dalam proses pembuatan tape. Kesterilan ragi dan bahan dasar pembuatan tape singkong ketika akan digunakan sangat penting. Hal ini bertujuan agar tidak dicemari bakteri lain. Karena jika dalam proses pembuatan tape singkong dicemari bakteri lain maka proses fermentasi akan terhambat. Sehingga tape akan mengeluarkan bakteri yang sering mengeluarkan racun yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

2.2 Alkohol

Alkohol merupakan senyawa organik yang mempunyai gugus $-OH$ yang terkait pada atom C dari rangkaian alifatis atau siklik. Sebagian alkohol digunakan sebagai pelarut, mempunyai sifat asam lemah, mudah menguap dan mudah terbakar. Alkohol terbagi menjadi tiga macam, yaitu:

a. Alkohol Primer

Pada alkohol primer (1°), atom karbon yang membawa gugus $-OH$ hanya terikat pada satu gugus alkil. Beberapa contoh alkohol primer antara lain:



Gambar 2.3 Contoh alkohol primer

(Bertram: Farmakologi Dasar dan Klinik)

b. Alkohol Sekunder

Pada alkohol sekunder (2°), atom karbon yang mengikat gugus $-OH$

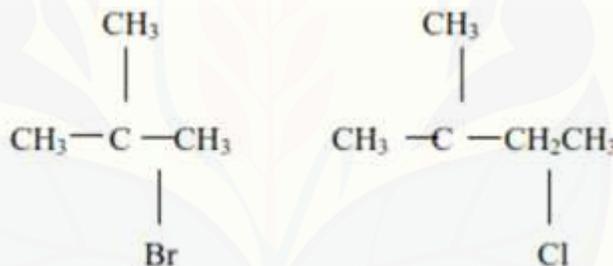
berikatan langsung dengan dua gugus alkil, kedua gugus alkil ini bisa sama atau berbeda. Contoh alkohol sekunder dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.4 Contoh alkohol sekunder
(Bertram: Farmakologi Dasar dan Klinik)

c. Alkohol Tersier

Pada alkohol tersier (3°), atom karbon yang mengikat gugus -OH berikatan langsung dengan tiga gugus alkil, yang bisa merupakan kombinasi dari alkil yang sama atau berbeda. Contohnya pada gambar 2.4.



Gambar 2.5 Contoh alkohol tersier
(Bertram: Farmakologi Dasar dan Klinik)

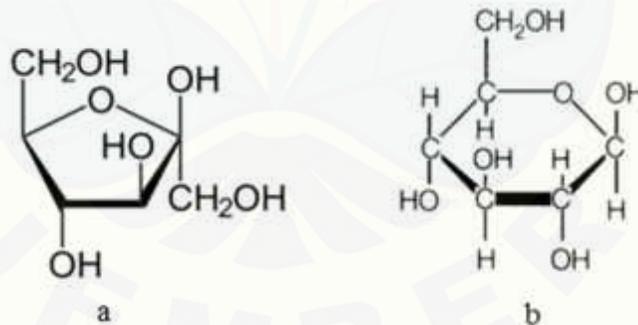
2.3 Gula

Gula adalah suatu karbohidrat sederhana yang menjadi sumber energi dan komoditi perdagangan utama. Gula paling banyak diperdagangkan dalam bentuk kristal sukrosa padat. Gula digunakan untuk mengubah rasa menjadi manis dan keadaan makanan atau minuman. Gula sederhana, seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim atau hidrolisis asam), menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel.

Gula sebagai sukrosa diperoleh dari nira tebu, bit gula, dan aren. Meskipun demikian, terdapat sumber-sumber gula minor lainnya, seperti kelapa. Sumber-sumber pemanis lain, seperti umbi dahlia, anggur, atau jagung, juga menghasilkan semacam gula/pemanis namun bukan tersusun dari sukrosa. Proses untuk menghasilkan gula mencakup tahap ekstraksi (pemerasan) diikuti dengan pemurnian melalui distilasi (penyulingan).

Beberapa gula misalnya glukosa, fruktosa, maltosa, sukrosa, dan laktosa mempunyai sifat fisik dan kimia yang berbeda-beda misalnya dalam hal rasa manisnya, kelarutan didalam air, daya pembentukan karamel jika dipanaskan dan pembentukan kristalnya.

Fungsi-fungsi gula dalam produk antara lain: sebagai bahan penambah rasa dan sebagai bahan perubah warna kulit produk (Subagjo, 2007). Ada tidaknya sifat pereduksi dari suatu molekul gula ditentukan oleh ada tidaknya gugus hidroksil (OH) bebas yang reaktif. Gugus hidroksil yang reaktif pada glukosa (aldosa) biasanya terletak pada karbon nomor satu (anomerik), sedangkan pada fruktosa (ketosa) hidroksil reaktifnya terletak pada karbon nomor dua.



Gambar 2.6 a) Struktur fruktosa b) Struktur glukosa

(<http://www.landasanteori.com/2015/09/pengertian-gula-jenis-dan-dampak-gula.html>)

Sukrosa tidak mempunyai gugus OH bebas yang reaktif karena keduanya sudah saling terikat, sedangkan laktosa mempunyai OH bebas pada atom C no. 1

pada gugus glukosanya. Karena itu, laktosa bersifat pereduksi sedangkan sukrosa bersifat nonpereduksi.

Sukrosa adalah oligosakarida yang mempunyai peran penting dalam pengolahan makanan dan banyak terdapat pada tebu, bit, siwalan, dan kelapa kopyor. Untuk industri-industri makanan biasa digunakan sukrosa dalam bentuk kristal halus atau kasar dan dalam jumlah yang banyak dipergunakan dalam bentuk cairan sukrosa (sirup). Pada pembuatan sirup, gula pasir (sukrosa) dilarutkan dalam air dan dipanaskan, sebagian sukrosa akan terurai menjadi glukosa dan fruktosa, yang disebut gula invert. Inversi sukrosa terjadi dalam suasana asam. Gula invert ini tidak dapat berbentuk kristal karena kelarutan fruktosa dan glukosa sangat besar (Winarno, 1992).

2.4 Teori Cahaya

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik menjadi sumber berjalannya kehidupan di bumi bahkan di seluruh alam semesta ini. Karena tanpa adanya cahaya kehidupan juga tidak ada. Sebagai contoh cahaya merupakan syarat diperlukannya proses fotosintesis tumbuhan, yang akan menghasilkan sumber makanan. Jika tidak ada fotosintesis maka tumbuhan akan mati, jika tumbuhan mati maka hewan dan manusia juga akan mati. Cahaya dapat digunakan untuk melihat, belajar, menggunakan peralatan-peralatan, dapat mengukur jarak antar benda-benda angkasa, mengukur kedalaman laut, bahkan dapat mengintip benda angkasa yang tersembunyi di jagat raya yang sangat luas ini dan masih banyak lagi pemanfaatan cahaya dalam berbagai bidang.

Teori yang menjelaskan tentang cahaya banyak sekali berkembang mulai dari zaman Ptolomeus yang mempertanyakan tentang pembiasan hingga keemasan Islam masa Abu AH Hasan Ibn Al-Haitham (Al Hazen) sampai pada zaman Albert Einstein hingga sampai sekarang selalu mengalami perkembangan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Dari masing-masing ilmuwan tersebut saling melengkapi dan ada juga yang saling berbeda.

a. Masa Abu Ali Hasan Ibn Al-Haitham (965-1040)

Abu Ali Hasan Ibn Al-Haitham dikenal juga sebagai Alhazen, mengembangkan teorinya bahwa setiap titik pada daerah yang tersinari cahaya, mengeluarkan sinar cahaya ke segala arah, namun hanya satu sinar dari setiap titik yang masuk ke mata secara tegak lurus yang dapat dilihat. Cahaya lain yang mengenai mata tidak secara tegak lurus tidak dapat dilihat. Sebagai contoh dia menggunakan kamera lubang jarum yang menampilkan sebuah citra terbalik. Alhazen menganggap bahwa sinar cahaya adalah kumpulan partikel kecil yang bergerak pada kecepatan tertentu

b. Teori Partikel oleh Newton

Dalam hipotesisnya Isaac Newton (1675) menyatakan bahwa cahaya terdiri dari partikel halus/berukuran sangat kecil (*corpuscles*) yang memancar ke semua arah dari sumbernya dengan kecepatan sangat tinggi. Teori ini dapat digunakan untuk menerangkan pantulan cahaya, tetapi hanya dapat menerangkan pembiasan. Karena gravitasi yang lebih kuat cahaya menjadi lebih cepat ketika memasuki medium yang padat.

c. Teori Gelombang oleh Christian Huygens

Pada sekitar abad ke-17 Huygens menyatakan teorinya bahwa cahaya dipancarkan ke semua arah sebagai ciri-ciri gelombang. Dari prinsip Huygen dinyatakan bahwa "setiap titik pada muka gelombang dapat dianggap sebagai sumber gelombang-gelombang kecil yang menyebar maju dengan laju yang sama dengan laju gelombang itu sendiri. Muka gelombang yang baru merupakan sampul dari semua gelombang-gelombang kecil tersebut yaitu tangen (garis singgung) dari semua gelombang tersebut" (Giancoli, 2001). Pandangan ini bertentangan dengan teori partikel oleh Newton. Dengan teori ini berarti gelombang tidak diganggu oleh gravitasi, dan gelombang menjadi lebih lambat ketika memasuki medium yang lebih padat. Teori gelombang ini menjelaskan bahwa gelombang cahaya akan berinterferensi dengan gelombang cahaya yang lain seperti gelombang bunyi dan

cahaya dapat dipolarisasikan. Jika cahaya seperti gelombang bunyi berarti cahaya merambat memerlukan zat perantara. Inilah yang menjadikan kelemahan teori ini.

d. Teori Gelombang Elektromagnetik

Faraday mengusulkan pada tahun 1847 bahwa cahaya adalah getaran elektromagnetik berfrekuensi tinggi yang dapat bertahan walaupun tidak ada medium. Hal ini didasarkan pada percobaannya yang melewatkan sebuah sinar cahaya pada materi pemolarisasi dapat diubah oleh medan magnet. Kemudian pada akhir abad ke-19 James Clerk Maxwell, menyebutkan bahwa gelombang cahaya adalah gelombang elektromagnet sehingga tidak memerlukan medium untuk merambat. Pada permukaannya dianggap gelombang cahaya disebarkan melalui kerangka acuan yang tertentu, seperti aether, tetapi teori relativitas khusus dari Einstein menepis anggapan ini. Dari teori Maxwell ini cahaya dapat dibangkitkan oleh medan magnet dan medan listrik, yang ditunjukkan oleh persamaan medan magnet dan medan listrik dari Maxwell. Gelombang elektromagnet dapat merambat dengan atau tanpa zat perantara. Pernyataan ini didukung oleh penemuan-penemuan yang dilakukan oleh Frank Hertz (1857-1894) yang secara eksperimental ditemukannya sinar x, gelombang mikro, sinar gamma, dan yang lainnya.

e. Teori Kuantum Primitif

Teori kuantum diungkapkan oleh A Einstein pada abad ke-19 yang menyatakan bahwa cahaya terdiri dari paket-paket energi kuantum (kuantum) yang disebut dengan foton. Dari sini dapat dikatakan bahwa cahaya merupakan salah satu bentuk energi. Sesuai dengan mekanika Newtonian bahwa yang mempunyai energi adalah materi.

f. Teori Kuantum (Dualisme Cahaya)

Teori ini menganggap bahwa cahaya mempunyai dua sifat yaitu cahaya sebagai gelombang dan cahaya sebagai partikel. Cahaya sebagai gelombang dapat dibuktikan dengan adanya pemantulan (refleksi) yang sejak awal telah disinggung oleh Al-Haitam tentang cahaya yang datang dari benda menuju mata kita. Pelenturan cahaya (difraksi), pemaduan (berinterferensi) dan dipolarisasikan, yang dibuktikan

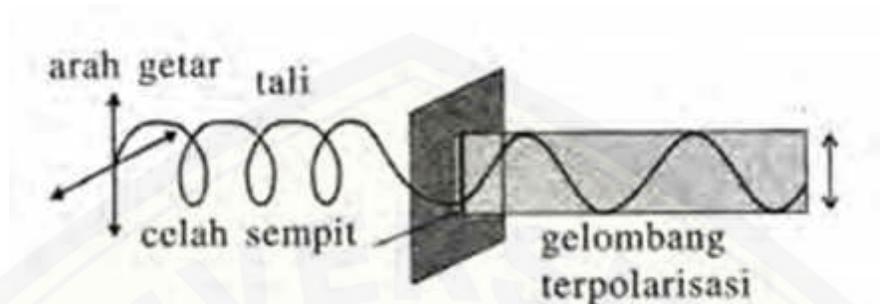
oleh eksperimen yang dilakukan oleh ilmuwan seperti Thomas Young (1773-1829) dan Agustin Fresnell (1788-1827). Percobaan yang dilakukan oleh Jeans Leon Foucoult (1819-1868) menyimpulkan bahwa cepat rambat cahaya dalam air lebih rendah dibandingkan kecepatannya di udara. Hal ini menunjukkan bahwa cahaya dapat dibelokkan (refraksi) jika cahaya melewati dua medium yang berbeda kerapatannya. Sifat-sifat ini adalah merupakan sifat dasar dari gelombang. Pada abad ini sifat cahaya sebagai gelombang telah mantap dan diakui para ilmuwan.

