

BAB II

LANDASAN TEORI

Teori-teori yang digunakan dalam perancangan perangkat keras dan perangkat lunak adalah studi dari keputusan berupa data-data literature dari masing-masing komponen, informasi dari internet serta konsep-konsep teori buku penunjang, antara lain:

2. Landasan Teori

2.1 Flavor Durian

Ciri utama durian yang paling menonjol adalah aromanya yang khas. Rasa dan aroma durian tergantung pada waktu pemanenan buah. Buah durian yang dipanen 75 - 106 hari setelah pembuahan menghasilkan daging buah durian dengan mutu yang kurang baik pada saat matang, sedangkan buah yang dipanen 113 - 127 hari setelah pembuahan daging buah mempunyai mutu (rasa dan aroma) yang baik pada saat matang. Jenis komponen volatil pada buah durian berbeda tergantung jenis durian. Durian Singapura mempunyai 25 komponen volatil yang terdiri dari 7 komponen sulfur, 12 ester alifatik, 2 aldehid dan 4 alkohol, dengan komponen utama etil-2-metil butanoat, etanol dan propan-1-ol, sedangkan durian Malaysia mengandung komponen propan-1-tiol tetapi tidak mengandung komponen tiol ester lainnya seperti durian Singapura. Komponen volatil lain yang berperan dalam pembentukan aroma durian yaitu hidrogen sulfida, dialkil polisulfida, etil ester dan 1,1-dietoksi etana. Menurut Mosser et al. (1980) senyawa flavor utama pada daging buah durian adalah hidrogen sulfida, etil hidrodisulfida, dan beberapa dialkilpolisulfida, terutama $(C_2H_5)_2S_n$, dimana $n =$

2 atau 3. Etil asetat, 1,1-dietoksi etana dan etil-2-metilbutanoat memberikan pengaruh seperti bau buah-buahan.

Hidrogen sulfida merupakan prekursor terbentuknya dialkil polisulfida dan alkil hidrodisulfida. Senyawa disulfida dan trisulfida juga merupakan turunan dari hidrogen sulfida, yang jumlahnya bertambah dengan semakin matangnya buah durian, sedangkan senyawa etil hidrodisulfida akan berkurang dengan semakin matangnya buah. Senyawa 1,1-dietoksietana merupakan senyawa utama pada minuman beralkohol, dan diduga semakin meningkat dengan semakin lamanya penyimpanan buah durian. Aroma khas durian dari Parung dibentuk oleh komponen volatil etil-2-metil butanoat, 3-hidroksi-2-butanon, asam 2-hidroksi propanoat dan asam 2-metil butanoat, sedangkan komponen yang juga berperan dalam aroma durian mentah adalah 3,5-dimetil-1,2,4-tritriolan, 1,1-dietoksi etana dan etil oktanoat . Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa komponen volatil tiga klon durian yang berasal dari Malaysia mengandung 63 senyawa volatil, yang terdiri dari 30 senyawa ester, 16 senyawa yang mengandung sulfur, lima keton, delapan alkohol dan empat senyawa lain. Ketiga klon yang diuji memiliki ester dan keton dengan proporsi yang hampir sama. Tetapi ada variasi yang besar dari kandungan senyawa sulfur yang dihasilkan oleh ketiga klon tersebut. Senyawa ester, yang diduga merupakan senyawa pemberi karakter buah durian, mempunyai kontribusi berkisar dari 49,25% sampai 57,88% dari total senyawa volatil yang dihasilkan durian. Kandungan senyawa sulfur ketiga klon berkisar dari 3,31% sampai 13,92%, sehingga bau yang dihasilkan ketiga klon ini juga berbeda (Wong dan Tie, 1995). Hasil penelitian Weenen et al. (1996) pada tiga varietas durian Indonesia memperlihatkan bahwa dengan lima kali dilusi teridentifikasi 43

komponen yang berkontribusi pada flavor durian dan 24 diantaranya adalah senyawa sulfur, sedangkan dengan 50 kali dilusi teridentifikasi 17 komponen flavor dengan 11 diantaranya adalah senyawa sulfur. Diantara tiga senyawa sulfur yang memberikan bau kuat, senyawa 3,5-dimetil-1,2,4-tritiolan menunjukkan bau durian terkuat. Hal ini sejalan dengan penelitian Wong dan Tie (1995) yang juga mengidentifikasi bahwa dua isomer senyawa 3,5-dimetil-1,2,4-tritiolan sebagai komponen sulfur utama dalam durian.

Senyawa lain yang dominan dalam durian adalah 3-hidroksi-2-butanon, etil-2-metil butanoat dan heksadekanol. Durian varietas Chane dan Koclak mengandung lebih dari 45% 3-hidroksi-2-butanon, sedangkan varietas Boboko hanya 14%. Senyawa non-sulfur yang berkontribusi pada aroma durian adalah etil-2-metilbutanoat. Hasil penelitian lain pada durian yang berasal dari Purworejo teridentifikasi 43 senyawa sulfur dalam ekstrak pentana. Sebanyak 22 senyawa diidentifikasi sebagai senyawa baru yang termasuk dalam golongan senyawa dialkil di- dan trisulfida, 3-(alkiltio)- dan 3-(alkilditio)-butan-1-ol, 1,1-bis(alkiltio)alkana, 1-(alkiltio)-1-(alkilditio)alkana, tritiolan dan S-alkil tioester. Senyawa lain yaitu etil (Z,Z)-, (E,Z)- dan (E,E)-deka-2,4-dienoat, etil (3Z,6Z)-dekadienoat serta etil (E,Z,Z)- dan (E,E,Z)-dekatrienoat merupakan senyawa flavor yang tidak umum, tetapi berkontribusi secara nyata pada aroma buah dari durian (<http://foodreview.co.id/>).

2.2 Sensor TGS 2620

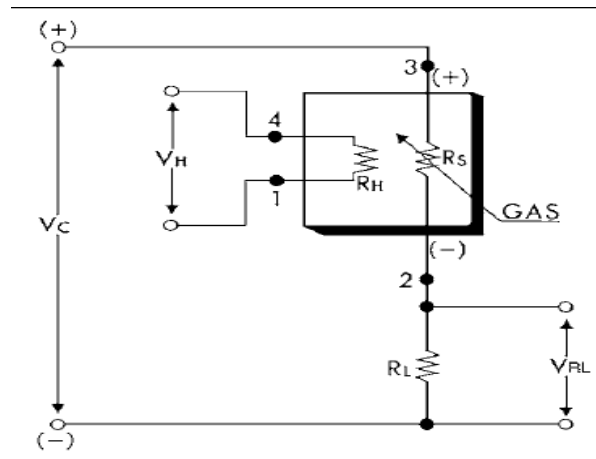
Sensor ini dapat mendeteksi beberapa gas, yaitu gas methane, CO, Isobutan, hydrogen dan ethanol. Fitur dari sensor ini adalah :

1. Konsumsi daya rendah.
2. Sensitivitas tinggi terhadap alkohol dan uap pelarut organik.
3. Tahan lama dan biaya rendah.
4. Menggunakan rangkaian listrik sederhana.

