

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan kemajuan teknologi saat ini sangat pesat, termasuk bidang kontrol, sehingga membawa dampak yang luar biasa di berbagai bidang kehidupan. Kehadiran teknologi baru diharapkan dapat memberikan kemudahan dalam teknologi yang lain, sehingga proses-proses yang di kerjakan secara manual dapat dilakukan secara otomatis, akurat, dan efisien.

Benih udang windu merupakan salah satu faktor produksi yang sangat memegang peranan penting dalam menunjang keberhasilan budidaya udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) di tambak. Lahan budidaya yang begitu ideal yang disertai pengelolaan yang sangat intensif akan sia-sia jika tanpa diimbangi dengan pemilihan benih yang baik.

Keberhasilan dalam kegiatan budidaya tambak tidak terlepas dari kualitas benih yang ditebar. Tersedianya benih udang tepat jenis, tepat jumlah, tepat waktu, tepat mutu, dan tepat harga tidak hanya mampu menghasilkan produksi maksimal tetapi juga akan menjamin kontinuitas produksi di tambak. Namun demikian, benih merupakan masalah utama di Indonesia karena masih sedikit panti pembenihan (*hatchery*) yang mau menerapkan sistem yang terkontrol terhadap kemungkinan adanya kontaminasi atau terjadinya infeksi virus yang berbahaya. Sebagai petani tambak, benih harus dipilih dengan cermat bahkan harus melewati beberapa tahapan pengujian. Mengingat arti pentingnya benur, maka langkah awal pemilihan benur untuk memperoleh kualitas yang prima akan menentukan keberhasilan kegiatan budidaya di tambak. Penebaran dengan benur yang berkualitas prima berarti salah satu langkah penting sudah terlaksana dengan baik. Kualitas air itu sendiri antara lain suhu, derajat keasamaan (pH), salinitas dan oksigen.

Kebanyakan para petani tambak masih menggunakan cara tradisional dalam melakukan proses pendederan. Diantaranya para petani tambak masih menggunakan cara tradisional seperti memasukkan benih dalam kantong plastik kemudian kantong plastik tersebut diapungkan di pojok perairan tambak yang dimana tujuannya supaya benih udang windu dapat beradaptasi dengan suhu di perairan tambak tersebut, sedangkan cara lainnya yaitu benih udang windu ditaruh di dalam bak penampungan yang kemudian dicampur dengan air tambak sedikit demi sedikit dengan tujuan supaya

benih udang tersebut bisa beradaptasi dengan kadar keasaman (pH) di perairan tambak tersebut. Dengan cara pendederan yang tradisional ini sangat tidak efisien karena para petani tambak hanya mengandalkan perkiraan (*feeling*) dalam mencampur air tambak ke dalam bak penampungan benih udang windu tersebut tanpa mengukur berapa suhu dan derajat keasaman (pH) pada air tambak sehingga tingkat kematian benih udang windu relatif cukup banyak. Pada waktu pengemasan benih udang windu di dalam plastik, suhu akan diturunkan menjadi 26⁰C dan derajat keasaman (pH) sebesar 6.5, sedangkan suhu dan pH yang pada perairan di tambak umumnya 31⁰C dan pH-nya sebesar 8.5. Sehingga benih udang windu tidak bisa ditebar langsung di perairan tambak karena benih udang windu sendiri perlu beradaptasi dengan keadaan lingkungan di sekitar tambak tersebut.

Dengan latar belakang diatas, maka dirancang sebuah alat kendali otomatis yang merupakan suatu cara untuk menekan tingkat kematian benih udang yang tinggi sebelum ditebar ke tambak adalah dengan metode perancangan Kontrol logika *fuzzy* untuk pengendalian kualitas air pada pendederan benih udang windu (*Peneaus monodon Fab.*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian latar belakang makalah di atas, maka didapatkan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat alat sistem pengendalian kualitas air pada pendederan benih Udang Windu (*peneaus monodon fab.*).
2. Bagaimana menggunakan *controller fuzzy* sebagai kontroler dalam pengendalian kualitas air pada pendederan benih Udang Windu (*peneaus monodon fab.*).

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terfokus pada rumusan masalah, maka hal-hal yang berkaitan dengan permasalahan tersebut dibatasi. Adapun batasan masalah dalam skripsi ini adalah:

1. Dalam skripsi ini untuk pengendalian kualitas air hanya membahas parameter suhu dan derajat keasaman (pH) sedangkan parameter Salinitas dianggap konstan,
2. Sensor pH yang digunakan adalah sensor pH PE-03,
3. Sensor suhu yang digunakan adalah IC LM 35,

4. Dalam pengujian menggunakan 100 ekor benih udang windu,
5. Reaksi kimia dan reaksi fisika tidak akan dibahas dalam skripsi ini,
6. Penentuan letak posisi sensor pH dan sensor suhu menyesuaikan dengan bentuk miniatur bak penampungan benih udang windu,
7. Ukuran dimensi alat adalah 40 cm x 25 cm x 28 cm,
8. Mikrokontroler yang digunakan adalah AT89S51,
9. pH awal pada benih udang adalah 6.5 sedangkan pH yang diinginkan 8.5 (pH normal dalam perairan tambak),
10. Suhu awal pada benih udang adalah 26⁰C sedangkan suhu yang diinginkan 31⁰C (suhu normal dalam perairan tambak).

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah terciptanya alat Kontrol otomatis untuk pengendalian kualitas air pada pendederan benih udang windu dengan menggunakan metode kontrol logika *fuzzy*. Diharapkan dapat mengurangi tingkat kematian pada benih udang windu dan menghasilkan benih udang windu yang mempunyai kemampuan daya adaptasi yang tinggi, sehingga kelangsungan dan pertumbuhannya setelah ditebar di tambak akan tinggi.

1.5 Sistematika Pembahasan

Agar penyusunan laporan skripsi ini dapat mencapai sasaran dan tidak menyimpang dari judul yang telah ditentukan, maka diperlukan sistematika pembahasan yang jelas. Pembahasan dalam skripsi ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan teori dasar yang berisi penjelasan tentang benih udang windu, sensor pH, sensor suhu, mikrokontroler AT89S51, kontrol logika *fuzzy*, *driver* rangkaian, dan *display*.

BAB III METODOLOGI

Menjelaskan tentang metodologi penelitian yang terdiri dari studi literatur, perancangan alat, pembuatan alat, pengujian alat, serta pengambilan kesimpulan, dan saran.

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Menjelaskan tentang perancangan dan pembuatan alat yang meliputi prinsip kerja alat, perancangan perangkat keras, dan perangkat lunak.

BAB V PENGUJIAN ALAT

Menjelaskan tentang pengujian alat dan analisa yang meliputi pengujian tiap-tiap bagian blok sistem dan pengujian sistem secara keseluruhan.

BAB VI PENUTUP

Menjelaskan tentang pengambilan kesimpulan sesuai dengan hasil perealisasiian dan pengujian alat sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah, serta pemberian saran apabila ada kekurangan dalam sistem kerja alat tersebut sehingga nantinya dapat dikembangkan lagi dengan lebih baik.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Budidaya Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab.)

Kegiatan usaha budidaya udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) meliputi tiga tahapan kegiatan yaitu pembenihan, pendederan, dan pembesaran. Benur/benih udang bisa didapat dari tempat pembenihan (*hatchery*) atau dari alam. Di alam terdapat dua macam golongan benih udang windu (benur) menurut ukurannya, yaitu :

1. Benih yang masih halus, yang disebut post larva. Terdapat di tepi-tepi pantai. Hidupnya bersifat pelagis, yaitu berenang dekat permukaan air. Warnanya coklat kemerahan. Panjang 9-15 mm. Cucuk kepala lurus atau sedikit melengkung seperti huruf S dengan bentuk keseluruhan seperti jet. Ekornya membentang seperti kipas.
2. Benih yang sudah besar atau benih kasar yang disebut juvenil. Biasanya telah memasuki muara sungai atau terusan. Hidupnya bersifat benthis, yaitu suka berdiam dekat dasar perairan atau kadang menempel pada benda yang terendam air. Sungutnya berbelang-belang selang-seling coklat dan putih atau putih dan hijau kebiruan. Badannya berwarna biru kehijauan atau kecoklatan sampai kehitaman. Pangkal kaki renang berbelang-belang kuning biru.

Dalam suatu proses penebaran benih udang windu di dalam perairan tambak ada beberapa faktor yang sangat perlu diperhatikan dalam proses penebaran antara lain sebagai berikut :

1. Kepadatan

Kepadatan benur yang ditebar tergantung dari metode budidaya yang diterapkan, kondisi tambak (daya dukung), kualitas air, dan sarana penunjang yang tersedia, seperti *aerator* (kincir air) dan pompa air. Padat tebar benur pada budidaya udang secara intensif adalah 150.000-300.000 ekor/ha. Jika tambak memiliki daya dukung yang prima dan prasarana yang memadai, padat tebar bisa lebih tinggi, tetapi penambahan padat tebar ini dipertimbangkan lebih matang (Khairul A, 2003). Padat penebaran benih udang windu bila diberikan pakan tambahannya dedak halus, penebarannya sebanyak 100-200 ekor per meter persegi, dan jika diberi makanan tambahan pelet yang berkadar protein 25%, penebaran benih sebanyak 300-400 ekor per meter persegi. Benih udang windu

akan cepat tumbuhnya, kalau dipelihara dalam tambak yang baik (Prahasta A, 2009).

2. Waktu yang baik untuk penebaran

Waktu yang baik untuk penebaran yaitu kondisi yang cocok untuk proses penebaran. Penebaran sebaiknya dilakukan saat teduh, seperti pada pagi hari atau sore hari. Hindari penebaran benur ketika hujan atau terik matahari karena akan menyebabkan stress, bahkan bisa memicu kematian udang windu (Khairul A, 2003).

2.2 Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air pada petakan tambak merupakan cerminan dari faktor fisik, kimia, dan biologi perairan, dimana parameter tersebut harus dapat dikelola dengan baik, sehingga dapat mendukung terhadap pertumbuhan udang (Boyd, 1991).

2.2.1 Parameter Fisik

1. Suhu

Suhu air mempunyai peranan paling besar dalam perkembangan dan pertumbuhan udang. Kecepatan metabolisme udang meningkat cepat sejalan dengan meningkatnya suhu lingkungan. Secara umum suhu optimal bagi udang windu adalah 28-31°C. Suhu di atas 31°C masih dianggap baik bagi budidaya udang. Udang akan kurang aktif apabila suhu air turun dibawah 18°C dan pada suhu 15°C atau lebih rendah akan menyebabkan udang stress bahkan mati (Wardoyo, 1997).

2. Kecerahan

Kecerahan sangat penting karena erat kaitannya dengan proses fermentasi yang terjadi di perairan. Kecerahan perairan dapat diukur dengan alat yang dinamakan keping Secchi (Henderson-Sellers dan Morkland, 1987). Selanjutnya dikatakan bahwa kecerahan keping Secchi <3 m adalah tipe perairan yang subur (eutropik), antara 3-6 m kesuburan sedang (mesotrofik) dan >6 m digolongkan pada tipe perairan kurang subur (oligotrofik).

2.2.2 Parameter Kimiawi

1. Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan indikator keasaman dan kebasaaan air. pH perlu dipertimbangkan karena mempengaruhi metabolisme dan proses fisiologis udang. Kisaran pH yang optimal untuk pertumbuhan udang windu adalah 8–8.5 (Tsai,1989).

2. Salinitas

Salinitas merupakan cerminan dari jumlah garam yang terlarut dalam air. Secara alami salinitas laut lepas rata-rata sebesar 35 ppt. Menurut Fuad dkk. (1988) bahwa udang windu memerlukan air berkadar garam antara 29-32 ppt.

3. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen-DO*)

Oksigen dalam perairan bersumber dari difusi ataupun hasil proses fotosintesis organisme produsen. Oksigen dikonsumsi secara terus menerus oleh tumbuhan dan hewan dalam aktivitas respirasi (Goldman dan Horne, 1983). Pescod (1973) menyatakan bahwa kandungan oksigen terlarut 2 mg/L dalam perairan sudah cukup untuk mendukung kehidupan biota akuatik, asalkan perairan tersebut tidak mengandung bahan-bahan yang bersifat racun, sedangkan Banarjea (1967) menyatakan bahwa perairan dengan oksigen terlarut lebih besar dari 7 mg/L adalah tergolong produktif.

2.3 Sensor pH

2.3.1 Elektroda Calomel (SCE)

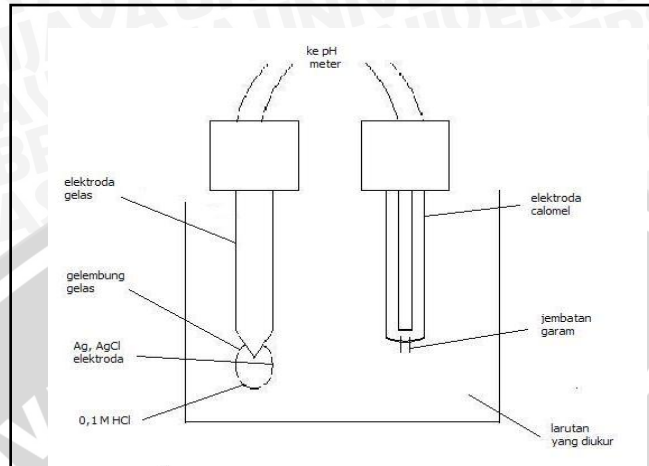
Elektroda ini merupakan jenis elektroda referensi yang terbuat dari larutan yang telah dijenuhkan dengan calomel (merkuri klorida) dan potasium klorida, serta ditempatkan di atas lapisan merkuri (seperti terlihat dalam gambar 2.1). Elektroda ini digunakan bersama-sama dengan elektroda indikator, dimana dari kedua elektroda tersebut akan timbul perbedaan tegangan.