Namun ada beberapa percobaan dengan cahaya dan listrik yang tidak bisa diterangkan dengan sifat cahaya sebagai gelombang ini. Pada tahun 1888 Hallwachs mengamati bahwa suatu keeping logam Zn akan kehilangan muatan listrik negatifnya apabila disinari dengan cahaya ultraviolet. Namun jika muatan mula-mula keping adalah positif maka tidak akan terjadi kehilangan muatan. Kemudian keeping yang netral akan memperoleh muatan positif apabila disinari. Dari pengamatan ini diperoleh kesimpulan bahwa sinar ultraviolet akan mengeluarkan elektron dari keeping logam Zn ini. Eksperimen yang dilakukan Frank Hertz diutamakan bahwa pada celah transmitter terjadi apabila cahaya ultraviolet diarahkan pada salah satu bola logamnya. Terjadinya itu hanya apabila frekuensi cahaya cukup tinggi. Gejala ini disebut dengan efek foto listrik yang menafikkan teori bahwa cahaya sebagai gelombang. Gejala foto listrik dapat dijelaskan bahwa gelombang cahaya membawa energi, dan sebagian energi diserap oleh logam dapat terkonsentrasi pada elektron tertentu dan muncul sebagai energi kinetik.

2.5 Polarisasi Cahaya

Gelombang yang dapat mengalami gejala polarisasi hanyalah Gelombang transversal saja. Sebab gelombang transversal adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus arah perambatannya. Seperti yang terlihat pada gambar 2.7 Sebelum dilewatkan pada celah yang sempit vertikal tali menyimpang seperti spiral. Kemudian, setelah tali melewati celah dan hanya arah getar vertikal saja yang masih tersisa, sedangkan arah getar horizontal tali diredam atau diserap oleh celah yang

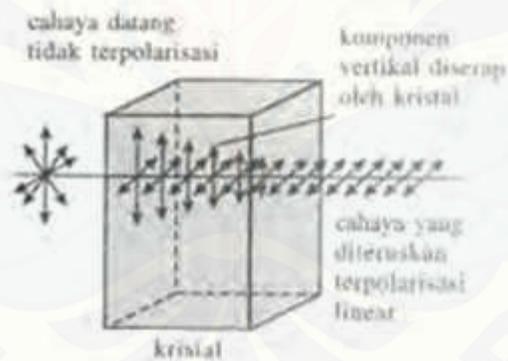
sempit tersebut. Gelombang yang keluar dari celah yang sempit tersebut disebut gelombang terpolarisasi.



Gambar 2.7 Gelombang tali yang terpolarisasi

(Drajat: Fisika untuk SMA/MA Kelas XII)

Maksud dari terpolarisasi adalah arah getar tersebut memiliki satu arah getar tertentu saja. Polarisasi yang terjadi pada satu arah saja disebut polarisasi linear.



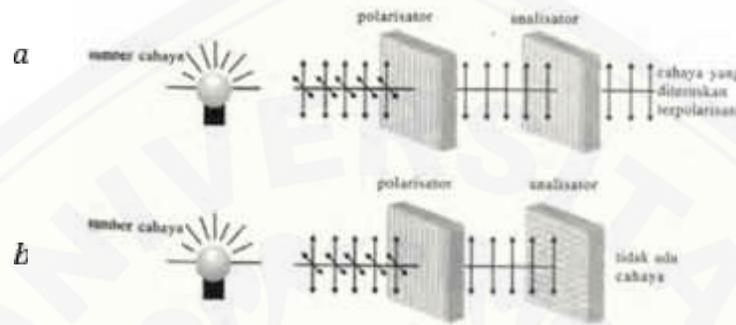
Gambar 2.8 Polarisasi linear

(Drajat: Fisika untuk SMA/MA Kelas XII)

Cahaya merupakan gelombang transversal dengan medan listrik E dan medan magnet B . Arah kecepatan perambatannya tegak lurus terhadap bidang yang dibentuk oleh arah getar E dan B . Arah polarisasi gelombang cahaya didefinisikan sebagai arah getar E bukan getar B . Misalkan, pada gelombang cahaya oleh lampu pijar, arah getar E adalah ke segala arah.

2.5.1 Polarisasi Pada Kristal

Cahaya alamiah (tidak terpolarisasi) apabila dilewatkan pada sebuah kristal maka arah getar cahaya yang keluar dari kristal hanya dalam satu arah saja sehingga disebut cahaya terpolarisasi linear. Seperti terlihat pada gambar 2.9.

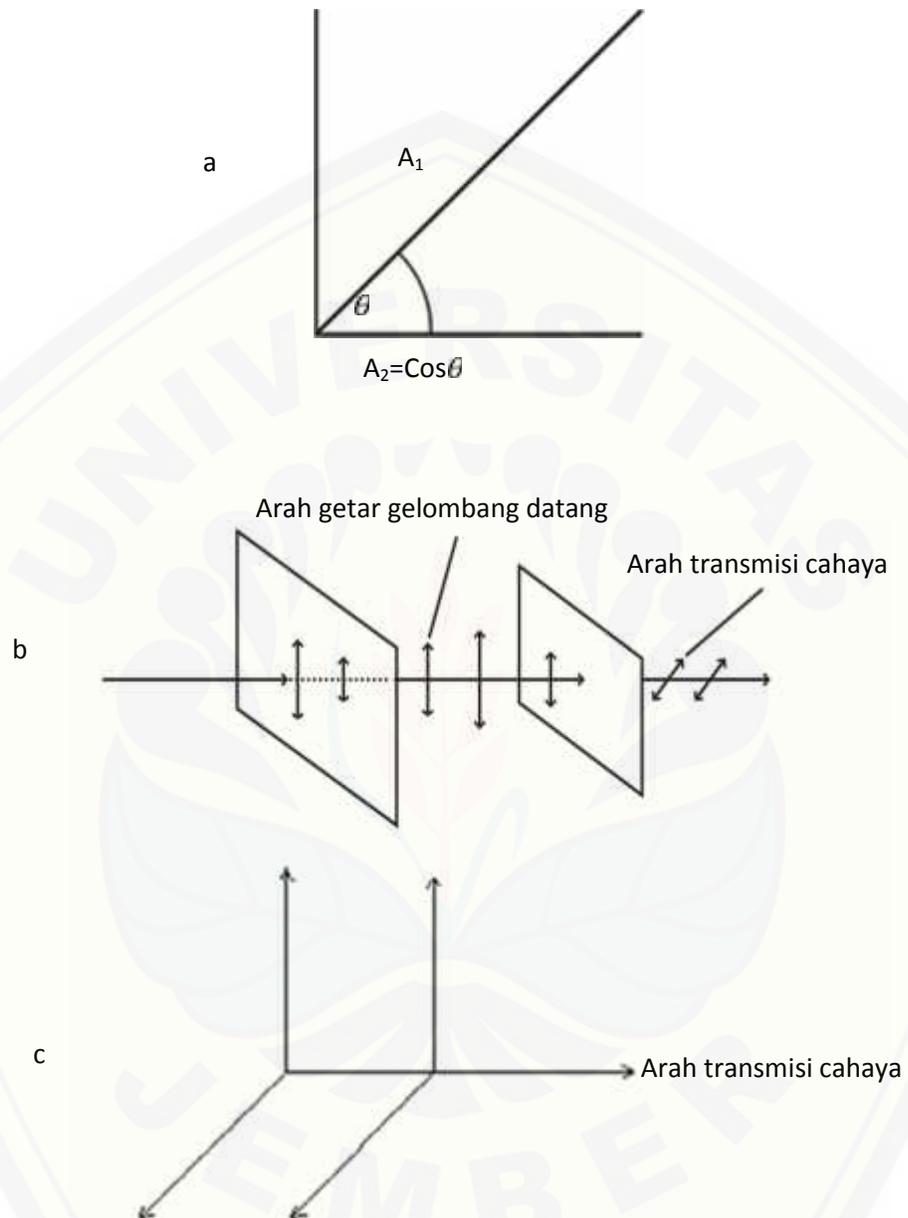


Gambar 2.9 a) Polarisator dan analisator dipasang sejajar b) Polarisator dan analisator dipasang bersilangan

(Drajat: Fisika untuk SMA/MA Kelas XII)

Gambar 2.9 menunjukkan susunan dua keping polaroid. Keping polaroid yang pertama disebut polarisator, sedangkan keping polaroid yang kedua disebut analisator. Arah getar tertentu yang dapat diteruskan oleh keping polaroid, sedangkan arah yang tegak lurus tidak diteruskan. Arah getar yang dapat diteruskan disebut arah polarisasinya.

Pada gambar (a) arah transmisi polarisator dan analisator sejajar dan gambar (b) arah transmisi analisator tegak lurus terhadap arah transmisi polarisator sehingga tidak ada getaran yang datang ke analisator yang dapat diteruskan. Apabila seberkas cahaya alamiah dengan intensitas I_0 dilewatkan pada sebuah polarisator ideal, intensitas cahaya yang dilewatkan adalah 50% atau $1/2I_0$. Akan tetapi, apabila keduanya dipasang bersilangan tidak ada intensitas cahaya yang lewat analisator. Apabila arah polarisasi analisator membuat sudut terhadap arah transmisi polarisator maka komponen arah getar cahaya terpolarisasi linear. Seperti terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 a) Analisator yang membentuk sudut terhadap arah transmisi gelombang b) Polarisator dan analisatro membentuk sudut θ c) Arah polarisator dalam sumbu cartesian

(Drajat: Fisika untuk SMA/MA Kelas XII)

Misalkan arah polarisasi, polarisator searah sumbu-y maka gelombang yang telah melewatinya memiliki getaran searah sumbu y. Jika arah polarisasi analisator jatuh searah sumbu y maka dikatakan polarisator dan analisator dipasang sejajar dan seluruh cahaya yang dilewatkan polarisator juga dilewatkan oleh analisator. Apabila arah polarisasi analisator saerah sumbu z, artinya sudutantara arah polarisasi polarisator dan analisator sebesar 90° maka dikatakan polariastor dan analisator dipasang bersilang dan tidak ada cahaya yang diteruskan analisator. Secara umum persamaan yang diperoleh percobaan diatas adalah:

$$I_1 = 1/2 I_0 \dots\dots\dots 2.1$$

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta \dots\dots\dots 2.2$$

$$I_2 = 1/2 I_0 \cos^2 \theta \dots\dots\dots 2.3$$

2.5.2 Polarisasi Pada Pemantulan dan Pembiasan

Seberkas cahaya alamiah dijatuhkan pada permukaan bidang batas dua cermin medium. Sebagian cahaya akan mengalami pembiasan dan sebagian lagi mengalami pemantulan. Sinar bias dan sinar pantul akan terpolarisasi sebagian. Apabila sinar datang diubah-ubah, pada suatu saat sinar bias dan sinar pantul membentuk sudut 90° . Pada keadaan ini, sudut sinar datang (i) disebut sudut polarisasi (i_p) karena sianr yang terpantul mengalami polarisasi sempurna (polarisasi linear).

Menurut Hukum Snellius:

$$n_1 \sin i_p = n_2 \sin r \text{ dengan } r + i_p = 90 \text{ atau } r = 90 - i_p \dots\dots\dots 2.4$$

Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

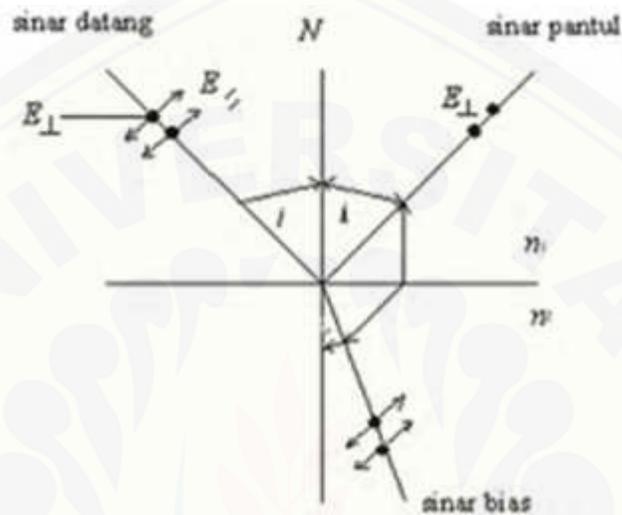
$$n_1 \sin i_p = n_2 \sin 90 - i_p \dots\dots\dots 2.5$$

$$n_1 \sin i_p = n_2 \cos i_p \quad \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \frac{n_2}{n_1} \text{ atau } \tan i_p = \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots 2.6$$

Sudut i_p disebut sudut polarisasi atau sudut Brewster yaitu pada saat sinar bias dan sinar pantul membentuk sudut 90° .