Penggunaan :

1. Penguji alkohol.
2. Detektor uap Organik .

Sensor TGS2620 ini mempunyai elemen-elemen untuk mendeteksi gas, terdiri dari lapisan logam oksida semikonduktor berbentuk substrat alumina dari sebuah chip sensor yang terintegrasi dengan *heater*. Dengan adanya gas yang terdeteksi, tingkat konduktivitas sensor akan naik tergantung pada tingkat konsentrasi gas di udara. Sehingga dalam sensor ini akan mengeluarkan output berupa hambatan, TGS2620 memiliki sensitivitas tinggi terhadap uap dan pelarut organik serta uap yang mudah menguap lainnya. Sensor ini juga memiliki kepekaan terhadap berbagai gas yang mudah terbakar seperti karbon monoksida, sensor TGS2620 hanya membutuhkan arus untuk *heater* sebesar 42mA. Untuk mendapatkan output sebuah tegangan analog maka kita butuh rangkaian tambahan, seperti berikut :



Gambar 2.1 Rangkaian TGS2620 (www.figarosensor.com).

Sensor memerlukan dua input tegangan, tegangan heater (V_H) dan tegangan sirkuit (V_C). Pemanas tegangan (V_H) diterapkan untuk pemanas terintegrasi dan mempertahankan elemen penginderaan pada suhu tertentu yang optimal untuk penginderaan.

Tegangan sirkuit (V_C) adalah tegangan yang digunakan untuk memungkinkan pengukuran tegangan (V_{RL}) di resistor beban (R_L) yang terhubung secara seri dengan sensor. Sebuah rangkaian listrik umumnya dapat digunakan pada V_C dan V_H untuk memenuhi kebutuhan listrik sensor.

Nilai resistor beban (R_L) harus dipilih untuk mengoptimalkan ambang batas nilai, menjaga konsumsi daya (PS) dari semikonduktor batas bawah 15mW. Konsumsi daya (PS) akan menjadi paling tinggi ketika nilai R_s adalah sama dengan R_L pada paparan gas (www.figarosensor.com).

Nilai daya (PS) dapat dihitung dengan memanfaatkan rumus berikut :

$$P_s = \frac{(VC - VRL)^2}{R_s}$$

PS = konsumsi daya (Watt).

VC = tegangan Sirkuit (Volt).

VRL = tegangan beban resistor (Volt).

RS = resistansi sensor (Ohm).

Resistansi sensor (Rs) dihitung dengan nilai yang diukur dari VRL menggunakan rumus berikut :

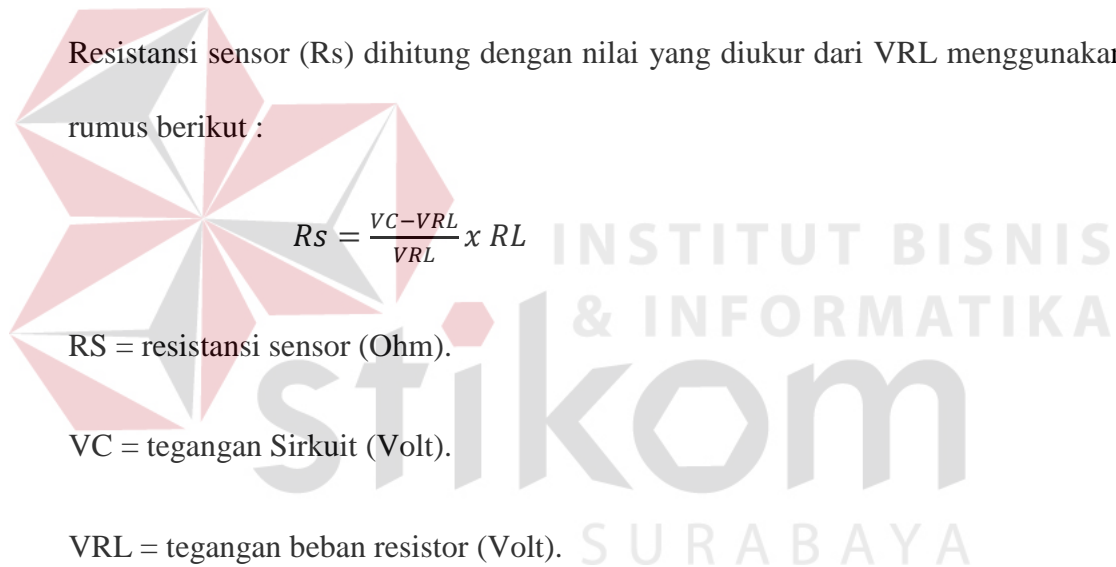
$$R_s = \frac{VC - VRL}{VRL} \times R_L$$

RS = resistansi sensor (Ohm).

VC = tegangan Sirkuit (Volt).

VRL = tegangan beban resistor (Volt).

RL = beban resistor (Ohm).



Spesifikasi TGS2620 :

Model number		TGS 2620-C00	
Sensing element type		D1	
Standard package		TO-5 metal can	
Target gases		Alcohol, Solvent vapors	
Typical detection range		50 ~ 5,000 ppm	
Standard circuit conditions	Heater Voltage	V_H	5.0±0.2V DC/AC
	Circuit voltage	V_C	5.0±0.2V DC/AC $P_S \leq 15mW$
	Load resistance	R_L	Variable 0.45kΩ min.
Electrical characteristics under standard test conditions	Heater resistance	R_H	83Ω at room temp. (typical)
	Heater current	I_H	42 ± 4mA
	Heater power consumption	P_H	approx. 210mW
	Sensor resistance	R_S	1 ~ 5 kΩ in 300ppm ethanol
	Sensitivity (change ratio of R_S)		0.3 ~ 0.5 $\frac{R_S(300ppm)}{R_S(50ppm)}$
Standard test conditions	Test gas conditions	Ethanol vapor in air at 20±2°C, 65±5%RH	
	Circuit conditions	$V_C = 5.0 \pm 0.01V$ DC $V_H = 5.0 \pm 0.05V$ DC	
	Conditioning period before test	7 days	

Gambar 2.2 Spesifikasi TGS2620 (www.figarosensor.com).

Gambar 2.3 merupakan karakteristik sensitivitas khas, semua data yang telah dikumpulkan pada kondisi uji standar (lihat sisi belakang lembar ini). Sumbu Y diindikasikan sebagai sensor rasio resistensi (R_S / R_0) yang didefinisikan sebagai berikut:

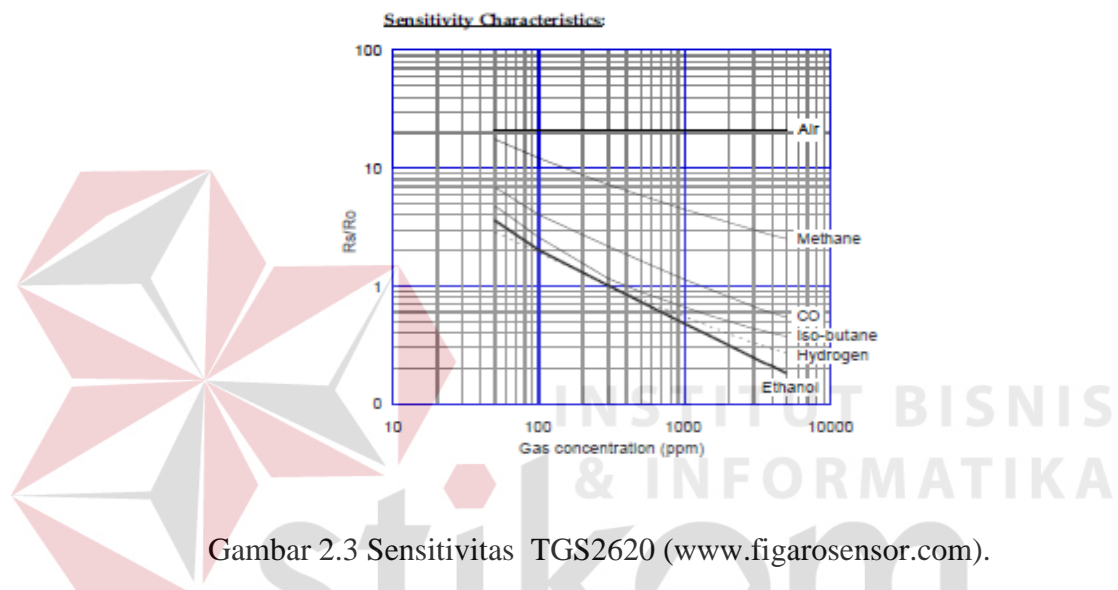
R_S = hambatan sensor gas ditampilkan di berbagai konsentrasi.

R_0 = resistansi sensor di 300ppm etanol.

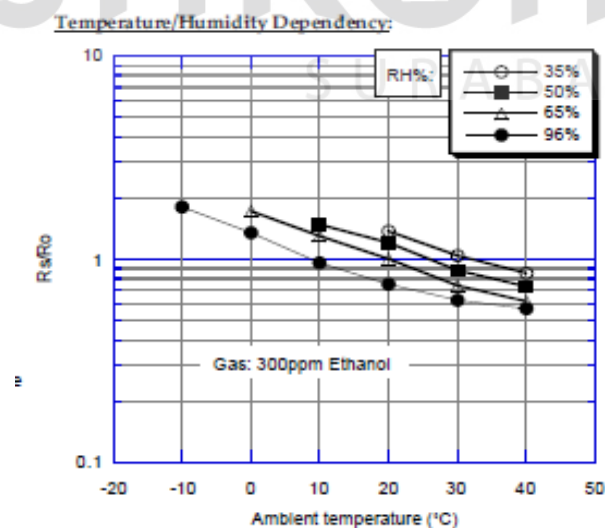
Dan pada gambar 2.4 merupakan suhu yang khas dan karakteristik kelembaban yang ketergantungan. Sumbu Y diindikasikan sebagai rasio resistansi sensor (R_s / R_o), didefinisikan sebagai berikut:

R_s = hambatan Sensor di 300ppm etanol pada berbagai suhu / kelembaban.

R_o = Resistensi Sensor di 300ppm etanol pada 20 ° C dan 65% R.H.



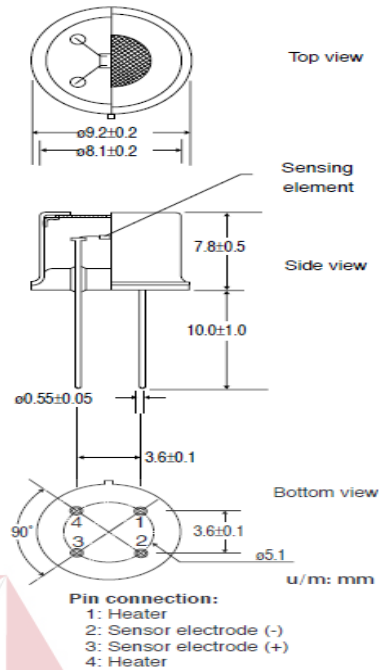
Gambar 2.3 Sensitivitas TGS2620 (www.figarosensor.com).



Gambar 2.4 Grafik Temperatur Gas TGS2620 (www.figarosensor.com).

Struktur dan dimensi :

Structure and Dimensions:



Gambar 2.5 Struktur dan Dimensi TGS2620 (www.figarosensor.com).

2.3 Sensor TGS 2600

Sensor TGS 2600 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi udara segar (O_2) pada lingkungan yang terkontaminasi. Fitur dari sensor ini adalah :

1. Sensitivitas tinggi untuk senyawa organik yang mudah menguap dan gas berbau.
2. Konsumsi daya rendah.
3. Sensitivitas tinggi untuk kontaminasi pada udara segar (O_2).
4. Tahan lama.
5. Ukuran kecil.

Penggunaan :

1. Pembersih udara.
2. Kontrol Ventilasi.
3. Memantau Kualitas udara.

Sensor TGS2600 ini mempunyai elemen-elemen untuk mendeteksi gas, terdiri dari lapisan logam oksida semikonduktor berbentuk substrat alumina dari sebuah chip sensor yang terintegrasi dengan *heater*. Dengan adanya gas yang terdeteksi, tingkat konduktivitas sensor akan naik tergantung pada tingkat konsentrasi gas di udara. Sehingga dalam sensor ini akan mengeluarkan output berupa hambatan. TGS 2600 memiliki sensitivitas yang tinggi untuk konsentrasi gas yang rendah di udara seperti hidrogen dan karbon monoksida yang ada dalam asap rokok. Sensor dapat mendeteksi hidrogen pada beberapa tingkat ppm, TGS 2600 hanya membutuhkan arus *heater* sebesar 42mA.

Pada gambar 2.6 merupakan ciri karakteristik sensitivitasnya, semua data yang telah dikumpulkan pada kondisi standar . sumbu Y diindikasikan sebagai perbandingan hambatan sensor (R_s/R_o) didefinisikan sebagai berikut :

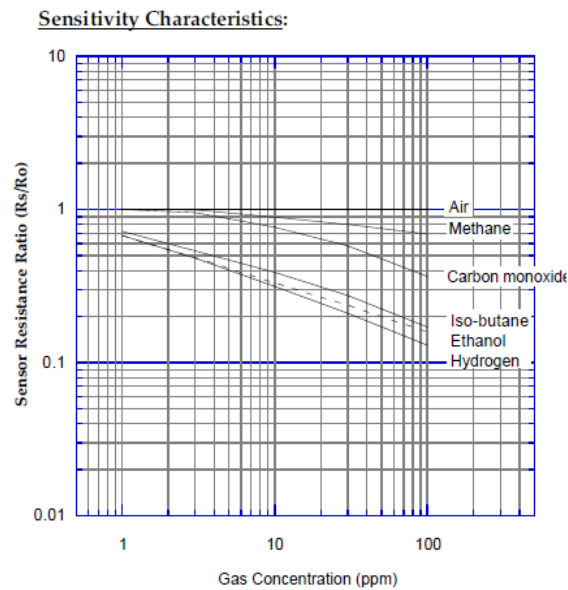
R_s = hambatan Sensor gas ditampilkan diberbagai konsentrasi.

R_o = hambatan Sensor di udara segar.