2.3.2 Elektroda Gelas

Elektroda gelas terdiri dari gelembung gelas yang sensitif pH pada ujungnya, berisi larutan klorida yang diketahui pHnya dan elektroda referensi. Biasanya berupa perak atau perak klorida atau calomel. Bahan gelas terbuat dari komposisi gelas khusus, yaitu sebagian dihidrasi alumunium silikon yang mengandung ion sidium atau kalsium dan sebagian kecil ion lantanida.

Bagian dalam dari gelas akan kontak dengan larutan 0,1 m HCl dan bagian luar kontak dengan larutan yang diukur pHnya. Pada setiap permukaan, membran gelas akan menyerap air dan membentuk lapisan gel. Ion hidrogen dari larutan dapat berdifusi

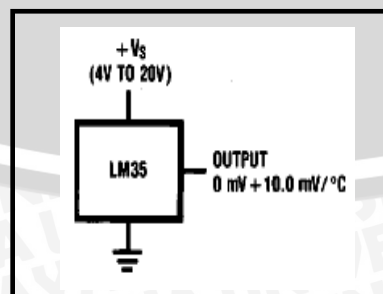
melalui lapisan gel dan mengganti (pertukaran ion) ion sodium atau logam lain dalam struktur gelas. Hasil akhir dari proses difusi dan pertukaran ion adalah fase pengikatan tegangan pada kedua sisi membran gelas akan berubah, dimana besarnya ditentukan oleh aktivitas ion hidrogen dalam larutan yang diukur.



Gambar 2.1 Sensor pH

2.4 Sensor Suhu

Sensor suhu merupakan transduser yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu menjadi sinyal listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu LM35 adalah IC yang khusus digunakan untuk sensor temperatur/suhu yang hasilnya cukup linier. LM35 tidak memerlukan kalibrasi eksternal ataupun *timing* khusus, mempunyai impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran yang rendah, dan punya jangkauan penginderaan antara -55°C sampai dengan $+150^{\circ}\text{C}$. Sensor ini mempunyai karakteristik yang linear yaitu pada $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, atau dengan kata lain untuk pengukuran suhu sebesar 1°C akan dihasilkan tegangan sebesar 10 mV . Rangkaian sensor suhu LM35 memiliki tegangan operasi yang umum digunakan yaitu 4 hingga 20 volt. Rangkaian dasar IC LM 35 ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Rangkaian Dasar IC LM 35

Sumber : National Semiconductor, 2000 : 1

2.5 Pengkondisi sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal dibentuk berdasarkan hubungan yang linier antara tegangan keluaran dan tegangan masukan rangkaian. Hubungan ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan garis lurus, yaitu:

$$V_{out} = mV_{in} + V_o \quad (2-1)$$

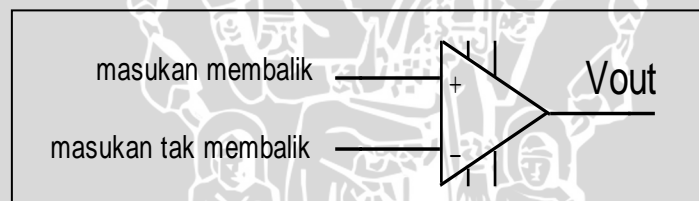
Dengan : m adalah kemiringan garis yang menyatakan penguatan

V_o adalah tegangan *offset* keluaran

2.5.1 Penguat Operasional

Keluaran suatu rangkaian sebelum masuk ke rangkaian berikutnya jika sinyalnya masih kecil membutuhkan suatu penguat. Peralatan elektronika yang sering dimanfaatkan sebagai penguat adalah penguat operasional (seperti terlihat dalam Gambar 2.3). Karakteristik op-am yang terpenting adalah:

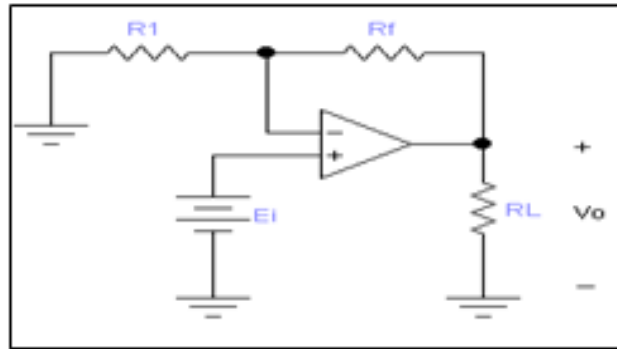
- Impedansi masukan amat tinggi, sehingga arus masukan dapat diabaikan
- Penguatan tinggi
- Impedansi keluaran rendah, sehingga keluaran penguat tidak terpengaruh oleh pembebanan.



Gambar 2.3 Penguat Operasional
Sumber : Coughlin [1994 : 162]

2.5.2 Penguat Tak Membalik (*Non Inverting Amplifier*)

Penguat umpan balik tegangan tak membalik adalah penguat tegangan yang mendekati ideal karena impedansi masukan tinggi, impedansi keluarannya rendah. Pada penguat jenis ini sinyal masuk menggerakkan masukan tak membalik dari penguat, sebagian dari tegangan keluar kemudian dicuplik dan diumpankan kembali ke masukan membalik (seperti terlihat dalam Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Penguat Tak Membalik
 Sumber : Coughlin [1994 : 162]

Tegangan keluaran V_o mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukan E_i . Tahanan masukan dari masukan pembalik adalah R_i tetapi tahanan masukan dari masukan tak membalik adalah besar, biasanya melebihi 100 M Ω . karena tegangan antara masukan (+) dan masukan (-) secara praktis adalah 0 maka kedua masukan itu berada pada potensial yang sama yaitu E_i . Karena E_i melintasi R_1 dan E_i menyebabkan arus I mengalir seperti diberikan oleh

$$I = \frac{E_i}{R_1} \tag{2-2}$$

Arah I tergantung pada polaritas E_i , arus yang mengalir lewat masukan (-) diabaikan karenanya I mengalir melalui R_f dan penurunan tegangan melintasi R_f dinyatakan oleh V_{Rf} dan dinyatakan sebagai

$$V_{Rf} = I \cdot (R_f) = \frac{R_f}{R_1} \times E_i \tag{2-3}$$

Maka tegangan keluaran V_o adalah

$$V_o = E_i + \frac{R_f}{R_1} \cdot E_i \tag{2-4}$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \cdot E_i \tag{2-5}$$

dengan begitu gain tegangannya yaitu

$$A_{CL} = \frac{V_o}{E_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1} \tag{2-6}$$

Keterangan:

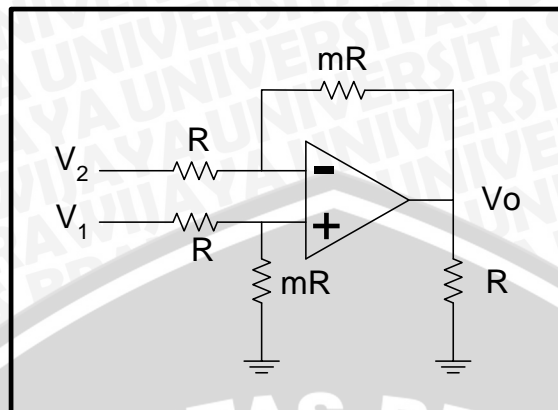
E_i = Tegangan Masukan

R_i = Tahanan Masukan dari Masukan Pembalik

R_f = Tahanan Referensi

2.5.3 Penguat Differensial

Penguat Diferensial ditunjukkan dalam Gambar 2.5



Gambar 2.5 Penguat Diferensial Dasar

Sumber : Coughlin [1994 : 162]

Dengan menggunakan teori superposisi, V_1 dihubungkan singkat terhadap ground maka pada keluaran penguat V_2 akan mengalami penguatan sebesar $-m$, sehingga tegangan keluaran akibat V_2 adalah $-mV_2$. Jika V_2 dihubungkan singkat terhadap ground maka pada keluaran penguat V_1 mengalami penguatan sebesar m , sehingga tegangan keluaran akibat V_1 adalah mV_1 . Dengan demikian secara keseluruhan didapatkan:

$$V_{out} = mV_1 - mV_2$$

$$V_{out} = m(V_1 - V_2)$$

$$A = \frac{mR}{R}$$

2.6 Mikrokontroler AT89S51

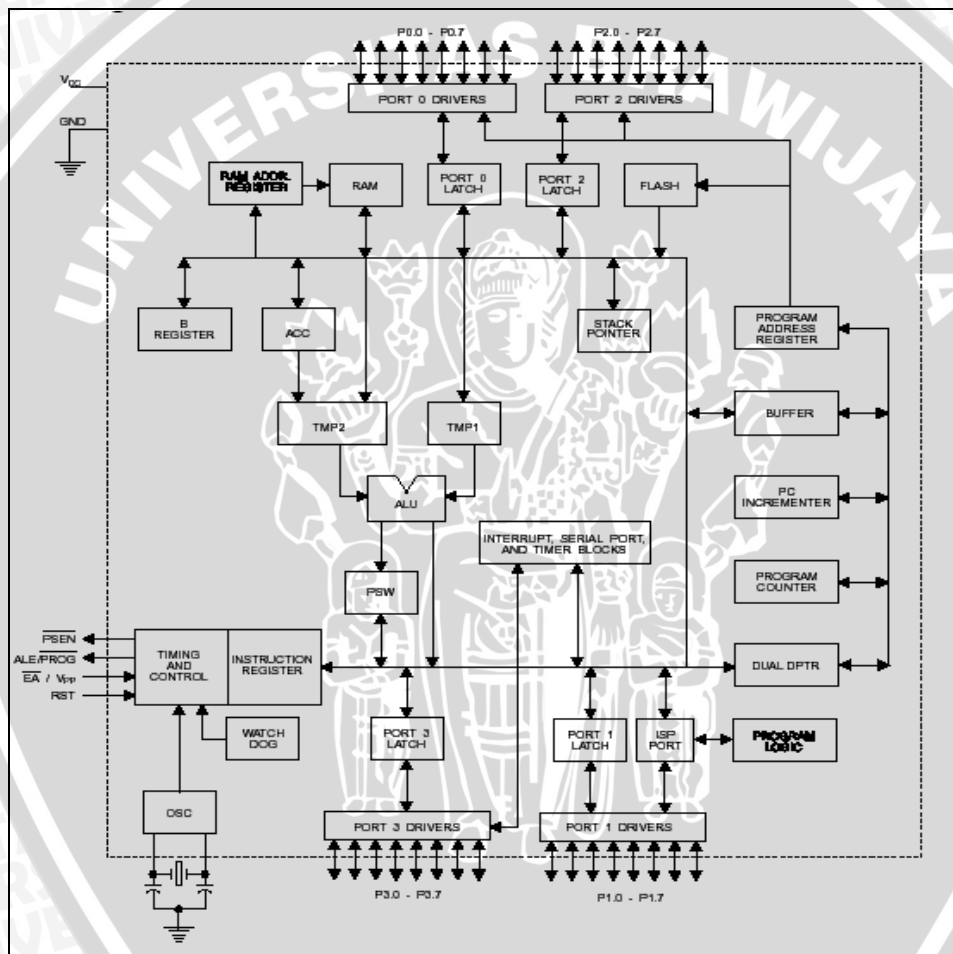
AT89S51 adalah mikrokontroler keluaran Atmel dengan 4K byte *Flash* PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*), AT89S51 merupakan memori dengan teknologi *nonvolatile memory*, isi memori tersebut dapat diisi ulang ataupun dihapus berkali-kali.

Memori ini digunakan untuk menyimpan instruksi (perintah) berstandar MCS-51 *code* sehingga memungkinkan untuk bekerja dalam mode *single chip operation* (mode operasi keping tunggal) yang tidak memerlukan *external memory* (memori luar) untuk menyimpan *source code* tersebut.

Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut:

- Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari Atmel,
- Memiliki memori baca-tulis (RAM) sebesar 128 *byte*,
- Empat buah *programmable port I/O*, masing-masing terdiri atas 8 buah jalur I/O,
- Sebuah *port serial* dengan kontrol *full duplex*,
- *Reprogrammable Flash memory* yang besarnya 4 *kbyte* untuk memori program,
- Mampu beroperasi sampai 33 MHz.