Getaran pada sinar datang dapat diuraikan menjadi dua komponen yaitu:

- Sejajar bidang datang E sejajar;
- Tegak lurus pada bidang datang E tegak lurus yang digambarkan dengan bintik hitam.



Gambar 2.11 Polarisasi pada pemantulan dan pembiasan

(Drajat: Fisika untuk SMA/MA Kelas XII)

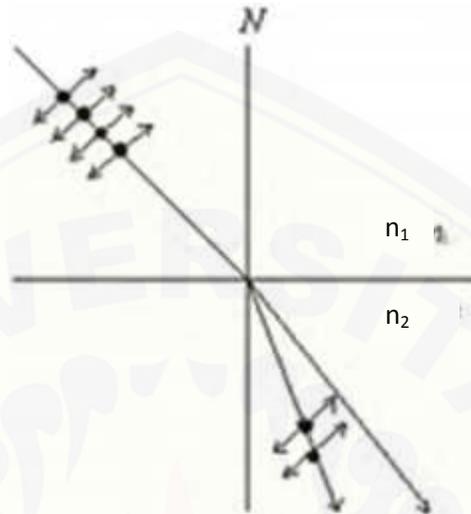
Gambar 2.11 Sinar pantul terpolarisasi linear, sedangkan sinar bias mengalami polarisasi. Pada $i = i_p$ (sinar pantul tegak lurus sinar bias) komponen E (sejajar) tidak terdapat pada sinar pantul sebab searah sinar pantul. Komponen E (tegak lurus) seluruhnya dibiaskan bersama sebagian dari E (tegak lurus) sehingga:

- sinar pantul mengalami polarisasi linier.
- sinar bias mengalami polarisasi sebagian.

2.5.3 Polarisasi Pembiasan Ganda

Dalam sebuah kristal tertentu cahaya alamiah yang masuk ke dalam kristal dapat mengalami pembiasan ganda. Pembiasan ganda ini dapat terjadi karena kristal tersebut memiliki dua nilai indeks bias. Seperti terlihat pada gambar 2.12 tampak ada dua bagian sinar yang dibiaskan yang satu mengandung E (sejajar) dan yang lain

hanya mengandung E (tegak lurus). Jadi, indeks bias juga laju E (sejajar) dan E (tegak lurus) tidak sama.



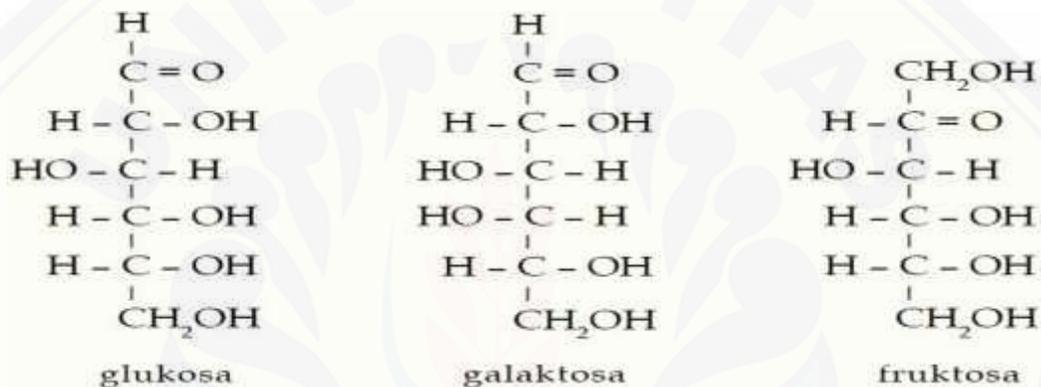
Gambar 2.12 Polarisasi pada pembiasan ganda
(Drajat: Fisika untuk SMA/MA Kelas XII)

2.5.4 Polarisasi dengan Hamburan

Seberkas cahaya yang melewati gas akan mengalami polarisasi sebagian. Karena partikel-partikel gas dapat menyerap dan memancarkan kembali cahaya yang mengenainya. Penyerapan dan pemancaran cahaya oleh partikel-partikel gas disebut hamburan. Oleh karena peristiwa hamburan ini maka langit pada siang hari tampak berwarna biru. Karena partikel-partikel udara menyerap sinar Matahari dan memancarkan kembali (terutama) cahaya biru. Demikian pula, pada pagi hari dan sore hari partikel-partikel udara akan menghamburkan lebih banyak cahaya biru (melalui kolom udara yang lebih panjang) sehingga yang tersisa dari cahaya matahari adalah cahaya merahnya. Bulan tidak memiliki atmosfer sehingga tidak ada yang dapat menghamburkan cahaya matahari. Oleh karena itu, atmosfer Bulan akan tampak gelap.

2.6 Zat Optis Aktif

Zat optik aktif adalah zat yang bersifat dapat memutar bidang polarisasi cahaya. Sedangkan pengertian polarisasi sendiri adalah pembatasan arah getaran dalam sinar atau radiasi elektromagnetik yang lain. Untuk mengetahui besarnya polarisasi cahaya oleh suatu senyawa optis aktif, maka besarnya perputaran itu bergantung pada beberapa faktor yakni: struktur molekul, banyaknya molekul pada jalan cahaya, temperatur, jenis zat, ketebalan, panjang gelombang konsentrasi, dan juga pelarut.



Gambar 2.13 Struktur glukosa, galaktosa, dan fruktosa

(<http://gadis-pertanianbudidaya.blogspot.sg/2013/01/contoh-makromolekul-polimer-karbohidrat.html>)

Zat ini ditemukan pada awal tahun 1800-an dan sejak saat itu teori ini digunakan untuk mempelajari struktur dari molekul. Eksperimen pertama berhubungan dengan kejadian ini ditunjukkan oleh Arago yang mengobservasi rotasi optik pada Kristal kuarsa pada tahun 1811. Satu tahun kemudian ilmuwan dari Prancis Biot melakukan eksperimen lain dengan melewatkan cahaya terpolarisasi pada sukrosa, dan mencatat bahwa besar sudut rotasi cahaya secara langsung berhubungan dengan konsentrasi larutan, dan berbanding terbalik dengan kuadrat panjang gelombang cahaya.

Salah satu zat optik aktif adalah larutan gula. Larutan gula dapat memutar bidang polarisasi cahaya sehingga terjadi pergeseran sudut polarisasi. Semakin besar konsentrasi gula dalam larutan semakin besar sudut putar sumbu polarisasi. (Sutrisno, 2012)

2.7 Sensor MQ-3

Gas yang dikeluarkan melalui nafas manusia mengandung berbagai macam zat dengan satuan konsentrasi yang sangat kecil. Salah satu zat tersebut adalah ethanol. Alkohol atau ethanol merupakan zat yang mudah menguap dengan satuan konsentrasi ppm (*Part Per Million*). Oleh karena itu, diperlukan suatu sensor gas yang sangat sensitif dalam mendeteksi gas ethanol tersebut.



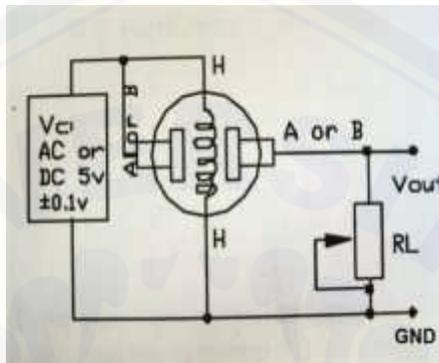
Gambar 2.14 Sensor MQ-3

(<http://sensorworkshop.blogspot.sg/2008/04/sensor-report-mq3-gas-sensor.html>)

Model sensor yang digunakan adalah MQ 3 yang diproduksi oleh Hanwai Electronics. Sensor ini cocok digunakan untuk mendeteksi kadar alkohol secara langsung, misal pada nafas. Sensor ini memiliki konduktivitas yang lebih rendah pada udara bersih. Ketika terdapat bau alkohol, konduktivitasnya akan semakin tinggi seiring meningkatnya konsentrasi gas.

Rangkaian *driver* untuk sensor MQ 3 sangat sederhana, hanya perlu 1 buah variabel resistor. *Output* dari sensor berupa tegangan analog yang sebanding dengan alkohol yang diterima. Antarmuka yang digunakan cukup sederhana, bisa

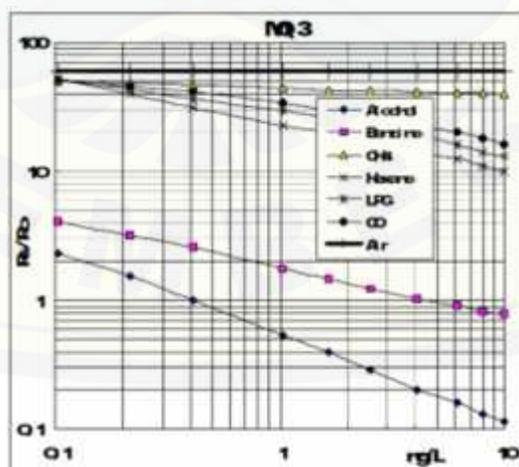
menggunakan ADC yang dapat merespon tegangan 0 volt – 3,3 volt saja. Nilai resistor yang dipasang harus dibedakan untuk berbagai jenis konsentrasi gas. Jadi perlu dikalibrasi untuk 0,04 mg/L (sekitar 200 ppm) konsentrasi alkohol di udara dan resistansi pada *output* sekitar 200K (100K -470K).



Gambar 2.15 *Driver* rangkaian Sensor MQ 3

(<http://sensorworkshop.blogspot.sg/2008/04/sensor-report-mq3-gas-sensor.html>)

Gambar 2.6 menunjukkan nilai perbandingan antara resistansi sensor dalam udara bersih R_0 dengan resistansi sensor jika terkena gas tertentu R_s . Perbandingan dilakukan dalam konsentrasi alkohol pada 0,4 mg/L (sekitar 200 ppm) di udara bersih.

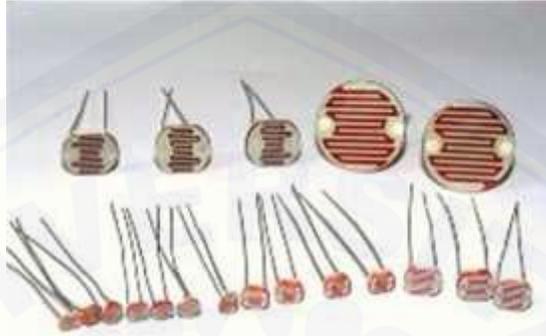


Gambar 2.16 Karakteristik Sensor MQ 3 terhadap berbagai jenis gas

(<https://koloniaksara.wordpress.com/2011/08/22/sensor-mq-3/>)

2.8 Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah sensor cahaya yang dapat mengubah besaran cahaya yang diterima menjadi besaran konduktansi.



Gambar 2.17 Sensor LDR

(Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia: Sensor & Aktuator)

Apabila LDR (*Light Dependent Resistor*) menerima cahaya maka nilai konduktansi antara kedua kakinya akan meningkat (resistansi turun). Semakin besar cahaya yang diterima maka semakin tinggi nilai konduktansinya (nilai resistansinya semakin rendah). Aplikasi LDR salah satunya pada lampu penerangan jalan yang akan menyala otomatis pada saat cahaya matahari mulai redup.

2.8.1 Karakteristik Sensor LDR

LDR adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu laju *Recovery* dan Respon Spektral:

a. Laju *Recovery*

Bila sebuah LDR dibawa dari suatu ruangan dengan tingkat kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju *recovery* merupakan suatu ukuran

praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam K/detik, untuk LDR tipe arus harganya lebih besar dari 200K/ detik (selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10 ms untuk mencapai resistansi yang sesuai dengan level cahaya 400 lux.

b. Respon Spektral

LDR tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak, digunakan karena mempunyai daya hantar yang baik (TEDC,1998). Sensor terdiri dari berbagai macam jenis media yang digunakan untuk melakukan perubahan seperti: panas, cahaya, tekanan, angin, dan sebagainya. Pada sensor LDR menggunakan intensitas cahaya untuk diubah ke energi listrik.

2.8.2 Cara Kerja Sensor LDR

Resistansi LDR akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar 10M dan dalam keadaan terang sebesar 1K atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

2.9 Fuzzy Logic

Fuzzy Logic dapat dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika modern dan metodis baru ditemukan pada tahun 1965, padahal sebenarnya konsep tentang *fuzzy logic* itu sendiri sudah ada sejak lama. Secara umum, sistem fuzzy sangat cocok untuk sistem yang menangani masalah-masalah

yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis. Misalkan, nilai masukan dan parameter sebuah sistem bersifat kurang akurat atau kurang jelas, sehingga sulit mendefinisikan model matematikanya.