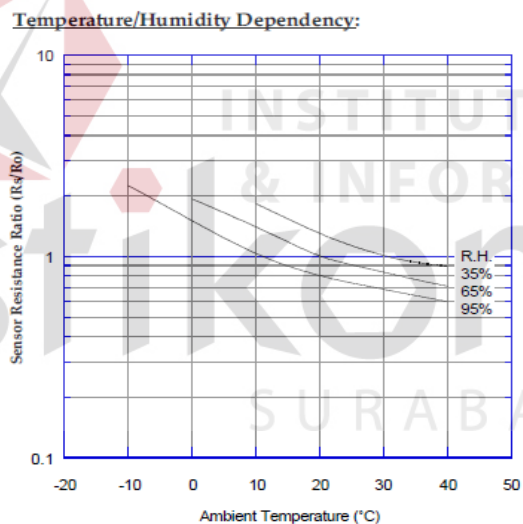
Dan pada gambar 2.7 merupakan tipikal suhu dan karateristik kelembaban. Sekali lagi, sumbu Y diindikasikan sebagai rasio resistansi sensor (R_s / R_o), didefinisikan sebagai berikut:

R_s = hambatan Sensor di udara segar pada berbagai suhu / kelembaban.

R_o = hambatan Sensor di udara segar pada 20 ° C dan 65% R.H.



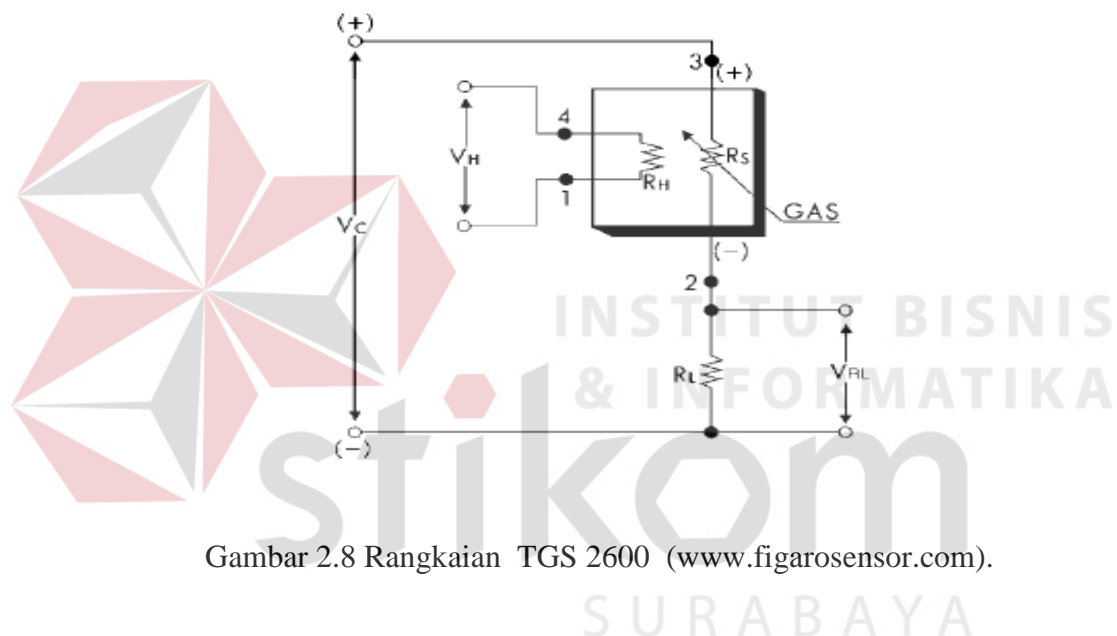
Gambar 2.6 Sensitivitas TGS 2600 (www.figarosensor.com).



Gambar 2.7 Grafik Temperatur Gas TGS 2600 (www.figarosensor.com).

Sensor memerlukan dua input tegangan: tegangan *heater* (VH) dan tegangan sirkuit (VC). Tegangan *heater* (VH) digunakan pada *heater* yang terintegrasi untuk mempertahankan elemen penginderaan pada suhu tertentu yang optimal untuk penginderaan. Tegangan sirkuit (VC) adalah tegangan yang diterapkan untuk memungkinkan pengukuran tegangan (V_{out}) pada beban resistor

(RL) yang terhubung secara seri dengan sensor. Tegangan DC diperlukan untuk tegangan sirkuit karena sensor memiliki polaritas. Sebuah rangkaian listrik sederhana dapat digunakan pada kedua VC dan VH untuk memenuhi kebutuhan listrik sensor. Nilai beban resistor (RL) harus dipilih untuk mengoptimalkan ambang batas nilai, menjaga konsumsi daya (PS) dari batas bawah semikonduktor 15mW. Konsumsi daya (PS) akan menjadi tinggi ketika nilai Rs sama dengan nilai RL pada paparan gas (www.figarosensor.com).



Gambar 2.8 Rangkaian TGS 2600 (www.figarosensor.com).

Nilai konsumsi daya (PS) dapat dihitung dengan memanfaatkan berikut rumus:

$$PS = \frac{(Vc - Vout)^2}{Rs}$$

PS = konsumsi daya (Watt).

VC = tegangan sirkuit (Volt).

Vout = tegangan *output* (Volt).

RS = resistansi sensor (Ohm).

Resistansi sensor (R_s) dapat dihitung dengan mengukur nilai V_{out} menggunakan rumus berikut:

$$R_s = \frac{V_c \times R_L}{V_{out}} - R_L$$

R_S = resistansi sensor (Watt).

V_C = tegangan sirkuit (Volt).

R_L = beban resistor (Ohm).

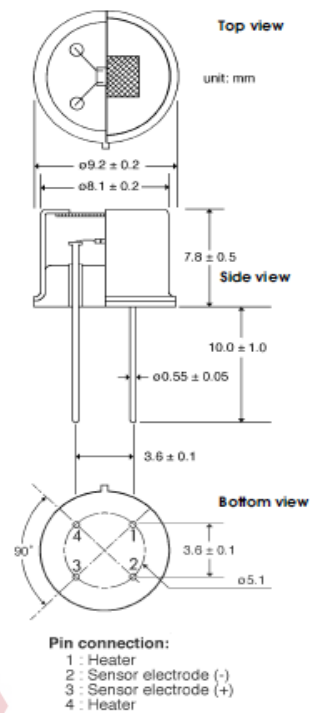
V_{out} = tegangan *output* (Volt).

Spesifikasi TGS2600 :

Model number		TGS 2600	
Sensing element type		D1	
Standard package		TO-5 metal can	
Target gases		Air contaminants	
Typical detection range		1 ~ 10 ppm of H ₂	
Standard circuit conditions	Heater voltage	V_H	5.0±0.2V DC/AC
	Circuit voltage	V_C	5.0±0.2V DC $P_s \leq 15mW$
	Load resistance	R_L	Variable $P_s \leq 15mW$
Electrical characteristics under standard test conditions	Heater resistance	R_H	approx. 83Ω at room temp. (typical)
	Heater current	I_H	42±4mA
	Heater power consumption	P_H	210mW $V_H=5.0V$ DC
	Sensor resistance	R_s	10k~90kΩ in air
	Sensitivity (change ratio of R_s)		0.3~0.6 $\frac{R_s(10ppm\ of\ H_2)}{R_s(air)}$
Standard test conditions	Test gas conditions	normal air at 20±2°C, 65±5%RH	
	Circuit conditions	$V_C = 5.0\pm 0.01V$ DC $V_H = 5.0\pm 0.05V$ DC	
	Conditioning period before test	7 days	

Gambar 2.9 Spesifikasi TGS 2600 (www.figarosensor.com).

Struktur dan dimensi:



Gambar 2.10 Struktur dan dimensi TGS 2600 (www.figarosensor.com).