AT89S51 adalah mikrokontroler yang mempunyai kompatibilitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler MCS-51. Blok diagram MCS-51 ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



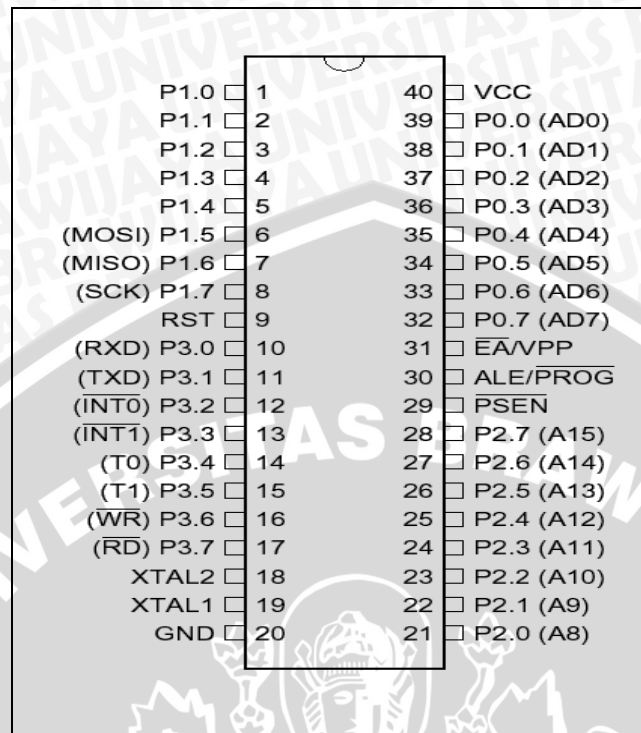
Gambar 2.6 Blok Diagram AT89S51.

Sumber : (Atmel, 1997:3)

2.6.1 Konfigurasi Pin

Masing-masing kaki dalam mikrokontroler AT89S51 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki mikrokontroler AT89S51, perancangan aplikasi mikrokontroler AT89S51 akan lebih mudah merencanakan dan

membuat sistem yang dirancang. AT89S51 mempunyai 40 pin, susunan masing-masing pin dapat dilihat dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Konfigurasi Pin AT89S51.

Sumber : (Atmel, 1997:2)

Fungsi kaki-kaki AT89S51 adalah:

1. Port 1 (Pin 1-8), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah,
2. Pin 9 RST, merupakan saluran dua masukan untuk mereset mikrokontroler dengan cara memberi masukan logika tinggi,
3. Port 3 (Pin 10-17), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus meliputi TXD (*Transmit Data*), RXD (*Receive Data*), $\overline{INT0}$ (*Interupt 0*), $\overline{INT1}$ (*Interupt 1*), T0 (*Timer 0*), T1 (*Timer 1*), \overline{WR} (*Write*), \overline{RD} (*Read*),
4. Pin 18 dan 19 (XTAL₁ dan XTAL₂), merupakan saluran untuk mengatur pewaktuan sistem. Untuk pewaktuan dapat dapat menggunakan pewaktuan internal maupun eksternal,
5. Pin 20 V_{SS}, merupakan hubungan ke *ground* dari rangkaian,
6. Port 2 (Pin S21..28), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah,
7. Pin 29 \overline{PSEN} (*Program Store Enable*), merupakan sinyal baca untuk mengaktifkan memori program eksternal,

8. Pin 30 $\overline{ALE}/\overline{PROG}$ (*Address Latch Enable*), merupakan pulsa yang berfungsi untuk menahan alamat rendah (A0-A7) dalam *port* 0, selama proses baca/tulis memori eksternal. Frekuensi ALE adalah $\frac{1}{6}$ kali frekuensi osilator dan dapat digunakan sebagai pewaktu. Pin ini juga berfungsi sebagai saluran program selama dilakukan pemrograman jika menggunakan memori program internal,
9. Pin 31 \overline{EA}/VPP (*External Access Enable*), untuk mengatur penggunaan memori program eksternal dan internal. Pin ini harus dihubungkan dengan *ground* bila menggunakan memori program eksternal dan dihubungkan dengan VPP sebesar 5 volt jika menggunakan memori program internal,
10. *Port* 0 (Pin 32-39), merupakan saluran masukan/keluaran *open drain*,
11. Pin 40 V_{CC} , merupakan saluran masukan untuk catu daya positif sebesar 5 volt DC dengan toleransi lebih kurang 10%.

2.6.2 Struktur dan Operasi Port

Mikrokontroler AT89S51 memiliki 4 buah *port*. Setiap *port* memiliki 8 buah jalur I/O yang bersifat *bidirectional*. Beberapa karakteristik *port* mikrokontroler AT89S51 dijelaskan secara singkat sebagai berikut:

1. *Port* 0 merupakan *port* I/O 8-bit yang tidak mempunyai *pull-up* internal. Sebagai sebuah keluaran, maka setiap pin juga dapat mengendalikan 8 beban TTL. *Port* 0 juga dapat digunakan untuk *multipleks address bus* rendah dan data memori dengan menggunakan *pull-up* internal. Selain itu, *port* 0 juga menerima kode mesin (dalam *byte*) selama pemrograman EPROM dan mengeluarkan kode mesin selama program verifikasi dari EPROM. Selama program verifikasi dibutuhkan *pull-up* eksternal. Pada *port* ini berlaku ketentuan yang berbeda dengan *port* lain, yaitu bila digunakan sebagai keluaran harus diberikan tambahan resistor *pull-up*.
2. *Port* 1 merupakan sebuah *port* I/O *bidirectional* yang mempunyai *pull-up* internal. *Buffer* keluaran dari *port* 1 dapat mengendalikan 4 beban TTL. Pin-pin dari *port* 1 dapat juga digunakan sebagai masukan jika di *pull-up* tinggi oleh *pull-up* internal dan jika *pull-up low* internal. *Port* 1 juga menerima address bus rendah (dalam *byte*) selama pemrograman EPROM dan selama program verifikasi dari EPROM.

3. *Port 2* dapat dipergunakan sebagai input atau output seperti pada *port 1*. Alternatif lain dari *port 2* dapat dipergunakan sebagai *address bus high byte* pada saat mengakses memori eksternal.
4. *Port 3* merupakan sebuah *port I/O 8-bit bidirectional* yang mempunyai *pull-up* internal. *Buffer* keluaran dari *port 3* dapat mengendalikan dan menghasilkan arus IIL karena adanya *pull-up* internal. *Port 3* juga mempunyai fungsi yang lain seperti yang tertera dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Fungsi Alternatif Port 3

Port Pin	Fungsi
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (External interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (External interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 eksternal input)
P3.5	T1 (timer 1 eksternal input)
P3.6	WR (eksternal data memory write strobe)
P3.7	RD (eksternal data memory data read strobe)

Sumber : (Atmel, 1997:4)

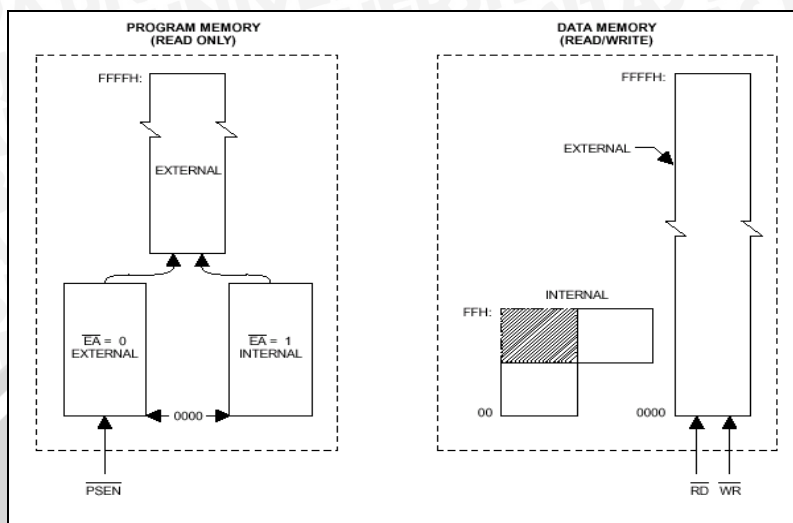
2.6.3 Organisasi Memori

Mikrokontroler MCS-51 memiliki pembagian ruang alamat untuk program dan data. Memori data diakses oleh alamat 8 bit, tetapi alamat data 16 bit juga dapat dihasilkan mikrokontroler melalui *register DPTR (Data Pointer Register)*. Alamat data dan program yang bisa dialamati oleh mikrokontroler adalah sebesar 64 kilobyte yaitu dari alamat 0000_H-FFFF_H.

$\overline{\text{PSEN}}$ adalah sinyal yang digunakan untuk pembacaan memori program eksternal. Mikrokontroler MCS-51 mempunyai dua buah alternatif untuk pembacaan memori program yaitu internal dan eksternal. Pembacaan memori program eksternal dengan mengatur pin $\overline{\text{EA}}$ pada logika 0 dan pembacaan memori program internal pin $\overline{\text{EA}}$ diatur pada logika 1.

Mikrokontroler AT89S51 memiliki RAM internal 128 byte (00_H-7F_H) yang dapat digunakan untuk menampung data-data yang diperlukan dalam pemrograman. RAM internal tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut: 80 byte *general purpose* (30_H-7F_H), 32 byte (00_H – 1F_H) sebagai *register bank* yang dapat dimanfaatkan seperti RAM biasa, dan 16 byte (20_H-2F_H) *bit addressable*.

Gambar 2.8 memperlihatkan struktur memori MCS-51. ROM internal mikrokontroler AT89S51 jenis *flash EEPROM* sebesar 4 kilobyte dapat diprogram ulang sebanyak 1000 kali.

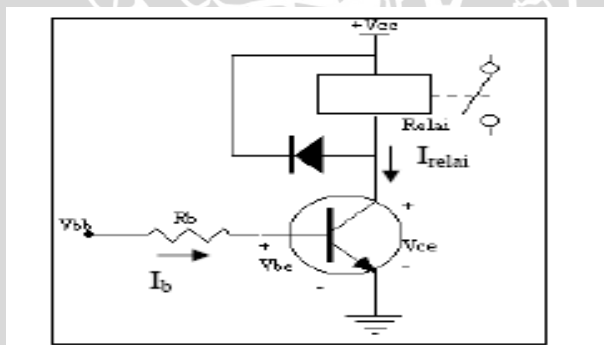


Gambar 2.8 Struktur Memori MCS-51

Sumber : (AT89C51 Architectural Overview, 1997: 2-4)

2.7 Relay

Relay pada prinsipnya sama dengan sebuah saklar yang diaktifkan dengan memberikan tegangan. Rangkaian yang umum digunakan adalah rangkaian *common emitter* dengan relai sebagai beban (seperti terlihat dalam Gambar 2.9).

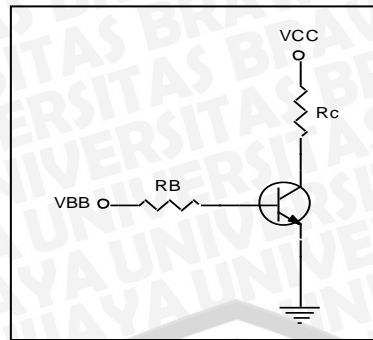


Gambar 2.9 Rangkaian Driver Penggerak Pengaharum Ruang dan fan

Sumber : skripsi Fathur Rahman-2007

2.7.1 Transistor Sebagai Saklar

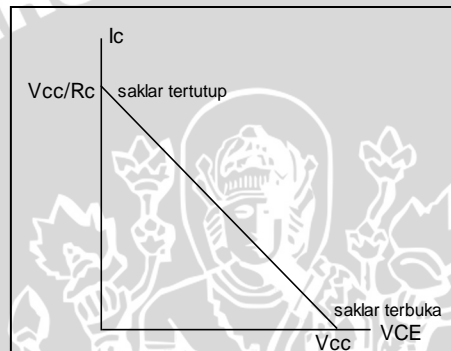
Transistor difungsikan sebagai sebuah saklar berarti mengoperasikan pada salah satu dari saturasi atau titik sumbat. Jika sebuah transistor berada dalam keadaan saturasi, transistor tersebut seperti sebuah saklar yang tertutup dari kolektor ke emiter. Jika transistor tersumbat (*cut off*), transistor tersebut seperti sebuah saklar yang terbuka. Gambar 2.10. menunjukkan rangkaian transistor sebagai saklar.



Gambar 2.10 Transistor Sebagai Saklar
 Sumber : skripsi Fathur Rahman-2007

Garis beban DC yang menunjukkan operasi transistor dapat dilihat dalam gambar

2.13. Pada daerah saturasi $I_c = \frac{V_{cc}}{R_c}$ dan pada daerah cut off $V_{ce} = V_{cc}$.

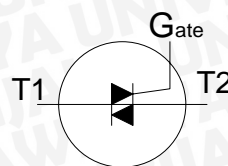


Gambar 2.11 Garis Beban DC
 Sumber : skripsi Fathur Rahman-2007

2.8 Triac

Triac adalah komponen 3 elektroda dari keluarga *thyristor*. Triac merupakan 2 buah SCR yang dihubungkan paralel berkebalikan dengan terminal *gate* bersama. Berbeda dengan SCR yang hanya melibatkan tegangan dengan polaritas positif saja, triac dapat dipicu dengan tegangan polaritas positif dan negatif serta dapat dihidupkan dengan menggunakan tegangan bolak-balik yang ada pada *gate*. Triac banyak digunakan pada rangkaian pengendali dan pensaklaran.