Sistem fuzzy mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan sistem tradisional, misalkan pada jumlah aturan yang dipergunakan. Keuntungan lainnya adalah sistem fuzzy mempunyai kemampuan penalaran yang mirip dengan kemampuan penalaran manusia. Hal ini disebabkan karena sistem fuzzy mempunyai kemampuan untuk memberikan respon berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu.

2.9.1 Pengertian

Fuzzy Logic adalah metodologi pemecahan masalah dengan ribuan aplikasi dalam pengendali yang tersimpan dan pemrosesan informasi. *Fuzzy logic* menyediakan cara sederhana untuk menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang ambigu, samar – samar, atau tidak tepat. Sedikit banyak, *fuzzy logic* menyerupai pembuatan keputusan pada manusia dengan kemampuannya untuk bekerja dari data yang ditafsirkan dan mencari solusi yang tepat.

Fuzzy logic pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*multivalued logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti ya atau tidak, benar atau salah, hitam atau putih, dan sebagainya. Penalaran fuzzy menyediakan cara untuk memahami kinerja dari system dengan cara menilai *input* dan *output system* dari hasil pengamatan. Beberapa alasan penggunaa logika fuzzy:

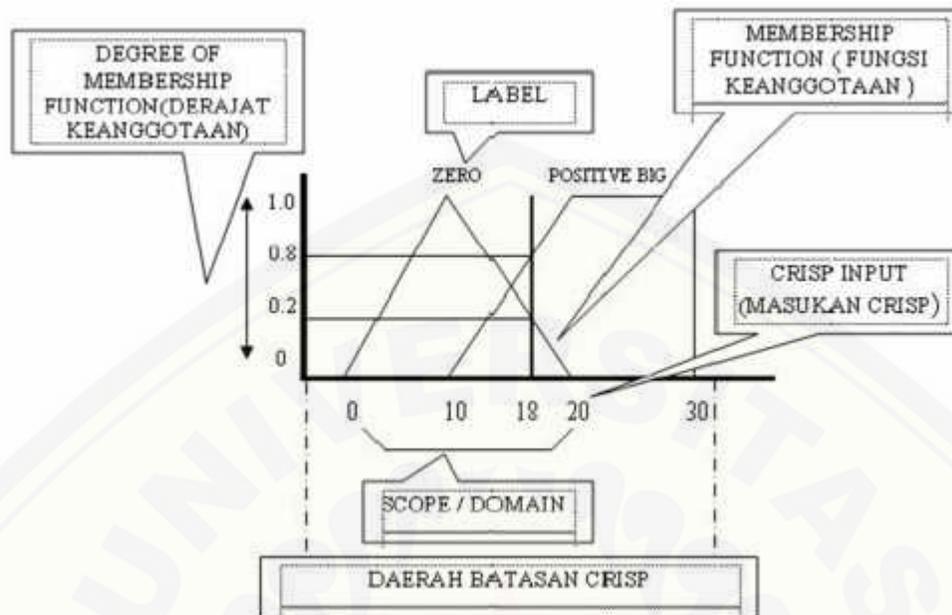
- a. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti.
- b. Logika fuzzy sangat fleksibel.
- c. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat.
- d. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi nonlinier yang kompleks.
- e. Logika fuzzy didasari pada bahasa alami.

Profesor Lotfi A. Zadeh adalah guru besar pada *University of California* yang merupakan pencetus sekaligus yang memasarkan ide tentang cara mekanisme

pengolahan atau manajemen ketidakpastian yang kemudian dikenal dengan logika fuzzy. Dalam penyajiannya variabel-variabel yang akan digunakan harus cukup menggambarkan sistem fuzzy tetapi di lain pihak persamaan-persamaan yang dihasilkan dari variabel-variabel itu haruslah cukup sederhana sehingga komputasinya menjadi cukup mudah. Karena itu Profesor Lotfi A Zadeh kemudian memperoleh ide untuk menyajikannya dengan menentukan “derajat keanggotaan” (*membership function*) dari masing-masing variabelnya.

Fungsi keanggotaan (*membership function*), Sudradjat [25] adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik input data kedalam nilai keanggotaanya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

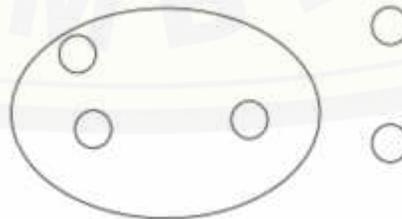
- a. Derajat Keanggotaan (*membership function*) adalah : derajat dimana nilai *crisp* dengan fungsi keanggotaan (dari 0 sampai 1), juga mengacu sebagai tingkat keanggotaan, nilai kebenaran, atau masukan *fuzzy*.
- b. Label adalah nama deskriptif yang digunakan untuk mengidentifikasi sebuah fungsi keanggotaan.
- c. Fungsi Keanggotaan adalah mendefinisikan *fuzzy set* dengan memetakan masukan *crisp* dari domainnya ke derajat keanggotaan.
- d. Masukan *Crisp* adalah masukan yang tegas dan tertentu.
- e. Lingkup/*Domain* adalah lebar fungsi keanggotaan. Jangkauan konsep, biasanya bilangan,
- f. Tempat dimana fungsi keanggotaan dipetakan.
- g. Daerah Batasan *Crisp* adalah jangkauan seluruh nilai yang dapat diaplikasikan pada variabel sistem.



Gambar 2.18 Konsep dasar logika fuzzy

(Sudrajat: Dasar-dasar *Fuzzy Logic*)

Pada teknik digital dikenal dua macam logika yaitu 0 dan 1 serta tiga operasi dasar yaitu *NOT*, *AND* dan *OR*. Logika semacam ini disebut dengan *crisp logic*. Logika ini sering dipergunakan untuk mengelompokkan sesuatu himpunan. Sebagai contoh, akan dikelompokkan beberapa macam hewan, yaitu 'hiu', 'kakap', 'pari', 'kucing', 'kambing', 'ayam' ke dalam himpunan ikan. Sangat jelas bahwa hiu, kakap dan pari adalah anggota himpunan ikan sedangkan kucing, kambing, ayam adalah bukan anggotanya, seperti ditunjukkan pada gambar 2.19.



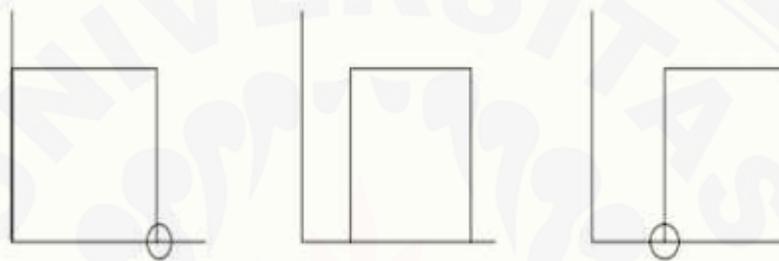
Gambar 2.19 Pengelompokan beberapa hewan ke himpunan ikan

(Sudrajat: Dasar-dasar *Fuzzy Logic*)

Namun kadang kala ditemui pengelompokan yang tidak mudah. Misalkan variabel umur dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

- Muda : umur < 35 tahun
- Parobaya : 35 = umur = 55 tahun
- Tua : umur > 55 tahun

Nilai keanggotaan secara grafis, himpunan muda, parobaya dan tua dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Pengelompokan umur ke himpunan kategori usia *crisp logic*

(Sudrajat: Dasar-dasar *Fuzzy Logic*)

Pada Gambar 2.20 dapat dilihat bahwa :

- Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan muda ($\mu_{\text{muda}} [34] = 1$)
- Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan tidak muda ($\mu_{\text{muda}} [35] = 0$)
- Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan tidak muda ($\mu_{\text{muda}} [35^{\text{th}} - 1 \text{ hr}] = 0$)
- Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan parobaya ($\mu_{\text{parobaya}} [35] = 0$)
- Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan tidak parobaya ($\mu_{\text{parobaya}} [34] = 0$)
- Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan tidak parobaya ($\mu_{\text{parobaya}} [35^{\text{th}} - 1 \text{ hr}] = 0$)

Dari sini bisa dikatakan bahwa pemakaian himpunan *crisp* untuk menyatakan umur sangat tidak adil, adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut.

2.9.2 Sejarah Perkembangan Logika Fuzzy

Fuzzy logic adalah cabang dari matematika dengan bantuan komputer memodelkan dunia nyata seperti yang dilakukan manusia. *Fuzzy logic* meformulasikan masalah menjadi lebih mudah, mempunyai presisi yang tinggi, dan solusi yang akurat. *Fuzzy logic* menggunakan dasar pendekatan hukum-hukum untuk mengontrol sistem dengan bantuan model matematika. Pada Boolean Logic setiap pernyataan benar atau salah, sesuai contoh pernyataan dengan 1 atau 0. Jelasnya himpunan fuzzy memiliki fleksibilitas keanggotaan yang diperlukan untuk keanggotaan pada suatu himpunan. Setiap kejadian dari tingkat dan alasan yang jelas adalah menunjukkan kasus terbatan pada pendekatan yang benar. Karena itu dapat disimpulkan bahwa *Boolean Logic* adalah *subset* dari *Fuzzy Logic*. Sejarah perkembangan *fuzzy logic* sebagai berikut:

- 1965 Paper pertama “*Fuzzy Logic*” oleh Prof. Lotfi Zadeh, *Faculty in Electrical Engineering*, U.C. Berkeley, *sets the foundation stone for the “fuzzy Set Theory”*.
- 1970 *Fuzzy Logic applied in control Engineering*.
- 1975 *Japan makes an entry*.
- 1980 *Empirical Verification of Fuzzy Logic in Europe Broad Application of Fuzzy Logic in Japan*.
- 1990 *Broad Application of Fuzzy Logic in Europe and Japan*.
- 1995 *U.S increases interest and research in Fuzzy Logic*.
- 2000 *Fuzzy Logic becomes a Standard Technology and is widely applied in Business and Finance*.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan rancang bangun mengenai alat pendeteksi kualitas tape singkong. Sensor yang digunakan adalah sensor MQ3 yang berfungsi sebagai sensor gas untuk mengukur kadar alkohol. Sedangkan untuk mengukur kadar gula menggunakan sensor LDR dengan sistem polarisasi cahaya. Pada penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy logic Controller* hipotesa awal dalam penelitian.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di rumah dan di Laboratorium Elektronika dan Terapan, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik. Kalibrasi dan pengujian alat dilakukan di Perumahan Taman Gading J-13 Jember. Waktu penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 11 bulan yaitu dari bulan April 2015 sampai bulan Maret 2016.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Hardware

1. Sensor MQ3
2. Sensor LDR
3. Mikrokontroler Arduino
4. Komputer / Laptop
5. Lensa Polaris
6. Tabung kaca
7. Resistor
8. LCD
9. *Power Supply*
10. PCB
11. Kabel

12. Solder
13. Bor PCB
14. *Push Button*
15. Resistor

3.2.2 *Software*

1. Arduino
2. Matlab

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam pembuatan alat pendeteksi kualitas tape singkong adalah sebagai berikut:

a. Studi literatur

Tahap awal dari penelitian ini adalah mencari literatur dari hasil penelitian sebelumnya dan mencari literatur tentang penelitian yang sedang diteliti. Diharapkan dengan literatur yang didapat bisa memberikan keyakinan bahwa penelitian ini dapat dilaksanakan dan memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

b. Pembelian bahan pembuatan

Tahap kedua adalah pembelian material yang dibutuhkan untuk membuat alat ini yang meliputi sensor MQ 3 dan sensor warna sebagai komponen utama, komponen-komponen elektronik aktif dan pasif yang dibutuhkan, kabel serial dan perangkat pendukung lainnya.

c. Pengerjaan perangkat keras

Tahap ketiga adalah proses pengerjaan pembuatan alat dengan sensor MQ3 dan sensor warna yang meliputi pembuatan perangkat mekanik dan elektronik dari bahan pembuatan yang sudah dibeli.

d. Pembuatan perangkat lunak

Tahap keempat adalah pembuatan perangkat lunak sebagai perangkat yang memiliki fungsi sebagai media antara sensor dengan komputer dan kontrol utama dengan metode logika fuzzy yang sudah disisipkan didalamnya.

e. Pengujian alat

Tahap kelima adalah pengujian alat diharapkan dengan adanya tahap ini fungsi kerja baik perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat dan menguji sistem yang telah terintegrasi secara menyeluruh, sehingga nantinya alat yang telah dibuat dapat bekerja secara maksimal.

f. Analisa sistem

Tahap keenam adalah menganalisa kinerja alat baik yang berupa perangkat keras dan perangkat lunak sistem yang telah diuji. Sehingga diharapkan dari penganalisaan sistem keseluruhan perangkat dapat ditemukan suatu pembahasan atas analisa yang telah dibuat terhadap sistem yang telah dibuat dan dapat ditemukan kesimpulan terhadap apa yang sedang diamati