2.4 Arduino

Arduino merupakan rangkaian elektronik yang bersifat *open source*, serta memiliki perangkat keras dan lunak yang mudah untuk digunakan. Arduino dapat mengenali lingkungan sekitarnya melalui berbagai jenis sensor dan dapat mengendalikan lampu, motor, dan berbagai jenis aktuator lainnya. Arduino mempunyai banyak jenis, di antaranya Arduino Uno, Arduino Mega 2560, Arduino Fio, dan lainnya (www.arduino.cc).

2.5 Arduino Uno

2.5.1 Pengertian Arduino Uno

Arduino uno adalah sebuah board mikrokontroller yang berbasis ATmega328. Arduino uno memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino uno mampu mendukung mikrokontroller, dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Arduino uno memiliki kelebihan tersendiri disbanding board mikrokontroller yang lain selain bersifat open source, arduino uno juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino uno sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika memprogram mikrokontroller didalam arduino uno. Sedangkan pada kebanyakan board mikrokontroller yang lain yang masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroller. Port USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial. Arduino uno menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output.

Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam board kita bisa lihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi

juga sebagai pin output digital 14-16. Sifat open source arduino uno juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran. Bahasa pemrograman arduino uno merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler (Djuandi, 2011).



Gambar 2.11 Arduino Uno (www.arduino.cc).

Spesifikasi Teknis Arduino Uno

Tabel 2.1 Spesifikasi arduino uno (www.arduino.cc).

<i>Microcontroller</i>	ATmega328p
Operating Voltage	5 Volt
Input Voltage (recommended)	7-12 Volt
Input Voltage (limit)	6-20 Volt
Digital Input Output	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital Input Output Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per Input Output Pin	20 mA
DC Current for 3.3 Volt Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328p) of Which 0,5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328p)
EEPROM	1 KB (ATmega328p)

Clock Speed	16 MHz
Length	68,6 mm
Width	53,4 mm
Weight	25 g

2.5.2 Power Arduino Uno

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Eksternal (non-USB) dapat di ambil baik berasal dari AC ke adaptor DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan *plug jack* pusat-positif ukuran 2.1mm konektor *power*. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam *ground* dan Vin pin header dari konektor *power*. Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk *board* arduino uno adalah 7 sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil kemudian jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak *board* arduino uno (www.arduino.cc).

2.5.3 Memori

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan EEPROM library) (www.arduino.cc).

2.5.4 Input dan Output

Masing-masing dari 14 pin digital pada Arduino uno dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*, beroperasi dengan daya 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimal 40mA dan memiliki internal *pull-up*

resistor (secara default terputus) dari 20-50kOhm. Selain itu, ada beberapa pin yang memiliki fungsi khusus:

1. Serial

0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan *chip* Serial ATmega8U2 USB-to-TTL.

2. Interupsi eksternal

2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu *interrupt* pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai..

3. PWM

3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan *output* PWM 8-bit dengan fungsi *analogWrite* ().

4. SPI

10 (SS), 11 (Mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI library.

5. LED

13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai nilai *high*, LED *on*, dan ketika pin bernilai *low*, LED *off*.

6. I2C (TWI)

Pin A4 atau SDA dan A5 atau pin SCL. Dukungan komunikasi TWI menggunakan perpustakaan *Wire*.

Arduino uno memiliki 6 *input analog*, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

1. AREF

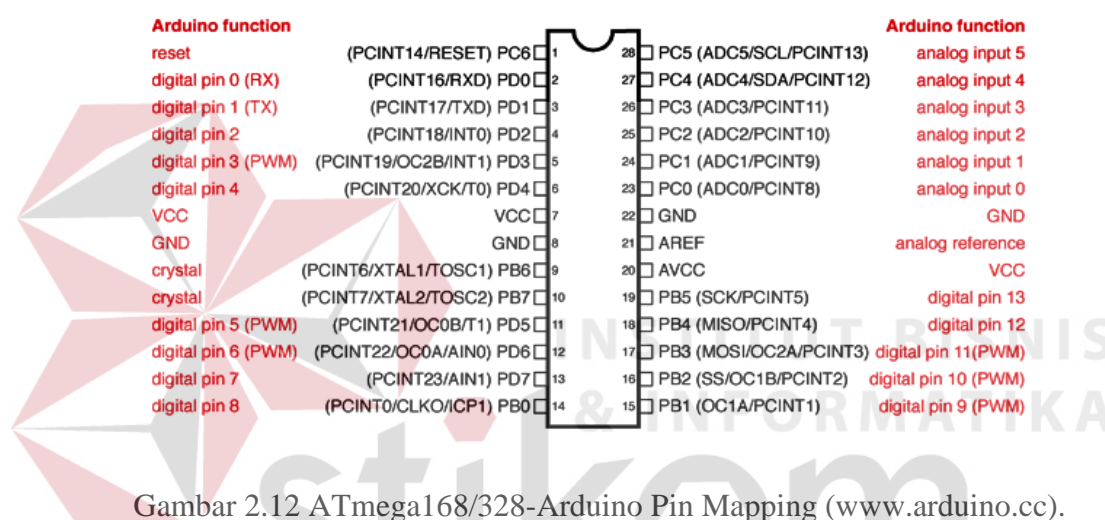
Tegangan referensi (0 sampai 5V saja) untuk input analog.

Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.

2. RESET

me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk tombol reset

sebagai pengaman di *board* arduino (www.arduino.cc).



Gambar 2.12 ATmega168/328-Arduino Pin Mapping (www.arduino.cc).

2.5.5 Komunikasi Arduino uno

Arduino uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) untuk komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai *port virtual com* untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* 8U2 menggunakan *driver* USB standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang diperlukan. Namun, pada *Windows* diperlukan, sebuah *file inf*. Pada perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor

data tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari board Arduino. LED RX dan TX di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chip* USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah *SoftwareSerial library* memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada *board* arduino uno. ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI (www.arduino.cc).

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan Kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang, misalnya dalam alat-alat elektronik, seperti kalkulator ataupun layar komputer. Pada LCD berwarna semacam monitor, terdapat banyak sekali titik cahaya (pixel) yang terdiri dari satu buah Kristal cair sebagai suatu titik cahaya. Walaupun disebut sebagai titik cahaya, namun Kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. LCD LMB 162A merupakan modul LCD buatan Topway dengan tampilan 2x16 karakter (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah, sekitar 5V DC. Dalam modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat microcontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Cristal Display*). microcontroller pada suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroler internal LCD adalah:

- a. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.