Triac akan menghantar jika pada terminal *gate* diberi pemicuan yang berupa arus dengan tegangan positif dan negatif. Triac akan tetap on bila arus *thermis* yang mengalir pada triac lebih besar dari arus penahanan ($I_T > I_H$).



Gambar 2.12 Simbol Triac
 Sumber: Malvino, 1996: 271

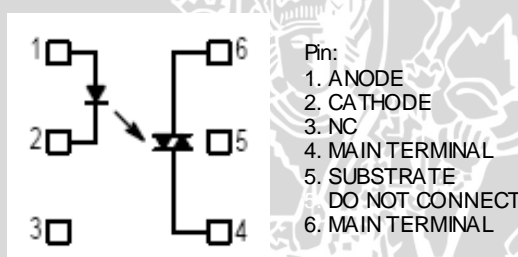


2.8.1 Driver Triac

2.8.1.1 Optotriac MOC3021

Optotriac MOC3021 mempunyai dioda LED *gallium arsenida* dan sebuah *phototriac*. Saat cahaya menimpa *phototriac* maka *phototriac* akan berkonduksi. MOC3021 didesain untuk pemakaian *triac* sebagai antarmuka sistem logika ke jaringan 220 VAC. *Phototriac* dipakai sebagai pengendali *triac*. Oleh karena itu, *phototriac* dalam *optotriac* ini dinamakan *triac driver*.

LED GaAs mempunyai tegangan jatuh 1,5V nominal pada 10 mA dan suatu tegangan *breakdown* balik lebih besar dari 3V. Arus maksimal yang dapat dilewatkan melalui LED adalah 60 mA. MOC mempunyai tegangan penghalang minimum sebesar 400 V pada kedua arah dengan kurang dari 3 V tegangan jatuhnya. Sekali terpicu dalam keadaan on (menghantar), *phototriac* akan tetap on demikian sampai arusnya turun di bawah arus penahanan sebesar 100 μ A, pada saat di mana *phototriac* akan kembali ke keadaan off.

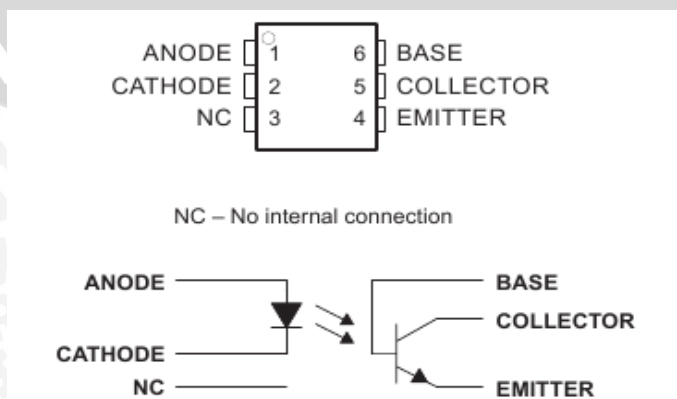


Gambar 2.13 Rangkaian Aplikasi Standar MOC3021

Sumber: Motorola, 1995: 1

2.9 Isolated Optocouple 4N35

Komponen kecil ini mempunyai 6 kaki yang dimana masing-masing kaki mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Hal ini dapat mudah dimengerti ketika kita melihat gambar datasheet dari 4N35 di bawah ini dimana ditunjukkan juga gambar dari skematik 4N35.



Gambar 2.14 Gambar dan Rangkaian skematik 4N35

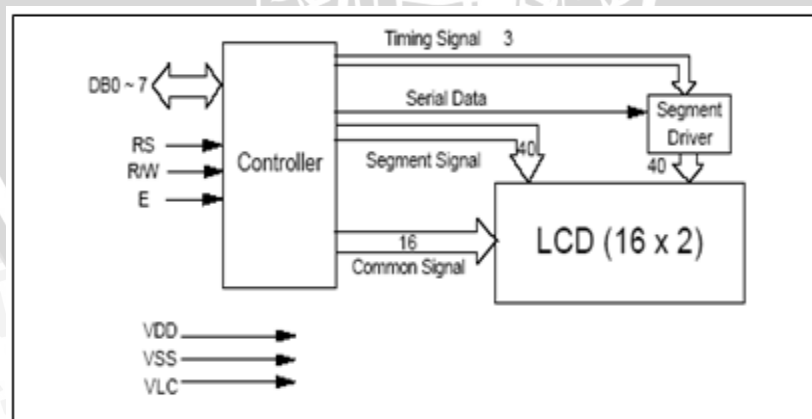
Jadi, terdapat kaki 1 dan 2 di dekat titik cetak pada chip (yang terlihat di atasnya jika kita melihat dengan cermat) yang bertindak sebagai anoda dan katoda. Kaki 3 tidak tersambung. Kaki 4, 5, dan 6 emitor, kolektor, dan basis. Sama halnya dengan kaki transistor. Perbedaannya adalah bisa meninggalkan dasar yang tidak terhubung dan hanya menggunakan LED (kaki 1 dan 2) untuk menghubungkan kolektor dan basis.

2.10 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD digunakan untuk menampilkan perintah-perintah dalam tahapan pengisian bahan bakar secara mandiri. LCD yang digunakan bertipe M1632 produksi SEIKO *instrument inc. corporation*. Spesifikasi dari LCD ini adalah sebagai berikut:

- Menampilkan 16 karakter pada tiap baris TN LCD dengan 5 x 7 dot matrik,
- Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter,
- Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter,
- 80 x 8 bit data RAM,
- Tegangan catu 5 volt dan temperatur operasi 0–50°C,
- Otomatis reset pada saat dihidupkan

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul LCD ini berupa bus data yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol, yaitu RS, R/W, dan E. Sementara pengendali dot matrix LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang pada modul LCD. Gambar 2.15 adalah diagram blok dari LCD M1632.



Gambar 2.15 Diagram Blok LCD M1632

Fungsi pin dari LCD M1632 ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Fungsi Pin-Pin Pada LCD M1632

No Pin	Nama Pin	Fungsi
16	V – BL	Sebagai <i>ground</i> dari <i>backlight</i>

15	V + BL	Sebagai kutub positif dari <i>backlight</i>
7 - 14	DB0– DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan.
6	E	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca
5	R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0 = tulis 1 = baca
4	RS	Sinyal pemilih register 0 = register instruksi (tulis) 1 = register data (tulis dan baca)
3	Vlc	Untuk mengendalikan kecerahan LCD dengan mengubah Vlc
2	Vcc	Tegangan catu + 5 volt
1	Vss	Terminal <i>Ground</i>

2.11 Analog to Digital Converter (ADC)

Analog to Digital Converter atau lebih dikenal dengan ADC adalah sebuah piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal-sinyal analog menjadi sinyal-sinyal digital. Karena pada pengontrolan direncanakan berhubungan langsung dengan mikrokontroller, maka sinyal-sinyal analog khususnya dari rangkaian pengkondisi sinyal harus terlebih dahulu menjadi sinyal digital sehingga dapat dibaca dan diolah oleh mikrokontroller tersebut. IC ADC 0808 dianggap dapat memenuhi kebutuhan dari rangkaian yang akan dibuat. IC jenis ini bekerja secara cermat dengan menambahkan sedikit komponen sesuai dengan spesifikasi yang harus diberikan dan dapat mengkonversikan secara cepat suatu masukan tegangan. Hal-hal yang juga perlu diperhatikan dalam penggunaan ADC ini adalah tegangan maksimum dapat dikonversikan oleh ADC dari rangkaian pengkondisi sinyal, resolusi, pewaktu eksternal ADC, tipe keluaran, ketepatan, dan waktu konversinya.

Beberapa karakteristik penting ADC :

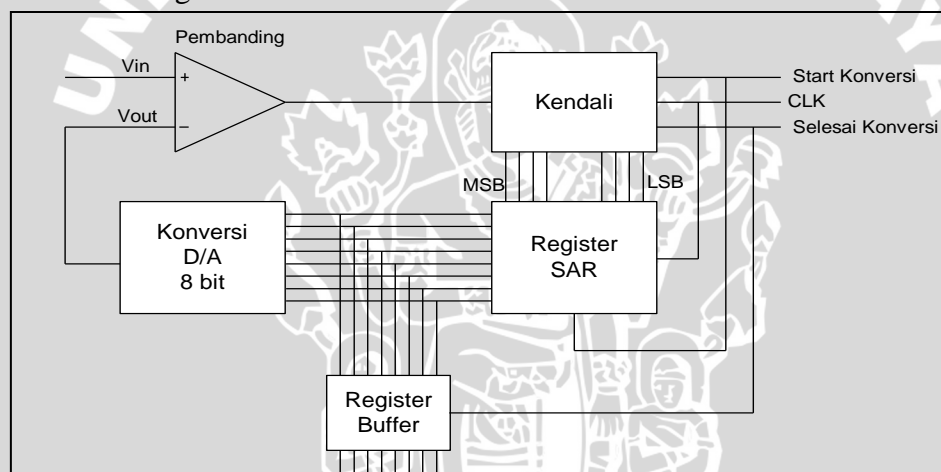
- Waktu konversi** : Waktu yang diperlukan oleh ADC untuk menghasilkan suatu kode biner yang tepat untuk tegangan masukan yang diberikan. Sebuah konverter disebut berkecepatan tinggi jika memiliki waktu konversi yang pendek.
- Resolusi** : Perubahan terkecil yang terjadi pada keluaran analog sebagai suatu hasil dari perubahan pada masukan digital. Resolusi selalu sama dengan bobot dari LSB atau disebut juga '*step size*' karena

step size merupakan besarnya perubahan tegangan keluaran pada saat kode masukan berubah dari satu *step* ke *step* berikutnya.

Ketidaklinieran : Simpangan maksimum dari garis lurus yang ditarik melalui titik-titik keluaran yang diharapkan.

Akurasi : Perbedaan antara tegangan masukan secara ideal yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan masukan sebenarnya.

Ada banyak cara yang dapat digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang nilainya proposional. Jenis ADC yang biasa digunakan dalam perancangan adalah jenis *successive approximation conversion* atau pendekatan bertingkat yang memiliki waktu konversi jauh lebih singkat dan tidak tergantung pada nilai masukan analognya atau sinyal yang akan diubah. Dalam Gambar 2.16, memperlihatkan diagram blok ADC tersebut.



Gambar 2.16 Diagram Blok ADC

Sumber : Malvino, 1986 : 344

Proses konversi dimulai dengan memberikan pulsa *start*. Akibat pulsa start ini, logika kendali akan mereset semua register kontrol, sehingga keluaran register sama dengan 0 dan $V_{out} = 0$ volt. Karena itu $V_{out} < V_{in}$, dan keluaran komparator akan berada pada logika 1. Timbulnya logika 1 ini, maka logika kendali akan mengisi data konversi dengan coba-coba dimulai dari data MSB (D7) dan kemudian dimasukkan ke register SAR, sehingga data pada register SAR adalah 1000 0000. Keluaran digital ini akan diubah ke dalam bentuk sinyal analog oleh D/A converter dan dibandingkan oleh sebuah komparator. Bila nilai konversi ini lebih besar dari V_{in} , keluaran sinyal negatif dari pembanding yang menuju ke rangkaian kendali akan mereset MSB (D7). Jika V_{out}

dari konversi kurang dari V_{in} , keluaran positif dari pembanding akan menunjukkan bahwa MSB tetap dalam keadaan tinggi (set).

Jika dalam operasi A/D tersebut nilai MSB tidak direset. Register SAR sekarang menyimpan data 1000 0000. Pulsa detak (CLK) berikutnya akan mereset bit D6. Dengan demikian data digital yang ada pada register SAR 1100 0000. Jika V_{out} lebih besar dari V_{in} , keluaran op-amp yang negatif menyebabkan reset dari D6. Jika V_{out} lebih kecil dari V_{in} , D6 tetap bertahan dalam keadaan tinggi (set).

Dalam pulsa-pulsa selanjutnya secara berturut-turut, bit-bit akan diuji. Proses pendekatan ini memerlukan satu periode pulsa *clock* untuk setiap bit yang merupakan salah satu kelebihan dari *successive approximation* ADC. Jadi jika menggunakan ADC jenis ini dengan 8 bit, maka setiap konversi sinyal diperlukan 8 bit periode pulsa *clock*. Bilamana suatu bit menyebabkan nilai V_{out} melebihi nilai V_{in} , maka bit yang akan bersangkutan akan direset. Secara singkat prinsip kerja dari konverter A/D adalah semua bit-bit diset kemudian diuji, dan bilamana perlu sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Dengan rangkaian yang paling cepat, konversi akan diselesaikan sesudah 8 clock, dan keluaran D/A merupakan nilai analog yang ekuivalen dengan nilai register SAR.

Apabila konversi telah dilaksanakan, rangkaian kembali mengirim sinyal selesai konversi yang berlogika rendah. Sisi turun sinyal ini akan menghasilkan data digital yang ekuivalen ke dalam register buffer. Dengan demikian, keluaran digital akan tetap tersimpan sekalipun akan di mulai siklus konversi yang baru.