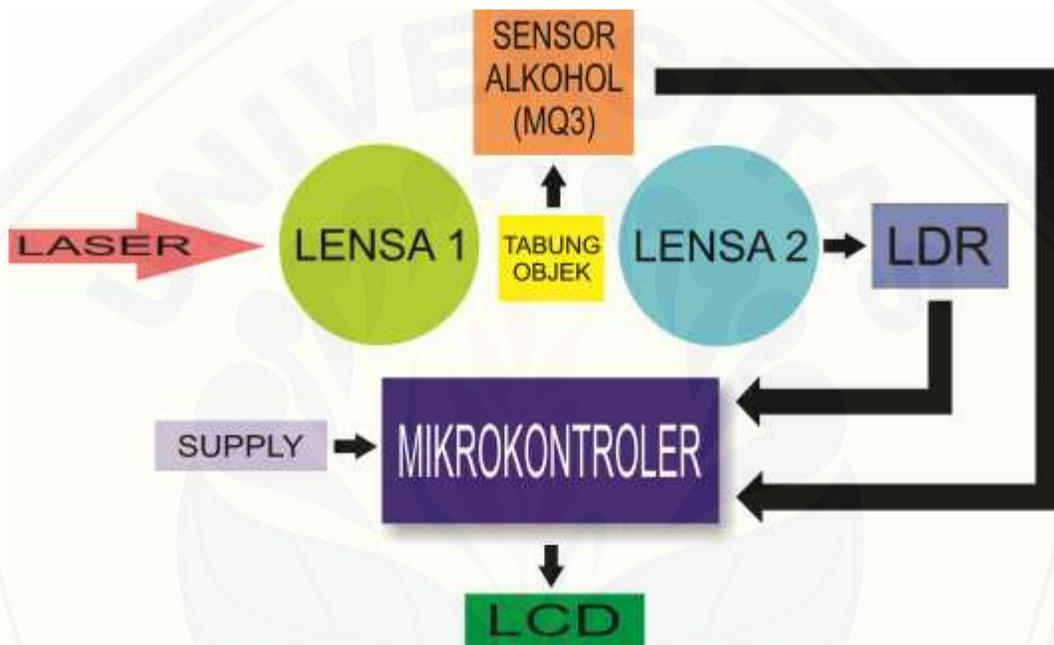
3.5 Perancangan sistem

Pada perancangan sistem akan dijelaskan mengenai diagram blok yang akan menampilkan alur kerja alat berdasarkan bagian-bagian alat ini mulai dari sensor, mikrokontroler, laser, lensa, tabung objek, LCD, dan sumber tegangan. Selain itu juga terdapat *flowchart* sistem kerja alat keseluruhan yang akan menjelaskan secara ringkas sistem kerja alat.

3.3.1 Diagram Blok

Sistem ini terdiri atas beberapa bagian blok sub sistem. Cara kerjanya adalah setelah tape singkong diambil sarinya lalu dimasukkan kedalam tabung objek. Setelah itu diletakkan di dalam box alat yang berfungsi sebagai pelindung dari cahaya luar. Setelah tabung objek diletakkan pada tempatnya, lalu laser mulai dinyalakan. Sinar laser yang terpancar akan melalui lensa 1 ke tabung objek lalu

melewati lensa 2. Selanjutnya sensor LDR akan membaca berapa intensitas cahaya dari laser yang telah melewati 2 lensa dan tabung objek. Sedangkan sensor MQ3 akan membaca kadar alkohol sari tape singkong dimana sensor tersebut diletakkan diatas tabung objek. Gambar 3.1 menunjukkan blok sistem kerja alat pendeteksi kualitas tape singkong.



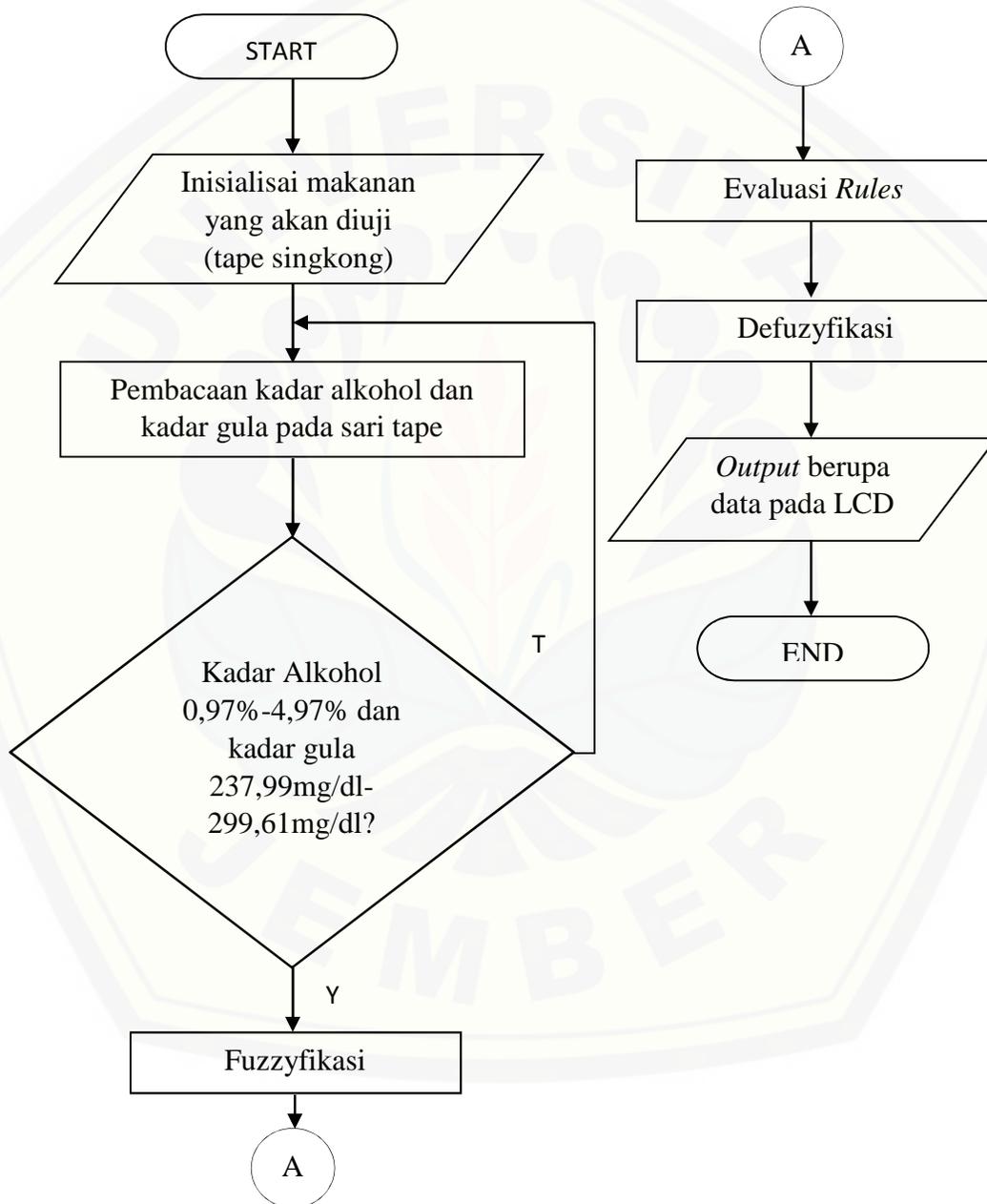
Gambar 3.1 Blok diagram alat pendeteksi kualitas tape singkong

Setelah semua sensor telah membaca kandungan ethanol dan gula pada tape singkong, maka akan diproses oleh mikrokontroller. Hasil proses tersebut akan ditampilkan di LCD. LCD akan menampilkan tulisan dari kualitas tape singkong yang diuji. Tampilan yang keluar pada LCD adalah “BIASA”, “BAGUS”, dan “TIDAK BAGUS”.

3.3.2 Flowchart

Sistem kerja alat pendeteksi kualitas tape singkong yaitu pada saat mulai (*start*) terjadi proses inialisasi bahan makanan yang akan diuji yaitu tape singkong.

Selanjutnya, tape singkong akan diambil sarinya melalui proses penyaringan. Setelah melalui proses penyaringan maka objek akan diletakkan pada tabung dan tempatnya. Lalu sensor MQ3 akan mulai menghitung kadar alkohol dari tape ketan. Sedangkan sensor gula akan bekerja saat laser mulai dinyalakan.



Gambar 3.2. Flowchart sistem kerja alat keseluruhan

Setelah kedua sensor mengukur kadar alkohol dan gula pada tape singkong, lalu terjadi proses fuzzyfikasi yang dilanjutkan dengan proses evaluasi *rules*. Setelah evaluasi *rules* selesai maka dilanjutkan dengan proses defuzzyfikasi untuk menentukan *output* yang dihasilkan. Hasil keluaran akan ditampilkan pada LCD, dan sistem akan berakhir. Untuk flowchart sistem alat keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.2.

3.6 Sistem Alat

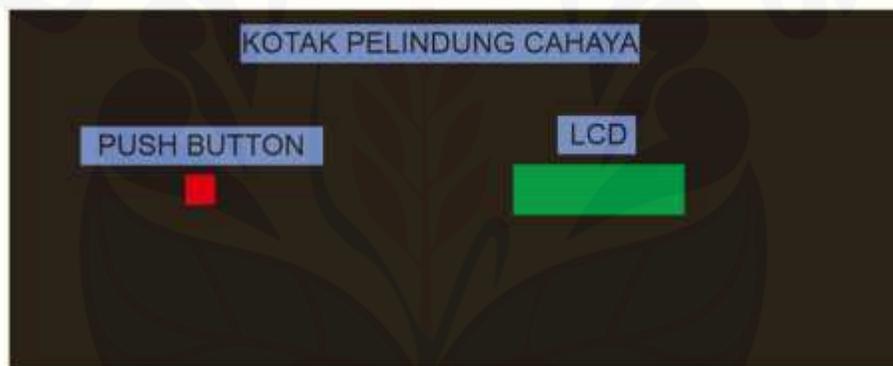
Metode yang digunakan pada alat ini adalah polarisasi gelombang cahaya yang prinsip dasarnya adalah ketika dalam keadaan normal, cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya polikromatik dimana dalam alat ini menggunakan laser merah merupakan cahaya tak terpolarisasi. Cahaya tak terpolarisasi merupakan cahaya yang memiliki gelombang elektromagnetik yang terpancar dengan arah getar acak ke segala sisi. Alasan dipilih sumber cahaya laser karena memiliki memiliki intensitas yang cukup kuat untuk diterima oleh fotodetektor. Apabila sumber cahaya memiliki intensitas yang lemah maka fotodetektor tidak akan menerima cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya karena dalam desain optik ini cahaya akan melewati dua lensa dan sebuah tabung objek.

Cahaya laser yang sebelumnya merupakan cahaya tak terpolarisasi karena gelombang elektromagnetiknya yang acak, akan berubah menjadi cahaya terpolarisasi dengan gelombang elektromagnetik yang searah atau bisa diasumsikan vertikal. Jika bahan sari tape yang di taruh di tabung objek tidak dipasang dan lensa kedua atau analisator diletakkan kira-kira 90° dari polarisator, maka cahaya yang keluar melalui lensa kedua akan gelap atau bisa tidak keluar cahaya. Namun jika bahan uji yang mengandung zat optis aktif dimana dalam tugas akhir ini menggunakan sari tape dilewati cahaya tersebut maka arah polarisasinya akan berputar karena sifatnya yang mampu mengubah arah polarisasi cahaya. Sehingga

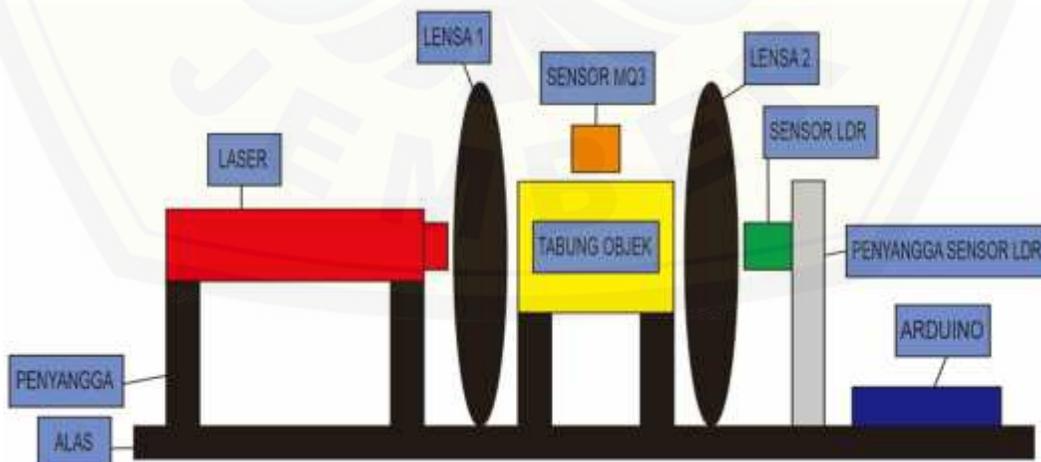
mengakibatkan cahaya yang keluar dari lensa analisator bisa lebih terang dan fotodetektor dapat menangkap cahaya tersebut.