- b. CGRAM (Character Generator Random Access Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. CGROM (Character Generator Read Only Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (Liquid Cristal Display) tersebut sehingga pengguna tinggal mangambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

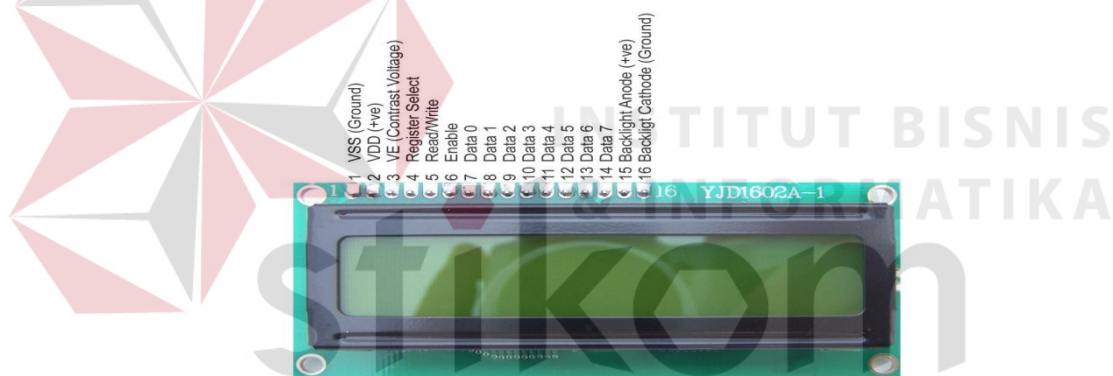
Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah :

- a. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (Liquid Cristal Display) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (Liquid Cristal Display) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- b. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (Liquid Cristal Display) diantaranya adalah :

- a. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (Liquid Cristal Display) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.

- b. Pin RS (Register Select) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
- c. Pin R/W (Read Write) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
- d. Pin E (Enable) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- e. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt (Madhawirawan, 2012).



Gambar 2.13 *Liquid Cristal Display* (LCD) (Madhawirawan, 2012).

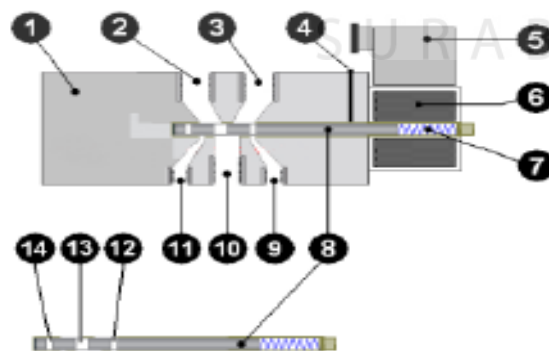
2.7 Katup *Pneumatic* (Valve)

Katup *pneumatic* adalah katup yang digerakkan oleh energy listrik, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk mengaktifkan *relay* dan dapat diaktifkan menggunakan arus AC maupun DC. Katup *pneumatic* (*valve*) mempunyai lubang keluaran, lubang masukan, lubang jebakan udara (*exhaust*) dan lubang *Inlet Main*. Lubang *Inlet Main*, berfungsi sebagai terminal

atau tempat udara masuk, lalu lubang keluaran (*Outlet Port*) dan lubang masukan (*Inlet Port*), berfungsi sebagai tempat tekanan angin keluar dan masuk yang dihubungkan dengan *pneumatic*, sedangkan lubang jebakan udara (*exhaust*), berfungsi untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat *plunger* bergerak atau pindah posisi ketika katup *pneumatic* bekerja. Gambar 2.14 menunjukkan bentuk katup *pneumatic* (*valve*), sedangkan dalam Gambar 2.15 menunjukkan bagian-bagian katup *pneumatic* (*valve*).



Gambar 2.14 Katup *Pneumatic* (*valve*) (Suwito, 2014).



Gambar 2.15 Bagian *Pneumatic* (Suwito, 2014).

1. *Valve Body*.
2. Terminal masukan (*Inlet Port*).

3. Terminal keluaran (*outlet Port*).
4. Manual *Plunger*.
5. Terminal *slot power supply* tegangan.
6. Kumparan (koil).
7. *Spring*.
8. *Plunger*.
9. Lubang jebakan udara (*exhaust from Outlet Port*).
10. Lubang *Inlet Main*.
11. Lubang jebakan udara (*axhaust from Inlet Port*).
12. Lubang *plunger* untuk *exhaust Outlet Port*.
13. lubang *plunger* untuk *Inlet Main*.
14. lubang *plunger* untuk *exhaust Inlet Port*.

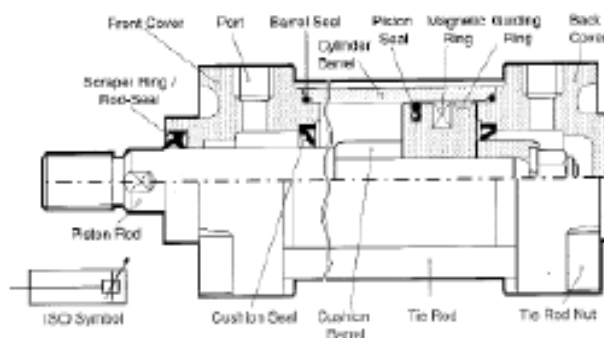
Prinsip kerja dari *valve* yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakannya, dimana ketika koil mendapatkan supplay tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan *plunger*, pada bagian dalamnya ketika *plunger* berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari *valve* akan keluar udara bertekanan yang berasal dari *supplay*. Pada umumnya *valve* mempunyai tegangan kerja 24 volt DC (Suwito, 2014).

2.8 Air Cylinder

2.8.1 Cylinder Double Acting

Silinder pneumatik atau sering juga disebut *air cylinder*, adalah peralatan mekanik yang memanfaatkan kekuatan dari udara bertekanan untuk menghasilkan gerakan maju mundur secara linier. Gaya dari udara bertekanan yang masuk

menggerakkan *piston* dalam silinder sehingga *piston rod* atau yang biasa juga disebut *stroke*, akan ikut bergerak ke arah yang tekanan udaranya lebih rendah. *Piston rod* itulah yang dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Bagian-bagian silinder *double acting* terlihat dalam Gambar 2.16



Gambar 2.16 Air Cylinder (Suwito, 2014).

Biasanya silinder pneumatik lebih banyak disukai penggunaannya karena lebih tidak berisik bila dibandingkan motor dan tidak membutuhkan ruang banyak untuk menyimpan udara. Karena fluida yang digunakan adalah udara, kebocoran pada silinder pneumatik tidak akan menetes dan mengkontaminasi lingkungan sekitar silinder, sehingga silinder pneumatik dapat digunakan pada ruangan yang harus bebas dari kontaminasi. Silinder *double acting* adalah silinder pneumatik yang menggunakan tekanan udara untuk bergerak maju dan mundur.

Berbeda dengan silinder *single acting* yang salah satu gerak maju atau mundurnya menggunakan pegas. Pada silinder *double acting* terdapat dua lubang tempat udara masuk, satu untuk maju dan satu untuk mundur. Panjang *stroke* yang digunakan bervariasi, tergantung dengan pemanfaatan silinder (Suwito, 2014).

2.9 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



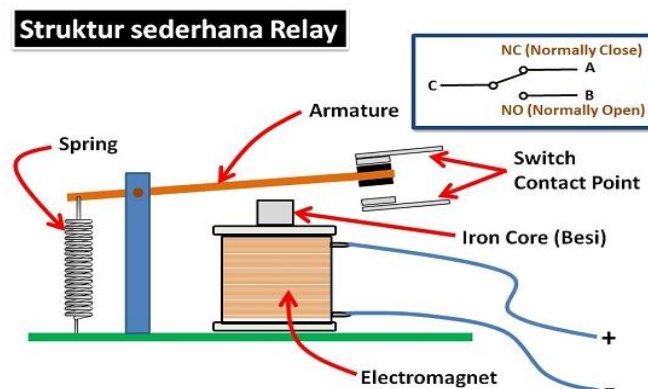
Gambar 2.17 Bentuk *Relay* (<http://teknikelektronika.com>).