ADC 0808 yang dipakai pada rangkaian ini (seperti terlihat dalam Gambar 2.17) mempunyai kemampuan konversi sebanyak 8 buah *input* analog secara *multiplexing* dan 8 buah *output* digital. Keistimewaan yang lain adalah mempunyai kecepatan yang tinggi, ketelitian tinggi, dan konsumsi daya rendah (dapat dilihat dalam data sheet).

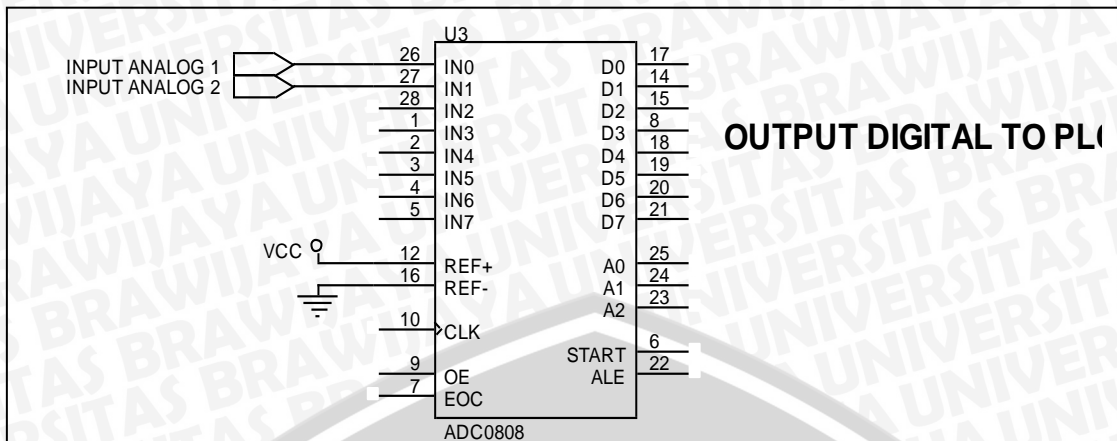
Fungsi masing-masing pin adalah sebagai berikut :

1. *Input Analog*

Ada sejumlah 8 *input* analog yang dapat dikonversi dengan cara *multiplex*, yakni mengatur kombinasi bit pada pin Add A0, A1, A2.

2. *Address A0, A1, A2*

Untuk mengatur pemilihan analog *input* yang dikonversi, menggunakan pengalamatan pada A0, A1 dan A2 yang sesuai.



Gambar 2.17 Analog Digital Conversion 0808

Sumber : National Data Acquisition Data Book, 1995 : 2-54

3. Clock

Clock tempat memberikan pengaturan keserempakan kerja dalam internal ADC. Dengan kata lain *clock* berfungsi untuk menentukan kecepatan proses dan tergantung berapa besar frekuensi yang masuk ke ADC. Rangkaian pembangkit *clock* dibentuk dari sebuah Schmitt *trigger*. Untuk menentukan berapa besar frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian schmitt *trigger* ini dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_{\text{count}} = \frac{1}{RC}$$

Keterangan :

f_{count} = Frekuensi counter (Hz)

R = Resistor (Ohm)

C = Capasitor (Farad)

4. Ref(+) dan Ref(-)

Tegangan referensi untuk menentukan kenaikan bit keluaran.

5. Output 8 bit

Data output berupa data digital hasil konversi adalah data 8 bit (D0 – D7).

6. ALE (Addres Lacth Enable)

ALE mengunci alamat yang telah diberikan pada Ad A, B, C dengan *input* analog yang akan dikonversi.

7. Start

Untuk memberitahu agar ADC mulai mengkonversi tegangan input analog yang telah dipilih dengan memberikan kombinasi pada 3 bit alamat dan menguncinya dengan ALE. Pin ini aktif tinggi.

8. EOC (*End Of Conversion*)

Pin ini akan memberikan sinyal aktif rendah jika ADC sedang mengkonversi tegangan analog yang diberikan. Pin ini dapat dihubungkan ke suatu port sebagai status atau ke pin interrupt dari processor sebagai tanda pemberitahuan.

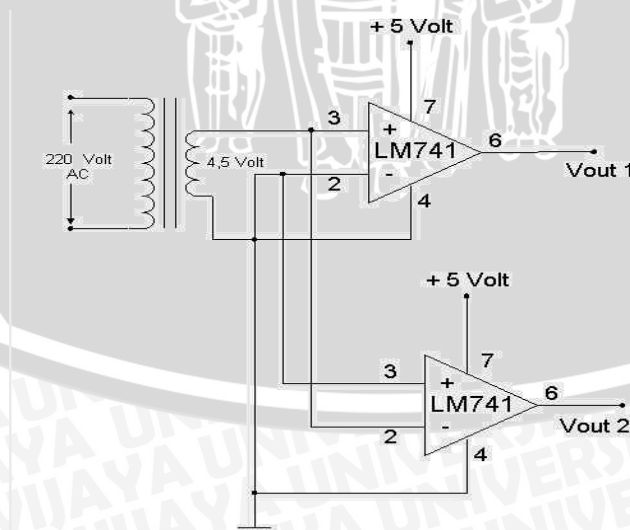
9. OE (*Output Enable*)

Setelah EOC memberikan pulsa aktif rendah sejenak maka berarti data siap di *buffer* internal ADC, untuk mengambil yang masih ada *buffer* agar keluar ke data bus perlu memberikan pulsa aktif tinggi pada pin OE.

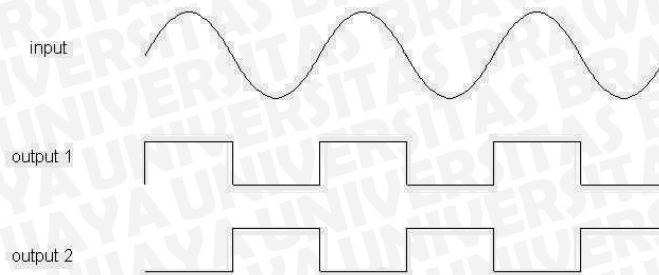
2.12 Zero Crossing

Zero crossing detector adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemicuan *triac*.

Rangkaian pada Gambar 2.18 adalah rangkaian *zero crossing detector* untuk mendeteksi perubahan tegangan positif (output 1) dan untuk mendeteksi perubahan tegangan negatif (output 2). Jika masukan tegangan pada pin 3 lebih besar dari nol, maka output 1 akan bernilai tinggi. Bila masukan tegangan pada pin 3 lebih kecil daripada nol maka output 1 akan bernilai rendah. Hal ini terjadi sebaliknya pada rangkaian op-amp output 2. Output 1 dan output 2 dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.18 Positive dan negative zero crossing detector



Gambar 2.19 Bentuk signal input output

2.13 Logika Fuzzy

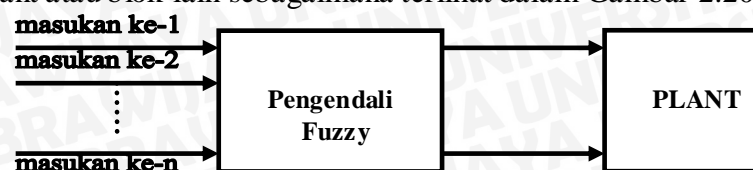
Fuzzy secara harfiah berarti samar, sedangkan kebalikannya dalam hal ini adalah *crisp* yang secara harfiah berarti tegas. Dalam kehidupan sehari-hari nilai samar lebih akrab daripada nilai tegas. Temperatur/suhu tertentu biasa dinyatakan sebagai panas, agak panas, atau sangat dingin daripada dinyatakan dalam nilai terukur tertentu.

Tahun 1965 L A Zadeh memodifikasi teori himpunan yang disebut himpunan kabur (*fuzzy set*). Himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain nilai kebenaran suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak diantaranya.

Sejak 1985 pengendalian berbasis logika fuzzy mengalami perkembangan pesat, terutama dalam hubungannya dengan penyelesaian masalah kendali yang bersifat tak linier, sulit dimodelkan, berubah karakteristiknya terhadap waktu (*time varying*), dan kompleks.

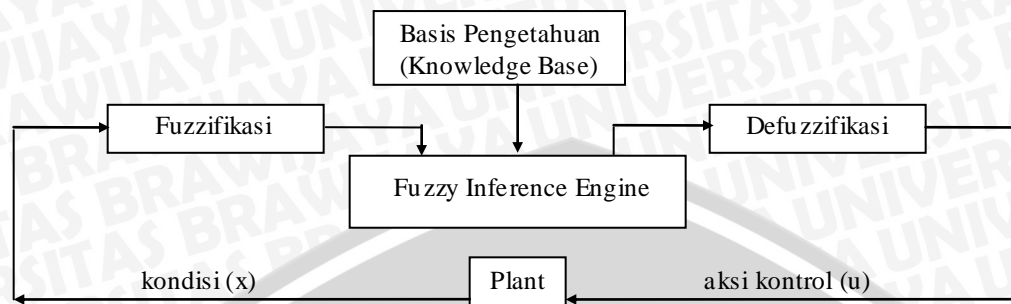
2.13.1 Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy

Dalam sistem pengendalian dengan logika fuzzy dilibatkan suatu blok pengendali yang menerima satu atau lebih masukan dan mengumpangkan satu atau lebih keluaran ke plant atau blok lain sebagaimana terlihat dalam Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Pengendali Fuzzy
Sumber : Donald Coughanowr,1991

Komponen utama penyusun *Fuzzy Logic Controller* adalah unit fuzzifikasi, fuzzy inference, basis pengetahuan dan unit defuzzifikasi. Struktur dasar *Fuzzy Logic Controller* dapat dilihat dalam Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy

Sumber : Jun Yan, 1994

Basis pengetahuan terdiri dari dua jenis (Yan : 94) :

- Basis data
Mendefinisikan parameter fuzzy sebagai bagian dari himpunan fuzzy dengan menentukan batas-batas fungsi keanggotaan pada semesta pembicaraan untuk tiap-tiap variabel.
- Basis aturan
Memetakan nilai masukan fuzzy menjadi nilai keluaran fuzzy.

2.13.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan menotasikan nilai kebenaran anggota-anggota himpunan *fuzzy*. Interval nilai yang digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan, yaitu nol dan satu. Tiap fungsi keanggotaan memetakan elemen himpunan *crisp* ke semesta himpunan *fuzzy* (G.Kilir and Bo Yuan, 1996 : 11).

Suatu himpunan *fuzzy* A dalam semesta pembicaraan U dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, μ_A yang harganya berada dalam interval $[0,1]$. (Son Kuswadi, 2000:27). Secara matematika hal ini dinyatakan dengan :

$$\mu_A : U \rightarrow [0,1] \quad (2.7)$$

Berikut ini beberapa macam keanggotaan yang sering digunakan antara lain fungsi keanggotaan S , π , T (triangular).

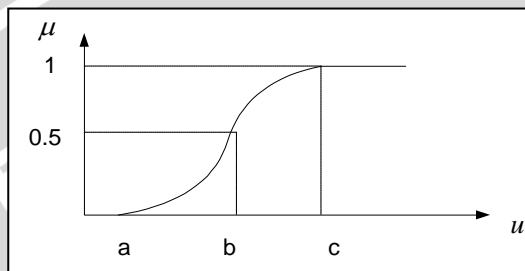
Fungsi keanggotaan bentuk S

Definisi fungsi- S adalah sebagai berikut :

$$S(u,a,b,c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ 2\left(\frac{u-a}{c-a}\right)^2 & a \leq u \leq b \\ 1 - 2\left(\frac{u-a}{c-a}\right)^2 & b \leq u \leq c \\ 1 & u > c \end{cases} \quad (2.8)$$

$$b = \frac{(a+c)}{2}$$

Bentuk fungsi keanggotaan bentuk S ditunjukkan dalam Gambar 2.22.



Gambar 2.22 Fungsi Keanggotaan Bentuk S
 Sumber : Jun Yan, 1994 : 18

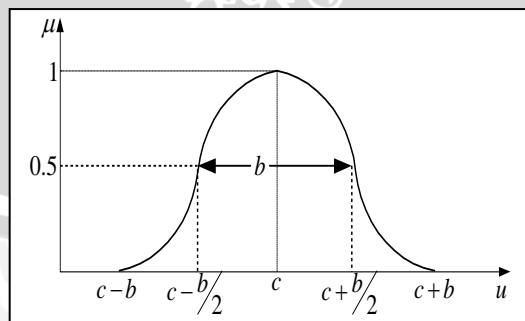
Fungsi keanggotaan bentuk S ini digunakan bila diinginkan himpunan *fuzzy* mempunyai nilai kebenaran mendekati nol dan satu lebih banyak.

1. Fungsi keanggotaan bentuk π

Definisi fungsi-π adalah sebagai berikut:

$$\pi(u; a, b, c) = \begin{cases} S(u; c - b, c - \frac{b}{2}, c) & u \leq c \\ 1 - S(u; c, c + \frac{b}{2}, c + b) & u \geq c \end{cases} \quad (2.9)$$

Bentuk fungsi keanggotaan bentuk π ditunjukkan pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23 Fungsi Keanggotaan Bentuk π
 Sumber : Jun Yan, 1994 : 19

Fungsi keanggotaan bentuk π digunakan jika diinginkan elemen himpunan *fuzzy* memiliki nilai kebenaran mendekati nol lebih banyak.