3.7 Desain Alat

Alat pendeteksi kualitas tape singkong ini pada dasarnya bekerja saat konsentrasi larutan optis aktif yang mengandung alkohol ini naik, maka rotasi optik dari larutan akan naik sehingga nilai kadar gula yang terbaca LDR juga naik. Sedangkan kadar alkohol akan langsung dibaca oleh sensor MQ3 melalui uapnya karena sifat dari alkohol sendiri yang mudah menguap. Untuk bagian alat ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian dalam dan bagian luar seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 dan gambar 3.4



Gambar 3.3 Desain alat bagian luar



Gambar 3.4 Desain alat bagian dalam

Gambar 3.3 menunjukkan desain alat bagian luar. Dimana pada bagian luar adalah kotak pelindung cahaya yang berfungsi untuk menghalangi cahaya dari luar sehingga tidak mempengaruhi pembacaan sensor LDR. Pada bagian luar terdapat *push button* yang berfungsi untuk mengaktifkan laser. Selain itu terdapat LCD untuk menampilkan hasil pembacaan sensor. Gambar 3.4 merupakan desain alat pada bagian dalam. Pada bagian dalam terdapat beberapa komponen seperti laser sebagai sumber cahaya, lensa pertama yang fungsinya sebagai polarisator, tabung objek untuk menaruh obek yang berupa sari tape singkong, dan lensa kedua yang berfungsi sebagai analisator. Selain itu pada bagian dalam juga terdapat sensor alkohol MQ3 untuk mengukur kadar alkohol dari uapnya yang letaknya diatas tabung objek, Sensor LDR sebagai fotodetektor yang dietakkan menggunakan penyangga, dan arduino sebagai mikrokontrolernya.

3.8 Alat yang Dihasilkan

Alat ini menggunakan mikrokontroler arduino sebagai kendali utama pada sistem dan akan mengolah data dari *output* sensor berupa tegangan analog. Hasil pembacaan sensor alkohol MQ3 dan sensor LDR yang berfungsi sebagai sensor gula akan diolah menggunakan logika fuzzy. Hasilnya akan di tampilkan pada LCD. Dimana pada LCD akan ditampilkan berapa kadar alkohol dalam satuan % dan kadar gula dalam satuan mg/dl yang terkandung pada tape singkong. Selain itu juga akan ditampilkan kualitas tape singkong yaitu BI yang artinya memiliki kualitas biasa, BA yang artinya memiliki kualitas bagus, dan TB yang artinya kualitasnya tidak bagus.

Prinsip dasar alat ini adalah pada saat tabung objek yang telah terisi sari tape singkong diletakkan ditempatnya, maka intensitas cahaya yang terbaca sensor LDR akan berubah sehingga dapat diukur berapa kadar gulanya. Sedangkan sensor MQ3 akan membaca kadar alkohol yang terkandung pada tape singkong. Setelah kadar alkohol dan kadar gula yang terbaca oleh kedua sensor, alat ini akan menampilkan kualitas tape singkong yang terdeteksi pada LCD.

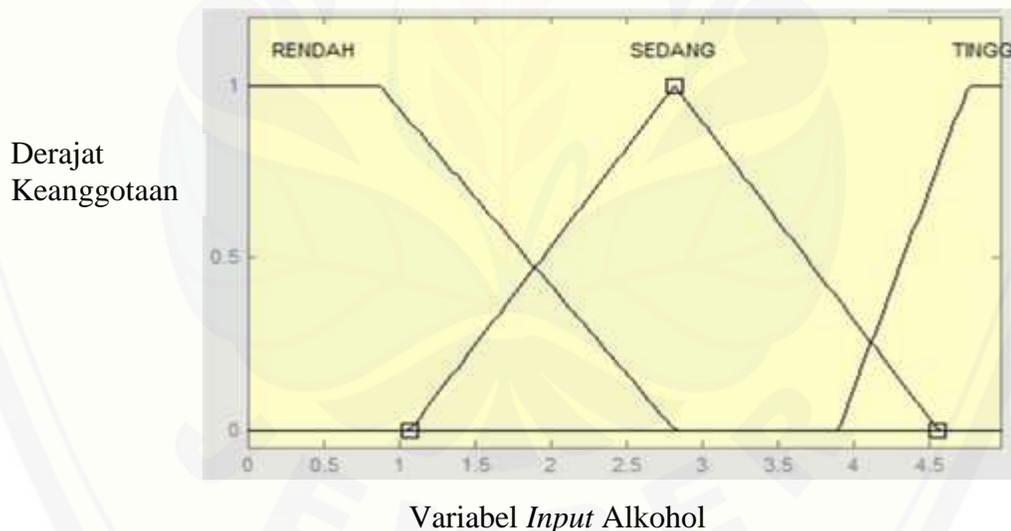
3.9 Perhitungan Logika Fuzzy pada Alat

3.9.1 Proses Fuzzyfikasi

Setelah data kadar alkohol dan gula telah diambil, langkah selanjutnya akan dihitung nilai fuzzyfikasi. Fuzzyfikasi sendiri adalah mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) ke dalam bentuk fuzzy *input*. Nilai masukan- masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Hal tersebut nantinya akan berguna untuk proses pengolahan fuzzy.

a. Variabel Alkohol

Setelah ditentukan nilai variabel dari *input* kadar alkohol, lalu akan dibagi menjadi tiga keadaan yaitu rendah, sedang dan tinggi.



Gambar 3.5 Variabel Alkohol

Gambar 4.9 menunjukkan batasan nilai dari masing masing variabel. Pada variabel pertama yaitu rendah dengan batasan 0 2,82. Variabel kedua yaitu sedang memiliki batasan antara 1,07 x 4,56, sedangkan batasan yang ketiga yaitu tinggi 3,9 x 4,97

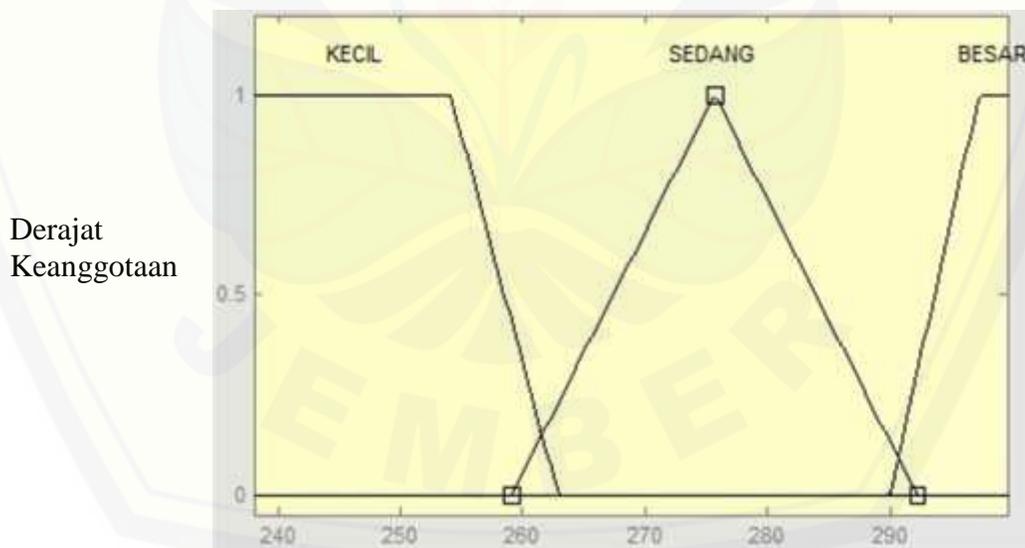
$$a. \text{ Rendah} = \begin{cases} 0; x \geq 2,82 \\ \frac{2,8 - 1,8}{2,8 - 0,8} = \frac{0,9}{1,9} = 0,497; 0,87 \leq x \leq 2,82 \dots\dots\dots 3.1 \\ 1; x \leq 0,87 \end{cases}$$

$$b. \text{ Sedang} = \begin{cases} 0; x \leq 1,07 \text{ a } x \geq 4,56 \\ \frac{1,9 - 1,0}{2,8 - 1,0} = \frac{0,8}{1,7} = 0,503; 1,07 \leq x \leq 2,82 \dots\dots\dots 3.2 \\ \frac{2,8 - 3,6}{4,5 - 2,8} = \frac{-0,8}{1,7} = -0,5; 2,82 \leq x \leq 4,56 \end{cases}$$

$$c. \text{ Tinggi} = \begin{cases} 0; x \leq 3,9 \\ \frac{4,3 - 3,9}{4,7 - 3,9} = \frac{0,4}{0,8} = 0,5; 3,9 \leq x \leq 4,76 \dots\dots\dots 3.3 \\ 1; x \geq 4,76 \end{cases}$$

b. Variabel Gula

Selanjutnya yaitu variabel gula. Dimana pada variabel gula juga terdapat 3 variabel. Variabel tersebut adalah kecil dengan batasan 0 262,91. Selanjutnya sedang dengan batasan yaitu 259,14 x 292,27. Terakhir yaitu besar dengan batasan 292,27 x 299,61. Gambar 4.6 menunjukkan variabel gula serta batasannya.



Variabel *Input* Gula

Gambar 3.6 Variabel Gula

$$a. \text{ Kecil} = \begin{cases} 0; x \geq 262,91 \\ \frac{2,9 - 2,5}{2,9 - 2,1} = \frac{4,4}{8,8} = 0,499; 254,1 \leq x \leq 262,91 \dots\dots 3.4 \\ 1; x \leq 254,1 \end{cases}$$

$$b. \text{ Sedang} = \begin{cases} 0; x \leq 259,14 \text{ dan } x \geq 292,27 \\ \frac{2,4 - 2,1}{2,7 - 2,1} = \frac{8,2}{1,5} = 0,5; 259,14 \leq x \leq 275,71 \dots\dots 3.5 \\ \frac{2,1 - 2,3}{2,2 - 2,1} = \frac{-2,2}{3,1} = -0,76; 275,71 \leq x \leq 292,27 \end{cases}$$

$$c. \text{ Besar} = \begin{cases} 0; x \leq 292,27 \\ \frac{2,6 - 2,9}{2,3 - 2,9} = \frac{3,6}{7,3} = 0,501; 292,27 \leq x \leq 297,32 \dots\dots 3.6 \\ 1; x \geq 299,61 \end{cases}$$

3.9.2 Rule base

Setelah perhitungan fuzzyfikasi maka dibuat aturan-aturan fuzzy yang merupakan inti dari relasi fuzzy tersebut. Sehingga dari variabel alkohol dan variabel gula dapat dibuat 9 rule base.

1. If rendah AND kecil THEN tidak bagus
2. If rendah AND sedang THEN bagus
3. If rendah AND besar THEN tidak bagus
4. If sedang AND kecil THEN biasa
5. If sedang AND sedang THEN bagus
6. If sedang AND besar THEN tidak bagus
7. If tinggi AND kecil THEN tidak bagus
8. If tinggi AND sedang THEN tidak bagus
9. If tinggi AND besar THEN tidak bagus

Selanjutnya setelah dibuat rule base, maka akan dimasukkan ke dalam perhitungan. Disini perhitungan menggunakan fungsi MIN.