2.9.1 Prinsip Kerja Relay

Pada dasarnya, *Relay* terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. *Electromagnet (Coil)*
2. *Armature*
3. *Switch Contact Point (Saklar)*
4. *Spring*

Berikut pada gambar 2.18 merupakan bagian-bagian *Relay* :



Gambar 2.18 Struktur *Relay* (<http://teknikelektronika.com>).

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup).
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka).

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *Coil* yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan *Coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya *Elektromagnet* yang kemudian menarik *Armature* untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *Armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi *OPEN* atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *Armature* akan kembali lagi ke posisi Awal

(NC). *Coil* yang digunakan oleh *Relay* untuk menarik *Contact Poin* ke Posisi *Close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

2.9.2 Arti *Pole* dan *Throw* pada *Relay*

Karena *Relay* merupakan salah satu jenis dari Saklar, maka istilah *Pole* dan *Throw* yang dipakai dalam Saklar juga berlaku pada *Relay*.

Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai Istilah *Pole* and *Throw* :

- ***Pole*** : Banyaknya Kontak (*Contact*) yang dimiliki oleh sebuah relay
- ***Throw*** : Banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah Kontak (*Contact*)

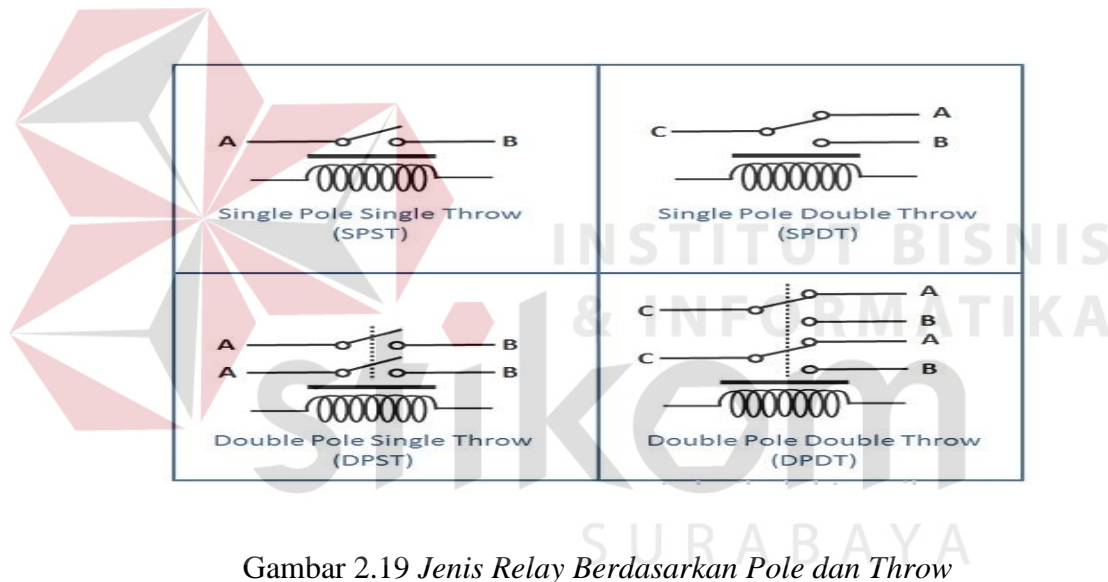
Berdasarkan penggolongan jumlah *Pole* dan *Throw*-nya sebuah *relay*, maka *relay* dapat digolongkan menjadi :

- ***Single Pole Single Throw (SPST)*** : *Relay* golongan ini memiliki 4 Terminal, 2 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk *Coil*.
- ***Single Pole Double Throw (SPDT)*** : *Relay* golongan ini memiliki 5 Terminal, 3 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk *Coil*.
- ***Double Pole Single Throw (DPST)*** : *Relay* golongan ini memiliki 6 Terminal, diantaranya 4 Terminal yang terdiri dari 2 Pasang Terminal Saklar sedangkan 2 Terminal lainnya untuk *Coil*. *Relay* DPST dapat dijadikan 2 Saklar yang dikendalikan oleh 1 *Coil*.
- ***Double Pole Double Throw (DPDT)*** : *Relay* golongan ini memiliki Terminal sebanyak 8 Terminal, diantaranya 6 Terminal yang merupakan 2

pasang *Relay* SPDT yang dikendalikan oleh 1 (*single*) *Coil*. Sedangkan 2 Terminal lainnya untuk *Coil*.

Selain Golongan *Relay* diatas, terdapat juga *Relay-relay* yang *Pole* dan *Throw*-nya melebihi dari 2 (dua). Misalnya 3PDT (*Triple Pole Double Throw*) ataupun 4PDT (*Four Pole Double Throw*) dan lain sebagainya (<http://teknikelektronika.com>).

Untuk lebih jelas mengenai Penggolongan *Relay* berdasarkan Jumlah *Pole* dan *Throw*, silahkan lihat gambar 2.19 :



Gambar 2.19 Jenis *Relay* Berdasarkan *Pole* dan *Throw*

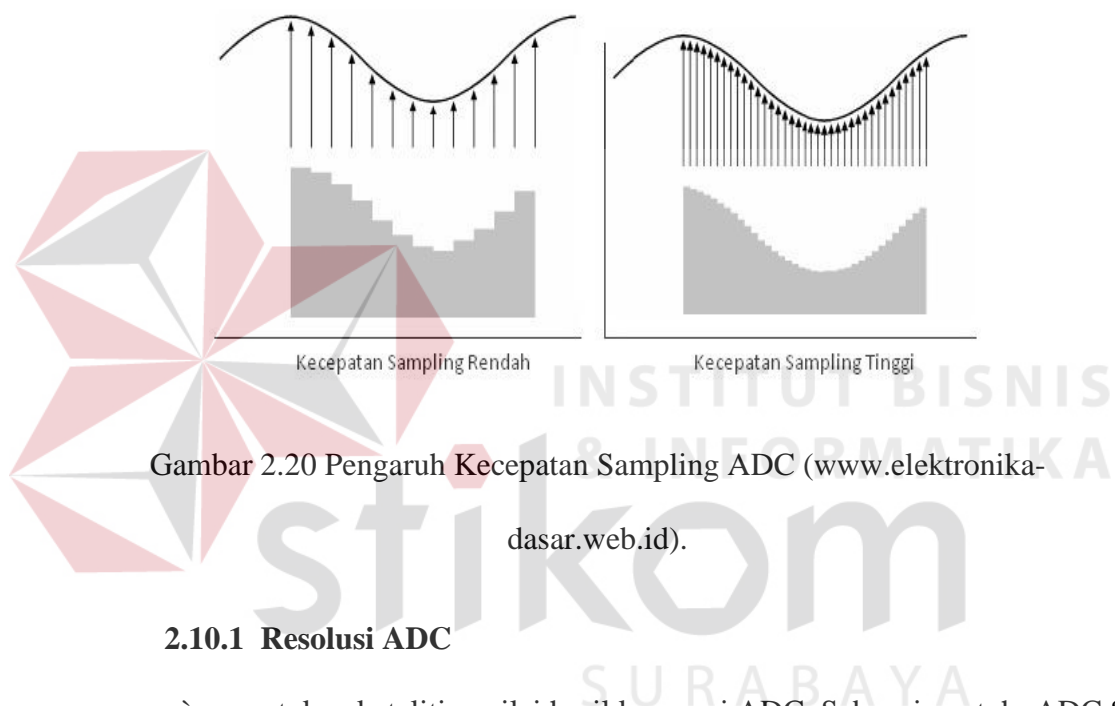
(<http://teknikelektronika.com>).