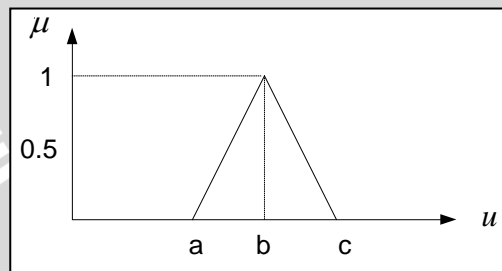


2. Fungsi keanggotaan bentuk Triangular

Definisi fungsi triangular sebagai berikut:

$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ \frac{c-u}{c-b} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \quad (2.10)$$

Fungsi keanggotaan bentuk Triangular ditunjukkan pada Gambar 2.24



Gambar 2.24 Fungsi Keanggotaan Bentuk Triangular (T)

Sumber : Jun Yan, 1994 : 19

Fungsi keanggotaan bentuk T ini digunakan bila diinginkan himpunan *fuzzy* mempunyai nilai kebenaran tidak nol.

2.14 Kontrol Logika Fuzzy

Kontrol logika *fuzzy* adalah sistem berbasis aturan (*rule based system*) yang didalamnya terdapat himpunan aturan *fuzzy* yang mempresentasikan mekanisme pengambilan keputusan. Aturan yang dibuat digunakan untuk memetakan variabel input ke variabel output dengan pernyataan *If - Then*.

Kontroler ini akan menggunakan data tertentu (*crisp*) dari sejumlah sensor kemudian mengubahnya menjadi bentuk linguistik atau fungsi keanggotaan melalui proses fuzzifikasi. Lalu dengan aturan *fuzzy*, *inference engine* yang akan menentukan hasil keluaran *fuzzy*. Setelah itu hasil ini akan diubah kembali menjadi bentuk numerik melalui proses defuzzifikasi.

2.14.1 Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh

pengendali logika *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun, maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula. Proses ini disebut fuzzifikasi (Jun Yan, 1994 : 49).

Proses fuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut:

$$x = \text{fuzzifier}(x_0) \quad (2.11)$$

dengan:

x_0 = nilai *crisp* variabel masukan

x = himpunan *fuzzy* variabel yang terdefinisi

fuzzifier = operator fuzzifikasi yang memetakan himpunan *crisp* ke himpunan *fuzzy*

Pedoman memilih fungsi keanggotaan untuk proses fuzzifikasi, menurut Jun Yan, menggunakan :

1. Himpunan fuzzy dengan distribusi simetris.
2. Gunakan himpunan fuzzy dengan jumlah ganjil, berkaitan erat dengan jumlah kaidah (*rules*).
3. Mengatur himpunan fuzzy agar saling menumpuk.
4. Menggunakan fungsi keanggotaan bentuk segitiga atau trapezoidal.

2.14.2 Aturan Fuzzy (Fuzzy Rule)

Fuzzy rule adalah bagian yang menggambarkan dinamika suatu sistem terhadap masukan yang dikarakteristikan oleh sekumpulan variabel-variabel linguistik dan berbasis pengetahuan seorang operator ahli. Pernyataan tersebut umumnya dinyatakan oleh suatu pernyataan bersyarat.

Dalam pengendali berbasis fuzzy aturan pengendalian fuzzy berbentuk aturan “ IF – THEN”. Untuk sebuah sistem MISO (*Multi Input Single Output*) basis aturan pengendalian fuzzy berbentuk seperti berikut ini.

Rule 1 IF X_1 is A_{11} AND ... AND x_m is A_{1m} THEN Y is B_1

Rule 2 IF X_1 is A_{21} AND ... AND x_m is A_{2m} THEN Y is B_2

⋮

Rule n IF X_n is A_{n1} AND ... AND x_m is A_{nm} THEN Y is B_n

Dengan X_j merupakan variabel masukan sistem, A_{ij} merupakan fuzzy set untuk X_j , Y merupakan variabel keluaran sistem, B_i merupakan fuzzy set untuk Y , AND adalah operator *fuzzy*.

2.14.3 Metode Inferensi

Metode inferensi merupakan proses untuk mendapatkan keluaran dari suatu kondisi masukan dengan mengikuti aturan-aturan yang telah ditetapkan. Keputusan yang didapatkan pada proses ini masih dalam bentuk fuzzy yaitu derajat keanggotaan keluaran.

Ada beberapa cara untuk mengidentifikasi aturan mana yang akan dipakai dengan menggunakan nilai keanggotaan masukan. Menurut Jun Yan, diantara bermacam metode inferensi fuzzy ada dua metode yang paling sering digunakan pada *fuzzy logic control* yaitu :

1. Metode INFERENSI MAX-MIN

Pada metode Max-Min aturan operasi minimum Mamdani digunakan untuk implikasi *fuzzy*. Persamaan aturan minimum adalah

$$\mu_{c_i} = \bigcup_1^n \alpha_i \wedge \mu_{c_i} \quad (2.12)$$

dengan $\alpha_i = \mu_{A_i}(x_0) \wedge \mu_{B_i}(y_0)$

Sebagai contoh, terdapat dua basis kaidah atur *fuzzy*, yaitu :

R_1 : Jika x adalah A_1 dan y adalah B_1 maka z adalah C_1

R_2 : Jika x adalah A_2 dan y adalah B_2 maka z adalah C_2

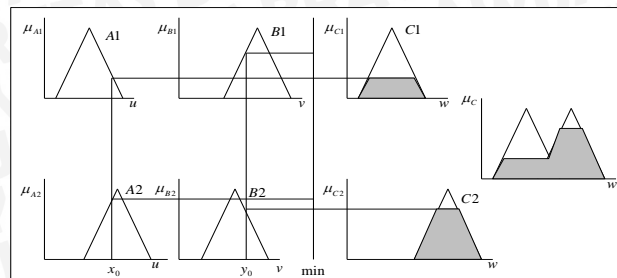
Pada metode penalaran MAX-MIN fungsi keanggotaan konsekuen dinyatakan dengan

$$\mu_{c_1}(W) = \mu_{c_1} \vee \mu_{c_2} = [\alpha_1 \wedge \mu_{c_1}(w)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{c_2}(w)] \quad (2.13)$$

$$\text{dimana } \alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0) \quad (2.14)$$

$$\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \quad (2.15)$$

Lebih jelas metode ini dideskripsikan dalam Gambar 2.25.



Gambar 2.25 Inferensi Fuzzy dengan Metode MAX-MIN

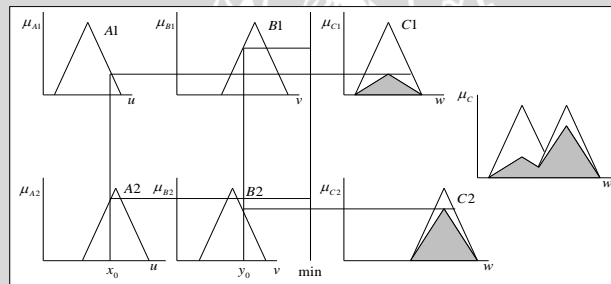
Sumber : Jun Yan, 1994 : 55

2. Metode INFERENSI MAX – DOT

Pada metode inferensi Max – Dot, aturan operasi Larsen digunakan untuk fungsi implikasi fuzzy. Metode MAX-DOT fungsi keanggotaan konsekuen C dinyatakan dengan:

$$\mu_c(\omega) = (\alpha_1 \bullet \mu_{c1}(\omega)) \vee (\alpha_2 \bullet \mu_{c2}(\omega)) \quad (2.16)$$

Metode penalaran MAX-DOT diperlihatkan dalam Gambar 2.26.



Gambar 2.26 Inferensi Fuzzy dengan Metode MAX-DOT

Sumber : Jun Yan, 1994 : 55

2.14.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mendapatkan nilai numerik dari data fuzzy yang dihasilkan dari proses inferensi (Jun Yan, 1994 : 55).

Proses defuzzifikasi dinyatakan sebagai berikut :

$$y_0 = \text{defuzzifier}(y) \quad (2.17)$$

dengan:

y : aksi kontrol fuzzy.

y_0 : aksi kontrol crisp.

defuzzifier : operator defuzzifikasi

Dua metode defuzzifikasi yang umum digunakan adalah :

1. Metode (Center Of Area)

Metode ini didefinisikan sebagai berikut:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.18)$$

dengan:

U = output

w_i = Bobot nilai benar w_i

u_i = Nilai linguistik pada fungsi keanggotaan output

n = Banyak derajat keanggotaan

2. Metode (*Mean of Maximum*).

Metode ini didefinisikan sebagai berikut:

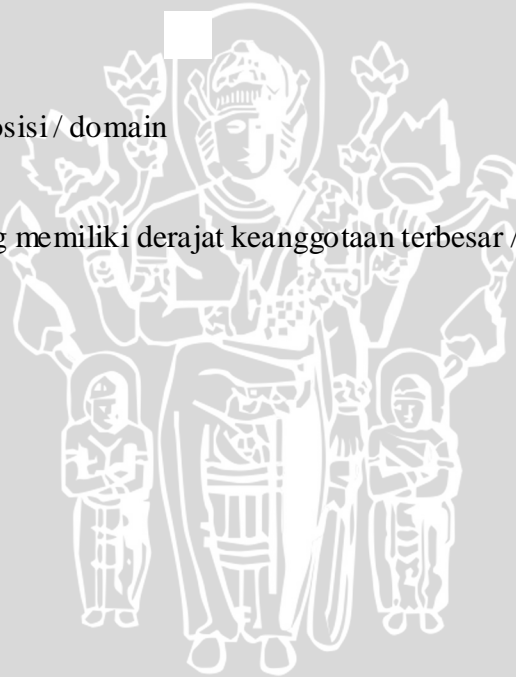
$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n} \quad (2.19)$$

dengan:

n = Jumlah proposisi / domain

Z = Output

z_i = Domain yang memiliki derajat keanggotaan terbesar / maximum.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan metode untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut :

- Penentuan spesifikasi alat
- Perealisasian alat
- Pengujian alat
- Pengambilan kesimpulan

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Sebelum melakukan perencanaan dan perealisasian alat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dibuat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan sebagai berikut:

1. Motor Pompa sebagai penyedot air didalam tabung air asam dan air basa
2. *Fuzzy Logic Controller* menggunakan AT89S51
3. Sensor pH dan Sensor Suhu yang dipasang didalam akuarium yang berisi air

3.2 Perealisasian Alat

3.2.1 Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok

1. Pembuatan blok diagram lengkap sistem
2. Penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan
3. Merakit perangkat keras masing-masing blok

3.2.2 Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak

Setelah kita mengetahui seperti apa perangkat keras yang kita rancang, maka kita membutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja dari alat ini. Parameter yang diperoleh dari hasil perhitungan kemudian diterapkan kedalam mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan bahasa Assembler.

3.3 Pengujian Alat

Untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai yang direncanakan maka perlu dilakukan pengujian alat meliputi perangkat keras (*hardware*) yang dilakukan baik per blok rangkaian maupun keseluruhan sistem.

3.3.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan nilai tegangan dan arus yang diijinkan bekerja dalam komponen berdasarkan data sekunder komponen yang diambil dari buku data komponen elektronika maupun dari datasheet.

3.3.2 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui unjuk kerja alat setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan bersama.

3.4 Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah didapatkan hasil dari pengujian. Jika hasil yang diperoleh telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan maka alat tersebut telah memenuhi harapan dan memerlukan pengembangan untuk penyempurnaannya.