$$1. 0,497 = \frac{z1-7}{1-7}$$

$$37,28 = z1 - 75$$

$$z1 = 112,28$$

$$2. \quad 0,76 = \frac{1 - z^2}{1}$$

$$-11,4 = 135 - z^2$$

$$z^2 = 146,4$$

$$3. \quad 0,497 = \frac{z^3 - 7}{1 - 7}$$

$$37,28 = z^3 - 75$$

$$z^3 = 112,28$$

$$4. \quad -0,5 = \frac{6 - z^4}{6 - 0}$$

$$-30 = 60 - z^4$$

$$z^4 = 60 + 30$$

$$z^4 = 90$$

$$5. \quad -0,76 = \frac{1 - z^5}{1}$$

$$-11,4 = 135 - z^5$$

$$z^5 = 146,4$$

$$6. \quad 0,5 = \frac{z^6 - 7}{1 - 7}$$

$$37,5 = z^6 - 75$$

$$z^6 = 112,5$$

$$7. \quad 0,499 = \frac{z^6 - 7}{1 - 7}$$

$$37,425 = z^6 - 75$$

$$z^6 = 112,43$$

$$8. \quad -0,76 = \frac{z^6 - 7}{1 - 7}$$

$$-57 = z^6 - 75$$

$$z^6 = 18$$

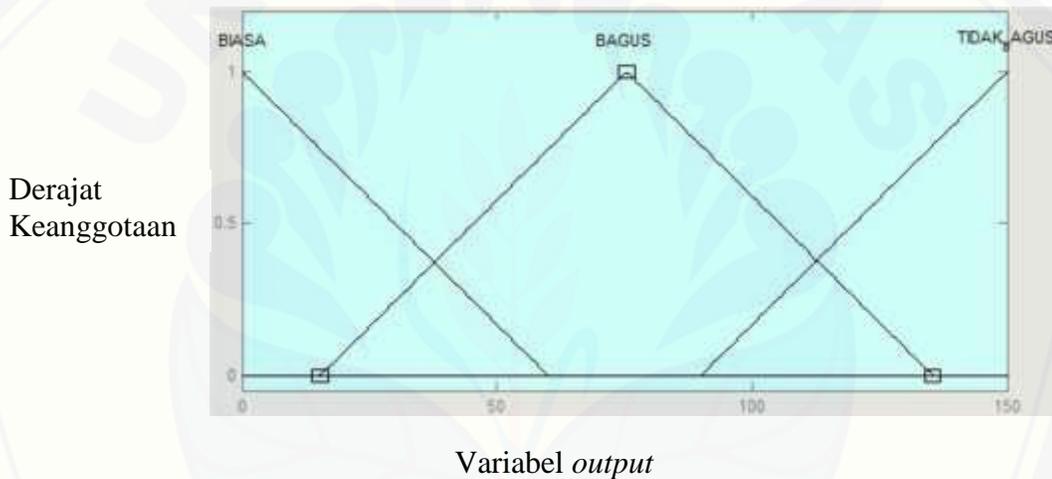
$$9. \quad 0,5 = \frac{z^6 - 7}{1 - 7}$$

$$37,5 = z^6 - 75$$

$$z^6 = 112,5$$

3.9.3 Defuzzyfikasi

Keputusan yang dihasilkan dari proses penalaran masih dalam bentuk fuzzy, yaitu berupa variable *output*. Dalam penelitian ini menggunakan 3 variable *output* yang merupakan kualitas tape singkong dari hasil pembacaan sensor. Ketiga variabel tersebut adalah “BIASA” dengan batasan antara 0-60, “BAGUS” dengan batasan antara 15-135, dan “TIDAK BAGUS” dengan batasannya antara 75-150. Tetapi pada kenyataannya variabel maksimum dari *output* sendiri adalah 113,47. Hal tersebut dipengaruhi oleh nilai variabel dari kedua *input*. Gambar 3.7 merupakan fungsi keanggotaan dari keluarannya.



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Output

Hasil variable tersebut harus diubah kembali menjadi variabel numerik *non-fuzzy* melalui proses *defuzzyfikasi*. Proses defuzzyfikasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan metode *Center of Area*. Metode ini disebut juga sebagai metode centroid atau *Center of Gravity* Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy.

$$C A = \frac{\alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2 + \alpha_3 Z_3 + \alpha_4 Z_4 + \alpha_5 Z_5 + \alpha_6 Z_6 + \alpha_7 Z_7 + \alpha_8 Z_8 + \alpha_9 Z_9}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9} \dots\dots\dots 3.7$$

$$= \frac{(0,497)(112,28) + (-0,76)(146,4) + (0,497)(112,8) + (-0,5)(90) + (-0,76)(146,4) + (0,5)(112,5) + (0,499)(112,43) + (-0,76)(18) + (0,5)(112,5)}{(0,497) + (-0,76) + (0,497) + (-0,5) + (-0,76) + (0,5) + (0,499) + (-0,76) + (0,5)}$$

$$= \frac{-0,99911}{-0,29}$$

$$\text{COA} = 3,45$$

3.10 Kalibrasi Sensor

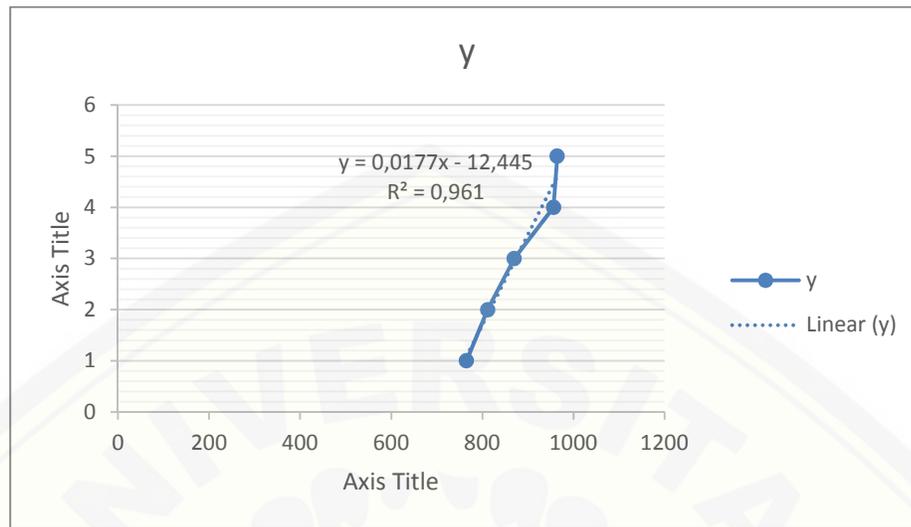
3.10.1 Kalibrasi Sensor MQ3

Kalibrasi pertama yaitu sensor MQ3. Sensor MQ3 sendiri merupakan sensor gas yang digunakan untuk membaca kadar alkohol. Proses kalibrasi ini menggunakan beberapa objek alkohol. Dimana dalam prosesnya sensor mq3 tersebut dilakukan perbandingan nilai selama beberapa kali berdasarkan perbedaan kadar alkohol. Sehingga dapat menentukan perbandingan kadar alkohol dengan pembacaan ADC sensor. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.2.

Tabel 3.1 Konversi Nilai ADC sensor MQ3 dan kadar alkohol

No	Nilai ADC MQ3	Kadar Alkohol (%)
1	765,25	1
2	811,55	2
3	869,95	3
4	956,45	4
5	964,55	5

Gambar 4.1 merupakan grafik perbandingan antara nilai ADC sensor MQ3 dan alkohol. Nilai linier dari data sheet ditunjukkan dengan adanya garis lurus tipis, sedangkan garis biru merupakan grafik kalibrasi antara nilai sensor kelembaban dengan data *sheet*. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai hasil pengukuran sensor gula hampir mendekati linier terhadap nilai data *sheet*. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai $R^2 = 0,961$. Dimana apabila nilai R^2 mendekati 1 nilai dikatan linier.



Gambar 3.8 Grafik pengujian sensor MQ3

Dalam regresi linier tersebut terdapat rumus yang menunjukkan kelinieran $y = 0,0177x - 12,445$ dimana y merupakan variabel terikat dan x merupakan variabel bebas. Nilai pembacaan sensor adalah variabel dan nilai pembanding adalah kadar alkohol dalam satuan persen (%). Berdasarkan rumus yang didapat dari regresi linear tersebut dapat dimasukkan kedalam program arduino.

3.10.2 Kalibrasi Sensor Gula

Kalibrasi selanjutnya yaitu sensor LDR sebagai sensor gula yang akan digunakan untuk menerima cahaya laser. Proses kalibrasi ini menggunakan beberapa objek larutan gula. Saat proses pengkalibrasian sensor gula tersebut dilakukan perbandingan nilai selama beberapa kali berdasarkan perbedaan kadar gula. Sehingga dapat menentukan perbandingan kadar gula dengan pembacaan ADC sensor. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 3.2.

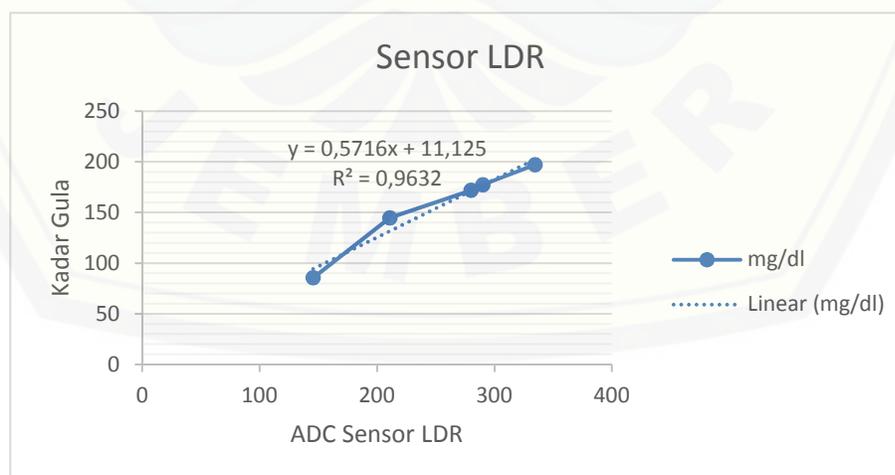
Tabel 3.2 Konversi nilai ADC Sensor Gula (LDR) dengan kadar gula

No	Nilai ADC LDR	mg/dl
1	145,55	85,5
2	210,96	144,76

3	280,15	171,9
4	290,2	177,33
5	334,795	197,24

Gambar 3.2 merupakan grafik perbandingan antara nilai ADC sensor LDR dan kandungan gula pada larutan gula. Nilai linier dari data sheet ditunjukkan dengan adanya garis lurus tipis, sedangkan garis biru merupakan grafik kalibrasi antara nilai sensor kelembaban dengan data *sheet*. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai hasil pengukuran sensor gula hampir mendekati linier terhadap nilai data *sheet*. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai $R^2 = 0,9632$. Dimana apabila nilai R^2 mendekati 1 nilai dikatakan linier.

Dalam regresi linier tersebut terdapat rumus yang menunjukkan kelinieran $y = 0,5716x + 11,125$ dimana y merupakan variabel terikat dan x merupakan variabel bebas. Nilai pembacaan sensor adalah variabel dan nilai pembanding adalah kadar gula dalam satuan mg/dl. Berdasarkan rumus yang didapat dari regresi linear tersebut dapat dimasukkan kedalam program arduino. Berikut ini merupakan listing program yang digunakan untuk menguji, sedangkan gambar 3.8 merupakan hasil pengujian sensor gula



Gambar 3.9 Grafik pengujian Sensor Gula

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian rancang bangun alat pendeteksi kualitas tape dengan sensor mq3 dan sensor ldr berbasis *fuzzy logic* adalah:

1. Rata-rata *error* persen sensor alkohol selama 5 hari pengambilan data adalah hari pertama rata-rata *error* persen yaitu 3,2%. Pada hari kedua yaitu 5,21%. Pada hari ketiga yaitu 6,73%. Pada hari keempat yaitu 6,44%. Terakhir hari kelima yaitu 6,61%. Sedangkan rata-rata *error* persen dari semua data kadar alkohol yang diambil adalah 5,6%. [Tabel 4.3, halaman 48]

2. Rata-rata *error* persen sensor gula selama 5 hari pengambilan data adalah pada hari pertama rata-rata *error* persen adalah 8,2%. Pada hari kedua yaitu 7,96%. Pada hari ketiga yaitu 7,95%. Pada hari keempat yaitu 6,53%. Terakhir hari kelima yaitu 1,51%. Sedangkan rata-rata *error* persen dari semua data kadar alkohol yang diambil adalah 6,43%. [Tabel 4.4, halaman 51]

3. Berdasarkan 10 sampel tape singkong yang telah dideteksi 6 sampel memiliki kualitas TIDAK BAGUS, 3 sampel memiliki kualitas BAGUS, dan 1 sampel memiliki kualitas BIASA. [Tabel 4.3, halaman 52]

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan guna memperbaiki hasil setelah penelitian ini antara lain:

1. Alat pendeteksi kualitas tape singkong ini dapat digunakan untuk objek lain selain tape singkong.

2. Alat ini dapat ditambah dengan pemeras otomatis sehingga lebih praktis saat digunakan daripada menggunakan pemeras secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