2.10 Analog to Digital Converter (ADC)

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input *analog* menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/pengujian.

Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya,

tekanan/berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital (komputer). ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per second (SPS).



Gambar 2.20 Pengaruh Kecepatan Sampling ADC (www.elektronika-dasar.web.id).

2.10.1 Resolusi ADC

menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^n - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

2.10.2 Prinsip kerja ADC

adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi (V_{ref}) 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner).

2.11 Fuzzy Logic

Sistem fuzzy secara umum terdapat 5 langkah dalam melakukan penalaran, yaitu:

1. Memasukkan input fuzzy.
2. Mengaplikasikan operator fuzzy.
3. Mengaplikasikan metode implikasi.
4. Komposisi semua output.
5. Defuzifikasi.

Logika Fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam ruang output. Untuk sistem yang sangat rumit, penggunaan logika fuzzy (*fuzzy logic*) adalah salah satu pemecahannya. Sistem tradisional dirancang untuk mengontrol keluaran tunggal yang berasal dari beberapa masukan yang tidak saling berhubungan. Karena ketidaktergantungan ini, penambahan masukan yang baru akan memperumit proses kontrol dan membutuhkan proses perhitungan kembali dari semua fungsi. Kebalikannya, penambahan masukan baru pada sistem fuzzy, yaitu sistem yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip logika fuzzy, hanya

membutuhkan penambahan fungsi keanggotaan yang baru dan aturan-aturan yang berhubungan dengannya.

Secara umum, sistem fuzzy sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama 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. Pemrosesan awal sejumlah besar nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem fuzzy mengurangi jumlah nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem fuzzy mengurangi jumlah nilai yang harus dipergunakan pengontrol untuk membuat suatu keputusan. 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.

Ada beberapa alasan penggunaan Logika Fuzzy :

1. Logika Fuzzy sangat fleksibel.
2. Logika Fuzzy memiliki toleransi.
3. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.

4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

Sistem fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. L. A. Zadeh dari Berkelay pada tahun 1965. Sistem fuzzy merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamis.

Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tak pasti. Sistem ini menduga suatu fungsi dengan logika fuzzy. Dalam logika fuzzy terdapat beberapa proses yaitu penentuan himpunan fuzzy, penerapan aturan *IF-THEN* dan proses inferensi fuzzy. Ada beberapa metode untuk merepresentasikan hasil logika fuzzy yaitu metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen direpresentasikan dengan himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan monoton. Output hasil inferensi masing-masing aturan adalah z , berupa himpunan biasa (*crisp*) yang ditetapkan berdasarkan -predikatnya. Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobotnya. Metode Sugeno mirip dengan metode Mamdani, hanya *output* (konsekuen) tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Ada dua model metode

Sugeno yaitu model fuzzy sugeno orde nol dan model fuzzy sugeno orde satu.

Bentuk umum model fuzzy sugeno orde nol adalah :

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } \dots \text{ o } (x_n \text{ is } A_n) THEN z = k$$

Bentuk umum model fuzzy Sugeno orde satu adalah :

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } \dots \text{ o } (x_n \text{ is } A_n) THEN z = p_1.x_1 + \dots + p_n.x_n + q$$

Defuzzifikasi pada metode Sugeno dilakukan dengan mencari nilai rata-ratanya.

Pada metode Mamdani, aplikasi fungsi implikasi menggunakan *MIN*, sedang

komposisi aturan menggunakan metode *MAX*. Metode Mamdani dikenal juga

dengan metode *MAX-MIN*. Inferensi output yang dihasilkan berupa bilangan

fuzzy maka harus ditentukan suatu nilai crisp tertentu sebagai output. Proses ini

dikenal dengan defuzzifikasi. Ada beberapa tahapan untuk mendapatkan output

yaitu:

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada metode Mamdani baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy yaitu : Max, Additive dan Probabilistik OR

a. Metode Max (Maximum)

Pada metode ini solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikan ke output dengan menggunakan operator OR(union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (\mu_{sf}[xi] , \mu_{kf}[xi])$$

dengan :

$\mu_{sf}[xi]$ =nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[xi]$ =nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i

b. Metode Additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua output daerah fuzzy.

Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi])$$

$\mu_{sf}[xi]$ =nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i]$ =nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i

c. Metode Probabilistik OR

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah fuzzy.

Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i])$$

$\mu_{sf}[x_i]$ =nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i]$ =nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i

4. Penegasan /Defuzzifikasi

input dari proses Defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output.

Ada beberapa metoda yang dipakai dalam defuzzifikasi:

a. Metode Centroid.

Pada metode ini penetapan nilai *crisp* dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy.

b. Metode Biseksi.

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan seperti dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy.

c. Metode Means of Maximum (MOM).

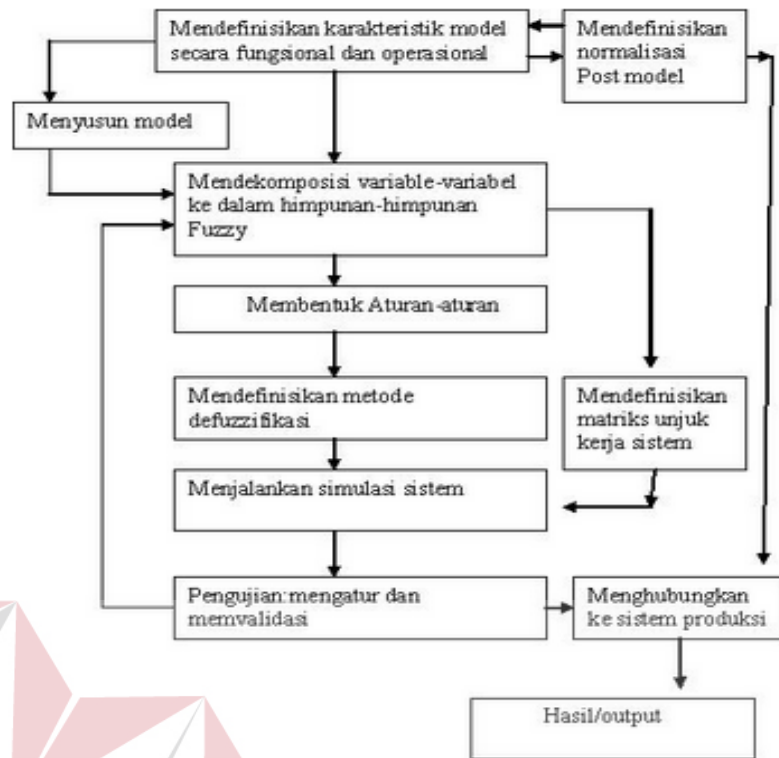
Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode Largest of Maximum (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode Smallest of Maximum (SOM).

Solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum (Galih Salman, 2012).



Gambar 2.21 Langkah – langkah Pengembangan Sistem Fuzzy (Salman, 2012).