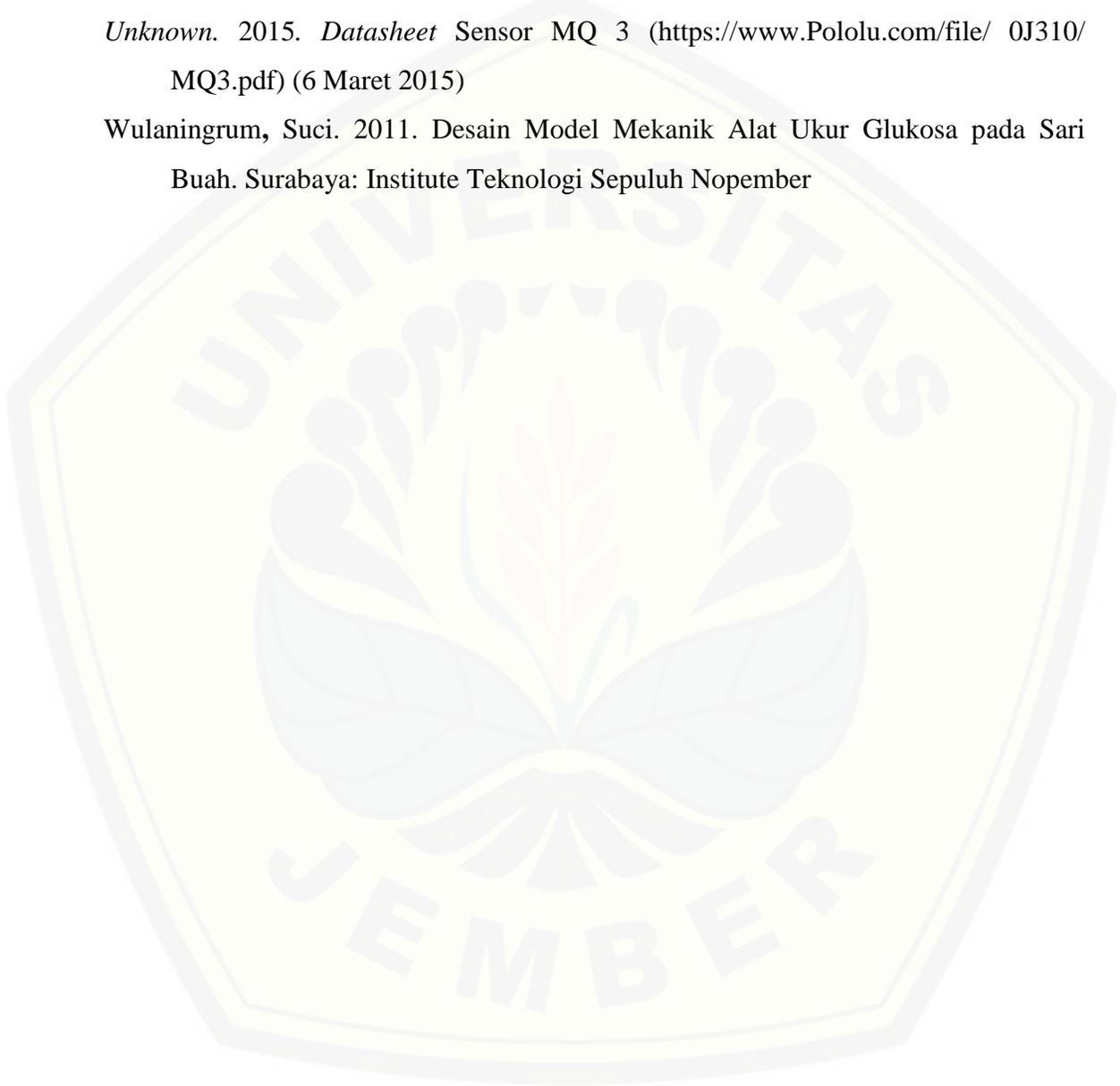
- Bertram, Katzung G. 2002. Farmakologi Dasar dan Klinik. Jakarta: Salemba Medika
- Cairns, Donald. 2004. Intisari Kimia Farmasi. Jakarta: Buku Kedokteran EGC
- Dani, Rose. 2013. 4 Manfaat dan Kandungan Daun Singkong. <http://jurnalmanajemen.kesehatan.blogspot.sg/2013/03/4-manfaat-dan-kandungan-daunsingkong.html> [11 Maret 2016]
- Drajat, 2009. Fisika untuk SMA/MA Kelas XII. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional
- Hasanah, Hifdatul. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tape Ketan Hitam (*Oryza sativa* L var forma *glutinosa*) dan Tape Singkong (*Manihot utilissima* Pohl). Malang: Universitas Islam Negeri
- Herlambang, Hermanto. 2013. Contoh Makromolekul : Polimer, Karbohidrat, Lemak, Protein, Plastik, Minyak. <http://gadis-pertanianbudidaya.blogspot.sg/2013/01/contoh-makromolekul-polimer-karbohidrat.html> [11 Maret 2016]
- Jayasuriya, Cynthia. 2015. Khasiat dan Manfaat Singkong untk Mengobati Kanker. <http://sekedarcatatan.net/2015/01/08/khasiat-singkong-untuk-obat-menga-tasi-kanker/> [11 Maret 2016]
- Karim, Syaiful. 2013. Sensor & Aktuator. Malang: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia
- Martono. 2008. Konsep Cahaya dalam Al-Qur'an dan Sains. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- Permenkes RI No. 86/Menkes/Per/IV/1997
- Park, Eun Jung. 2008. Sensor Report - MQ3 Gas sensor. <http://sensorworkshop.blogspot.sg/2008/04/sensor-report-mq3-gas-sensor.html> [11 Maret 2016]
- Rahajeng, Ekowati. 2013. Batasi Gula, Garam, dan Lemak Untuk Hidup Sehat Terhindar Dari Penyakit Tidak Menular.
- Sudrajat. 2008. Dasar-Dasar *Fuzzy Logic*. Bandung: Universitas Padjajaran

Supatmi, Sri. 2010. Pengaruh Sensor LDR Terhadap Pengontrol Lampu. : Universitas Komputer Indonesia

Unknown. 2011. <https://koloniaksara.wordpress.com/2011/08/22/sensor-mq-3/>

Unknown. 2015. *Datasheet* Sensor MQ 3 (<https://www.Pololu.com/file/0J310/MQ3.pdf>) (6 Maret 2015)

Wulaningrum, Suci. 2011. Desain Model Mekanik Alat Ukur Glukosa pada Sari Buah. Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh Nopember



LAMPIRAN



Singkong yang akan diolah menjadi tape



Pabrik Tape 67



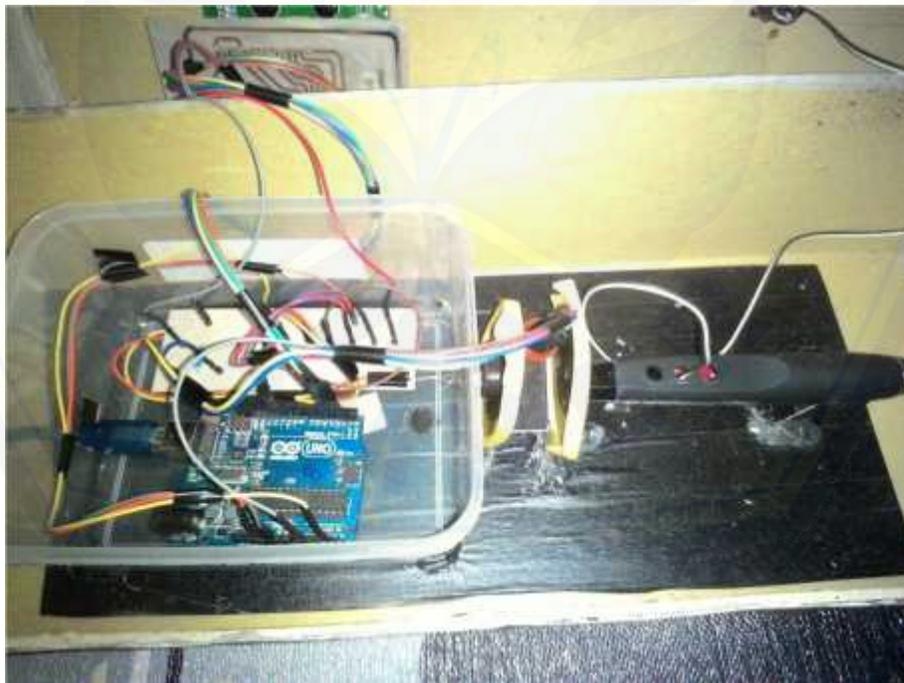
Tape yang akan diuji



Sari tape yang telah dimasukkan ke dalam tabung objek



Tampilan alat bagian luar



Tampilan alat bagian dalam

List Keseluruhan Program pada Arduino:

```
#include <SoftwareSerial.h>

#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(2,3,4,5,6,7);

float AL, gula;

float alc, glu;

int ana1 = 1;

int ana2 = 4;

float kecil, sedang, besar;

float rendah, bagus, tinggi;

float z1,z2,z3,z4,z5,z6,z7,z8,z9;

float a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7,a8,a9;

float atas;

float bawah;

float IMT = 0; //sama dengan output COA

float COA; //output COA

void setup()

{

    // Initialize the Serial port:

    Serial.begin(9600);

    lcd.begin(16,2);

    pinMode(ana1,OUTPUT);
```

```
    pinMode(ana2,OUTPUT);
}

void loop (){

    AL = analogRead (ana1);
    alc= (0.0177 * AL - 12.445);
    Serial.print("alkohol: ");
    Serial.print(alc);
    gula = analogRead (ana2);
    glu= (0.5716 * gula - 11.125);
    Serial.print("Gula: ");
    Serial.println(gula);
    delay(1000);
    fuzzy (); //----->go to fuzzy
}

void fuzzy ()
//-----startFuzzy-----//
{
//-----defuzifikasi AL-----//
    if (AL >=0,87 && AL <=2,82)
    {rendah = (2,82-AL)/(2,82);}
    if (AL >=1,07 && AL <=4,56)
```

```
{sedang = (AL-1,07)/(4,56-1,07);}

else if (AL >3,9 && AL <=4.76)

{tinggi = (AL-3,9)/(4.76-3,9);}

//-----defuzifikasi GULA-----//

if (gula >=254,1 && gula <=262,9)

{kecil = (262,9-gula)/(262,9);}

if (gula >=259,14 && gula <=292,27)

{bagus = (gula-259,14)/(292,27-259,14);}

else if (gula > 289,97 && gula <=297.32) //297.32//

{besar = (gula - 289,97)/(297.32-289,97);}

//----- rule base-----//

a1 = min(kecil,rendah); // tidak bagus

z1 = (a1*75) + 150;

a2 = min(kecil,bagus); //bagus

z2 = 135 - (a2*15);

a3 = min(kecil,tinggi); //tidak bagus

z3 = (a3*90) + 150;

a4 = min(sedang,rendah); //biasa

z4 = 60 - (a4*60);

a5 = min(sedang,sedang); // bagus

z5 = 135 - (a5*15); //

a6 = min(sedang,tinggi); //tidak bagus

z6 = (a6*75) + 150;
```

```
a7 = min(besar, rendah); // tidak bagus
z7 = (a7*75) + 150;
a8 = min(besar, bagus); // tidak bagus
z8 = (a8*75) + 150;
a9 = min(besar,tinggi);// tidak bagus
z9 = (a9*75) + 150;
//-----defuzzyfikasi-----//
atas =
(a1*z1)+(a2*z2)+(a3*z3)+(a4*z4)+(a5*z5)+(a6*z6)+(a7*z7)+(a8*z8)+(a9*z9);
bawah = (a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9);
COA = atas / bawah;
//-----endFuzzy-----//
/*Serial.print("z1: ");
Serial.print(z1);
Serial.print(" z2: ");
Serial.print(z2);
Serial.print(" z3: ");
Serial.print(z3);
Serial.print(" z4: ");
Serial.print(z4);
Serial.print(" z5: ");
Serial.print(z5);
Serial.print(" z6: ");
```

```
Serial.print(z6);
```

```
Serial.print(" z7: ");
```

```
Serial.print(z7);
```

```
Serial.print(" z8: ");
```

```
Serial.print(z8);
```

```
Serial.print(" z9: ");
```

```
Serial.print(z9);
```

```
Serial.print(" a1: ");
```

```
Serial.print(a1);
```

```
Serial.print(" a2: ");
```

```
Serial.print(a2);
```

```
Serial.print(" a3: ");
```

```
Serial.print(a3);
```

```
Serial.print(" a4: ");
```

```
Serial.print(a4);
```

```
Serial.print(" a5: ");
```

```
Serial.print(a5);
```

```
Serial.print(" a6: ");
```

```
Serial.print(a6);
```

```
Serial.print(" a7: ");
```

```
Serial.print(a7);
```

```
Serial.print(" a8: ");
```

```
Serial.print(a8);  
  
Serial.print(" a9: ");  
  
Serial.print(a9);  
  
  
Serial.print("kecil: ");  
Serial.print(kecil);  
Serial.print("sedang: ");  
Serial.print(sedang);  
Serial.print("besar: ");  
Serial.print(besar);  
Serial.print("rendah: ");  
Serial.print(rendah);  
Serial.print("bagus ");  
Serial.println(bagus);  
Serial.print("tinggi ");  
Serial.println(tinggi);*/  
  
Serial.print("COA: ");  
Serial.print(COA);  
IMT = COA;  
Serial.print("\n");  
delay(200);  
hasil ();
```

```
}  
  
void hasil()  
{  
  if ((IMT>=0) && (IMT<=60))  
  {  
    Serial.println("BIASA");  
  }  
  if ((IMT>=15) && (IMT<=135))  
  {  
    Serial.println("BAGUS ");  
  }  
  if ((IMT>=75) && (IMT<=135))  
  {  
    Serial.println("TIDAK BAGUS ");  
  }  
}
```