BAB IV

PERANCANGAN SISTEM

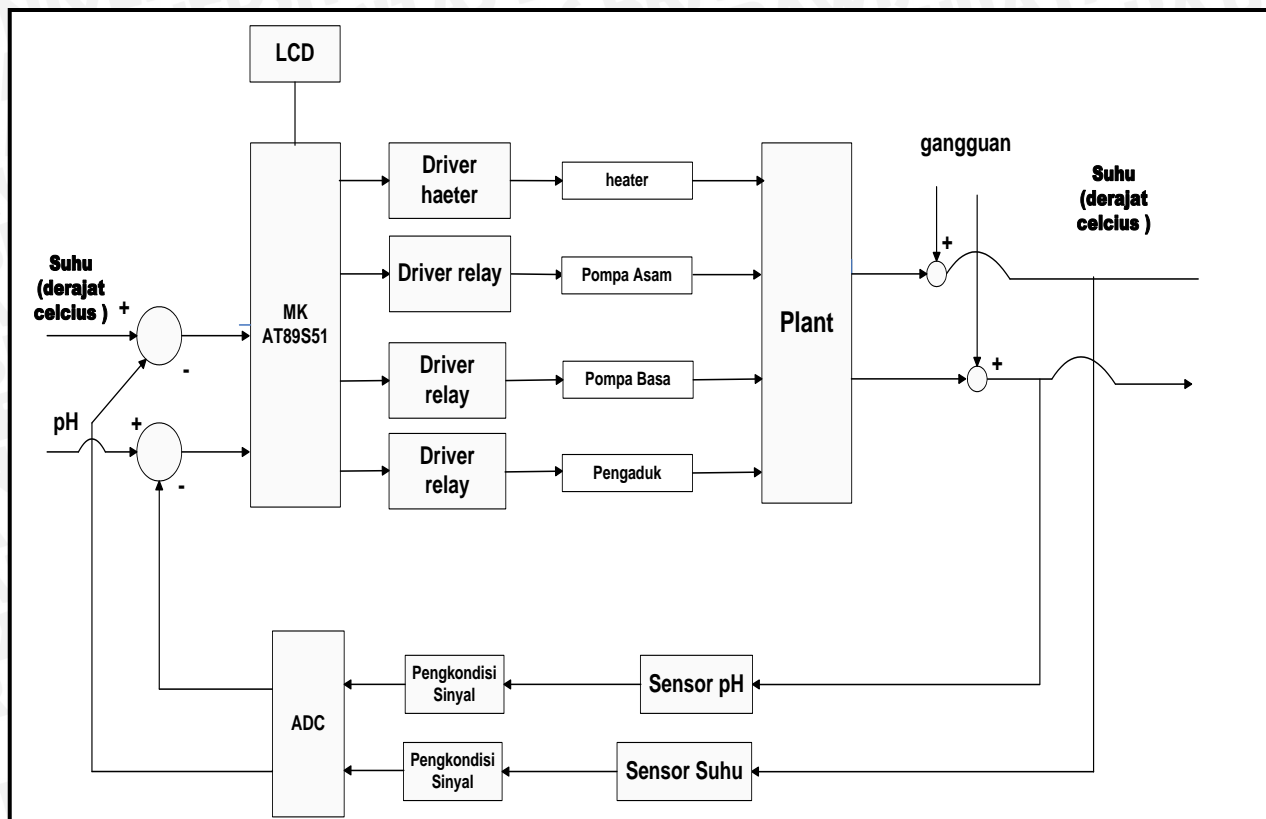
4.1 Tinjauan Umum

Bab ini menjelaskan mengenai spesifikasi alat, perancangan perangkat keras dari alat pengendalian kualitas air pada pendederan benih udang windu (*Peneaus monodon Fab.*), yang meliputi diagram blok sistem, cara kerja sistem, *flowchart* atau diagram alir kerja sistem, dan gambar rancangan alat. Selain perancangan perangkat keras akan dijelaskan juga mengenai perancangan perangkat lunak.

Perancangan sistem pengendalian kualitas air pada pendederan benih udang windu (*Peneaus monodon Fab.*) dalam miniatur aquarium dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Dimensi miniatur aquarium 40 cm x 25 cm x 28 cm yang terbuat dari akrilik,
2. pH awal pada benih udang adalah 6.5 sedangkan pH yang diinginkan 8.5 (pH normal dalam perairan tambak),
3. Suhu awal pada benih udang adalah 26⁰C sedangkan suhu yang diinginkan 31⁰C (suhu normal dalam perairan tambak),
4. Range pengukuran alat untuk pH adalah 6.5 – 8.5 sedangkan untuk suhu 26⁰C – 31⁰C,
5. Menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai kontrol utama logika *fuzzy*,
6. Menggunakan LCD tipe M1632 (16 kolom x 2 baris),
7. Menggunakan ADC 0808 sebagai konverter masukan sinyal analog dari pengkondisi sinyal menjadi sinyal digital sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler,
8. Menggunakan konverter yang terdiri dari rangkaian transistor sebagai saklar,
9. Menggunakan penguat *differensial* sebagai pengkondisi sinyal,
10. Menggunakan sensor pH LUTRON PE-03,
11. Menggunakan sensor suhu IC LM35,
12. Aktuator berupa dua buah pompa air, pengaduk, dan satu buah heater.

Perancangan blok diagram sistem seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem

Sumber: Perancangan

4.2 Perancangan Sistem Kerja

Untuk lebih memudahkan dalam perencanaan, maka perlu dijabarkan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan. Sensor pH dan sensor suhu yang diletakkan di dalam miniatur kolam akan membaca kondisi pH dan suhu pada miniatur kolam. Sensor juga akan memberikan sinyal yang diproses oleh rangkaian pengkondisi sinyal sebagai masukan pada ADC. ADC akan memberikan data digital sebagai masukan pada mikrokontroler yang berfungsi sebagai kontroler utama.

pH di dalam miniatur kolam dikondisikan untuk mencapai *set point* pada pH 8,5 dengan memanfaatkan pompa sebagai aktuaturnya. Pompa 1 (asam) dikondisikan untuk memasukkan cairan asam ke dalam miniatur kolam. Pompa 2 (basa) dikondisikan untuk memasukkan air kapur ke dalam miniatur kolam. Sedangkan pengaduk dikondisikan untuk mengaduk cairan yang terdapat dalam miniatur kolam.

Suhu di dalam miniatur kolam dikondisikan untuk mencapai *set point* pada suhu 31°C dengan memanfaatkan sebuah *heater* (pemanas) yang bekerja pada suhu 0°C - 50°C. Sedangkan untuk sensor suhunya menggunakan sensor suhu LM35. Untuk percobaan awal, suhu di dalam miniatur kolam sebesar 26°C kemudian dinaikkan menjadi 26°C. Untuk menaikkan suhu, menggunakan sebuah *heater* (pemanas) dan

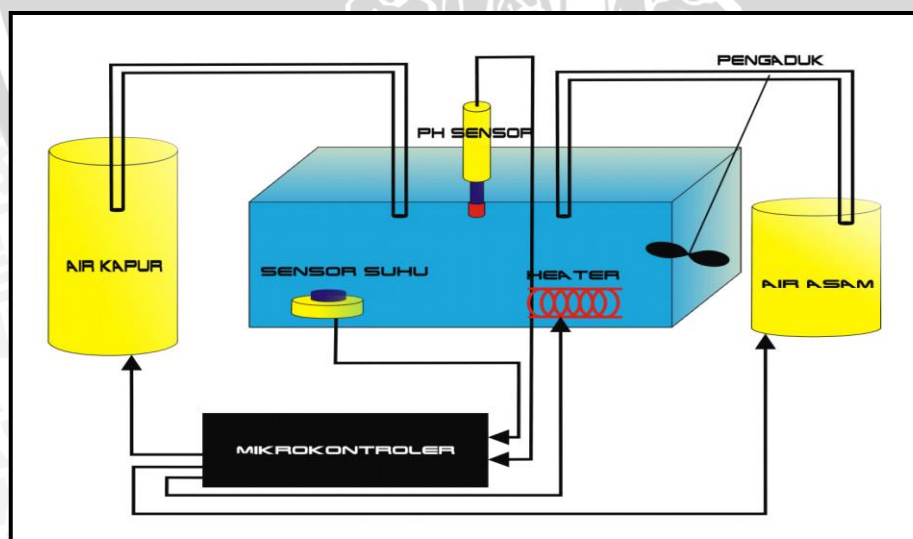
percobaan selanjutnya seperti itu sampai suhu mencapai 31°C sesuai dengan set point suhu yang diinginkan yaitu sebesar 31°C .

4.3 Miniatur Kolam

Miniatur kolam yang digunakan sebagai tempat pengujian sistem pengendalian kadar keasaman (pH) dan suhu mempunyai ukuran : 40 cm x 25 cm x 28 cm, yang terbuat dari bahan tembus pandang yaitu akrilik.

Di dalam miniatur kolam tersebut terdapat pengaduk yang berfungsi untuk mencampur cairan asam/basa yang masuk ke dalam miniatur kolam agar tercampur rata. Di samping miniatur kolam terdapat dua buah pompa, pompa 1 berfungsi untuk memasukkan cairan asam ke dalam miniatur kolam, pompa 2 berfungsi untuk memasukkan air kapur ke dalam miniatur kolam. Ketiga aktuator tersebut dikontrol secara otomatis menggunakan mikrokontroler.

Sementara sensor pH diletakkan di bagian tengah dari miniatur kolam dan sensor suhu diletakkan di dalam bagian bawah dari miniatur kolam dengan dilapisi sebuah selang yang bertujuan agar sensor tidak terkena air secara langsung. Penempatan sensor disesuaikan dengan minimnya jumlah sensor yang digunakan pada miniatur kolam dengan dimensi 40 cm x 25 cm x 28 cm sehingga pembacaan pH dan suhu oleh kedua jenis sensor diharapkan memiliki keakurasian yang tinggi. Bentuk dari miniatur kolam seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Prototipe Miniatur Kolam

Sumber: Perancangan

4.4 Rangkaian Pengukur Keasaman (pH)

Elektroda gelas yang digunakan untuk pembuatan alat pengukur pH adalah menggunakan elektroda gelas LUTRON PE-03 seperti dalam Gambar 4.3.

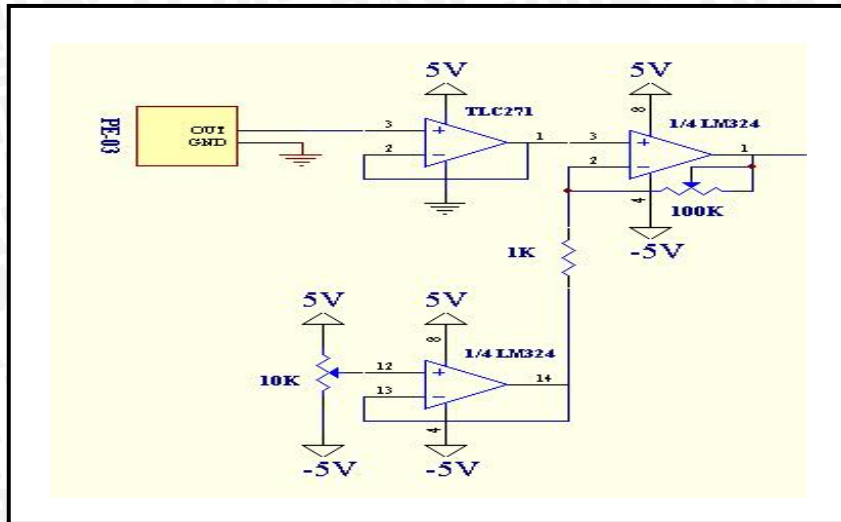


Gambar 4.3 Sensor pH LUTRON PE-03

Sumber: Perancangan

Sensor ini dapat mengubah masukan berupa pH menjadi keluaran berupa tegangan. Karena tegangan keluaran LUTRON PE-03 cukup kecil, maka diperlukan pengkondisi sinyal atau penguat tegangan. Sehingga bila terjadi perubahan pH, maka perubahan tegangan keluaran pada sensor masih dapat diamati dalam skala yang cukup besar. Dalam perancangan sistem ini nilai *set point* pH yang dikendalikan di dalam miniatur kolam ditetapkan sebesar 8.

Rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor pH LUTRON PE-03 yang dirancang pada sistem ini terbagi menjadi dua macam rangkaian op-amp, yang kemudian digunakan istilah sebagai rangkaian *zero* dan *span*. Rangkaian *zero* berfungsi sebagai *virtual input* bagi rangkaian *span*, dimana nilai tegangan keluaran pada rangkaian *zero* tersebut diatur sehingga sama dengan nilai tegangan untuk menyatakan batas bawah kondisi pH pada range kerja untuk pengendalian pH. Rangkaian *span* merupakan rangkaian penguat selisih tegangan (penguat *differensial*) yang berfungsi untuk menguatkan sinyal-sinyal tegangan yang nilainya kecil. Rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor pH LUTRON PE-03 ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal untuk pH
Sumber: Perancangan

Agar perubahan tegangan keluaran pada sensor pH dapat dibaca oleh ADC, maka keluaran tegangan sensor pH akan dikuatkan oleh pengkondisi sinyal. Adapun perhitungan pengkondisi sinyal adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = (V_{in} - V_{ref}) \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) + V_{ref}$$

Di mana untuk pH 3 $V_{out} = 2,51$ V dan $V_{in} = 267$ mV, maka:

$$V_{out} = (V_{in} - V_{ref}) \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) + V_{ref}$$

$$2,51 = (0,267 - (-0,2497)) \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) + (-0,2497)$$

$$2,51 + 0,2497 = 0,5167 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$$

$$\left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) = \frac{2,51 + 0,2497}{0,5167}$$

$$\frac{R_2}{R_1} + 1 = 5,34$$

$$\frac{R_2}{1000} = 5,34 - 1$$

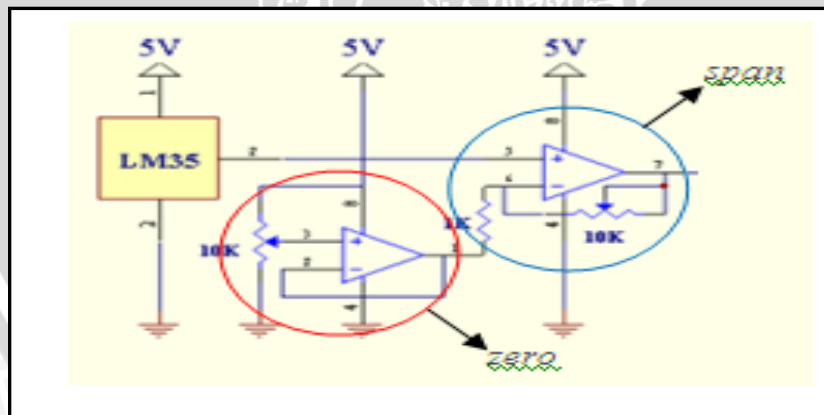
$$R_2 = 4,34 \times 1000$$

$$R_2 = 4,34 \text{ k}\Omega$$

4.5 Rangkaian Pengukur Suhu

Rangkaian pengukur suhu terdiri dari IC LM35 dan pengkondisi sinyal untuk LM35. IC LM35 berfungsi sebagai sensor suhu yang dapat mengubah masukan berupa besaran suhu atau temperatur menjadi keluaran berupa tegangan. Di mana untuk setiap kenaikan 1°C , tegangan yang dikeluarkan oleh sensor sebesar 10 mV. Karena tegangan keluaran IC LM35 cukup kecil maka diperlukan pengkondisi sinyal atau penguat tegangan, sehingga bila terjadi perubahan temperatur atau suhu maka perubahan tegangan keluaran pada sensor masih dapat diamati dalam skala yang cukup besar. Dalam perancangan sistem ini nilai *set point* suhu yang dikendalikan di dalam air ditetapkan sebesar 32°C .

Rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor suhu LM35 yang dirancang pada sistem ini terbagi menjadi dua macam rangkaian op-amp, yang kemudian digunakan istilah sebagai rangkaian *zero* dan *span*. Rangkaian *zero* berfungsi sebagai *virtual input* bagi rangkaian *span*, di mana nilai tegangan keluaran pada rangkaian *zero* tersebut diatur sehingga sama dengan nilai tegangan untuk menyatakan batas bawah kondisi suhu pada range kerja untuk pengendalian suhu. Rangkaian *span* merupakan rangkaian penguat selisih tegangan (penguat *differensial*) yang berfungsi untuk menguatkan sinyal-sinyal tegangan yang nilainya kecil. Rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor suhu LM35 ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian Pengkondisi Sinyal untuk LM35
Sumber : Perancangan

Pengendalian suhu pada sistem ini telah ditentukan untuk bekerja pada *range* suhu $25^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$. Agar perubahan tegangan keluaran pada sensor LM35 yang memiliki resolusi $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ dapat dibaca oleh ADC yang memiliki *range* tegangan masukan antara $0-5\text{V}$ serta resolusi $19,6 \text{ mV/bit}$, maka tegangan keluaran sensor LM35

pada *range* kerja tersebut akan dikuatkan oleh pengkondisi sinyal agar tegangannya dapat dibaca oleh ADC.

Analisis rangkaian span dengan range suhu 25°C-32°C bekerja pada tegangan masukan 250 mV- 320mV dan tegangan keluaran 0 mV – 4410 mV dengan analisis perhitungan sebagai berikut,

$$V_{out} = (V_{in+} - V_{in-}) \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) + V_{in-}$$

Saat $V_{out} = 0$ mV

$$0 = (250 - V_{in-}) (A_v) + V_{in-} \quad (4-1)$$

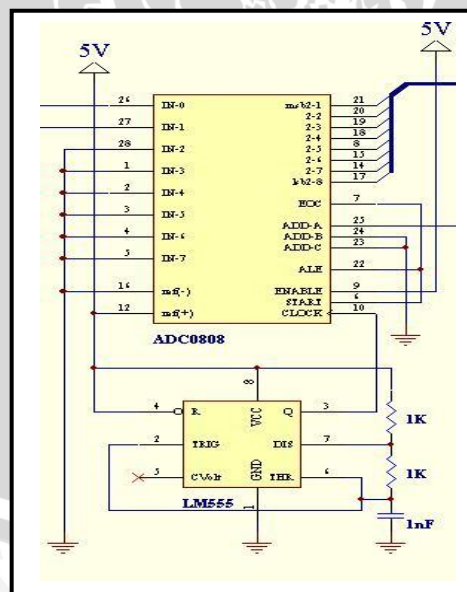
Saat $V_{out} = 4410$ mV

$$4410 = (320 - V_{in-}) (A_v) + V_{in-} \quad (4-2)$$

Dari persamaan (1) dan persamaan (2) maka dengan metode eliminasi didapatkan nilai penguatan $A_v = 63$ dan nilai $V_{in-} = 254$ mV. Nilai V_{in-} merupakan nilai V_{out} rangkaian *zero*.

4.6 ADC 0808

Tegangan analog dari *output* rangkaian pengukur pH dan ketinggian dirubah menjadi tegangan digital menggunakan satu rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*). Rangkaian ADC 0808 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Rangkaian ADC 0808

Sumber: Perancangan

ADC 0808 akan mengkonversi tegangan antara 0 sampai dengan 5 volt, sehingga tegangan referensi yang diberikan adalah :

$$V_{out} = V_{ref} (a_1 2^{-1} + a_2 2^{-2} + \dots + a_8 2^{-8})$$

$$5 \text{ V} = V_{\text{ref}} (1/2 + 1/4 + \dots + 1/256)$$

$$5 \text{ V} = V_{\text{ref}} (0,996)$$

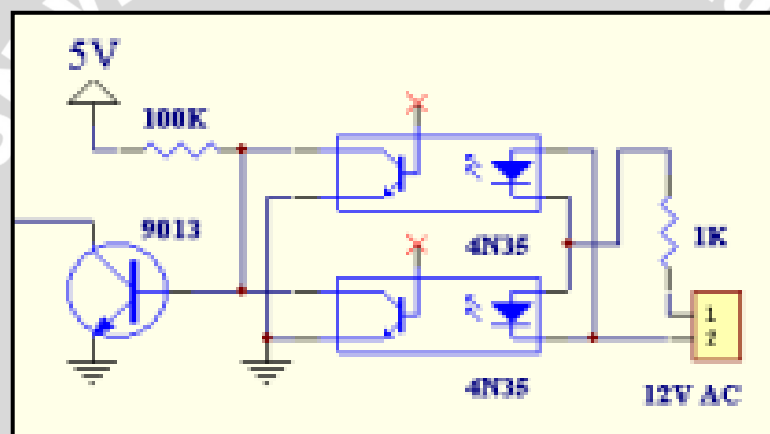
$$V_{\text{ref}} = 5/0,996 = 5,020 \text{ V} \approx 5 \text{ V}$$

Besar kenaikan tegangan tiap step atau resolusi dari ADC ini adalah :

$$\frac{V_{\text{ref}}}{2^n - 1} = \frac{5 \text{ V}}{2^8 - 1} = 0,019607 = 19,6 \text{ mV} / \text{bit}$$

4.7 Rangkaian Zero Crossing Detector

Zero crossing detector merupakan rangkaian yang dapat menghasilkan pulsa saat tegangan bolak-balik pada kondisi *zero*, dengan demikian diketahui saat di mana tegangan AC mencapai kondisi *zero* dan ini dapat digunakan sebagai awal pemberian *delay* (waktu tunda). Rangkaian *zero crossing detector* ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rangkaian Zero Crossing Detector

Sumber: Perancangan

Pada saat led A atau led B menyala maka transistor NPN A atau B akan *on* dan memberikan *input ground* pada transistor 9013 sehingga transistor 9013 akan *off*. Pada saat led A dan led B tidak menyala maka transistor NPN A dan B akan *off* sehingga basis transistor 9013 akan mendapat masukan positif yang terhubung dengan tegangan 5 V.

Analisis penentuan nilai R1

$$R = \frac{(V - V_{\text{led}})}{I}$$

$$= \frac{(5 - 1,8)}{10} = 0,32 \text{ k ohm}$$

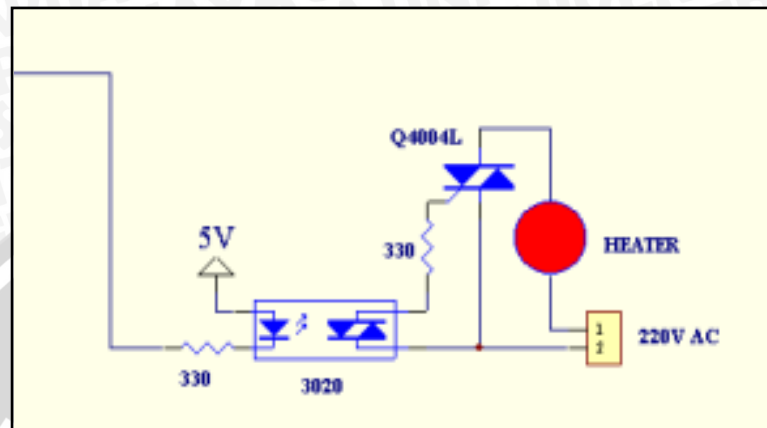
Analisis penentuan nilai R2

$$R = \frac{(V - V_{\text{led}})}{I}$$

$$= \frac{(12 - 1,8)}{10} = 1,02 \text{ k ohm}$$

4.8 Driver Heater

Led opto triac akan mendapatkan trigger sehingga rangkaian led opto isolated triac akan aktif dan heater akan on. Nilai V_{in} heater ditentukan oleh *delay* dari zero crossing. Semakin besar nilai *delay zero crossing* maka akan semakin kecil pula nilai V_{in} heater. Rangkaian driver heater ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Rangkaian Driver Heater

Sumber: Perancangan

Analisis penentuan nilai R

$$R = \frac{(V - V_{led})}{I}$$

$$= \frac{(5 - 1,8)}{10} = 0,32 \text{ k ohm}$$

4.9 Shift Register

Register geser (*shift register*) merupakan salah satu piranti fungsional yang banyak digunakan dalam sistem digital. Tampilan pada layar kalkulator dimana angka bergeser ke kiri setiap kali ada angka baru yang diinputkan menggambarkan karakteristik register geser tersebut. Register geser ini terbangun dari flip-flop. Register geser dapat digunakan sebagai memori sementara, dan data yang tersimpan didalamnya dapat digeser ke kiri atau ke kanan. Register geser juga dapat digunakan untuk mengubah data seri ke paralel atau data paralel ke seri. Rangkaian shift register ditunjukkan pada gambar 4.9.

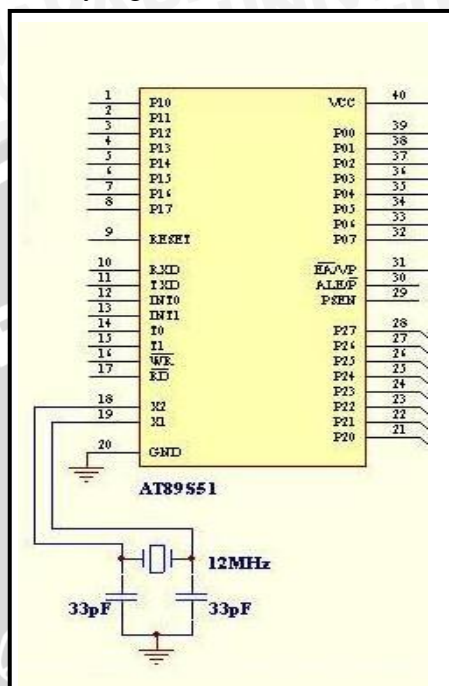
1. *Port 0*
P0.0-0.7 digunakan sebagai keluaran untuk mengirimkan alamat ke *bus* data LCD D0-D7.
2. *Port 1*
P1.0-1.7 digunakan sebagai saluran keypad.
3. *Port 2*
P2.6 dan 2.7 digunakan sebagai keluaran untuk mengirimkan kontrol LCD (RS & E).
P2.0 dan P2.1 digunakan untuk driver *buzzer* dan *fan*.
4. *Port 3*
P3.0 dan P3.1 digunakan untuk komunikasi data SDA & SCL serial ADC & *memory external*.
P3.2 digunakan untuk *zero crossing*.
P3.7 digunakan untuk driver *heater*.
5. XTAL1 dan XTAL2
XTAL1 dan XTAL2 digunakan sebagai *input* dari rangkaian osilator kristal. Rangkaian osilator kristal terdiri dari kristal osilator 11.0592 MHz, kapasitor C1 dan C2 yang masing-masing bernilai 33 pF, akan membangkitkan pulsa *clock* yang menjadi penggerak bagi seluruh operasi internal mikrokontroler.
6. VCC
VCC dihubungkan dengan tegangan sebesar +5V sesuai dengan tegangan operasi *chip* tunggal yang diijinkan dalam *data sheet*.
7. GND
GND dihubungkan ke *ground* catu daya.
8. Reset
Reset digunakan untuk mereset program kontrol mikrokontroler, maka pin reset diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal reset, kapasitor dihubungkan dengan VCC dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*.

4.11 Perencanaan Clock

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem yang dirancang ini menggunakan osilator *internal* yang telah tersedia dalam *chip* AT89S51. Untuk

menentukan frekuensi osilatornya cukup dengan menghubungkan kristal dalam pin 19 (X_1) dan pin 18 (X_2) serta dua buah kapasitor ke *ground*.

Besarnya kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi dalam lembar data AT89C51 yaitu 33 pF. Kristal yang digunakan adalah 12 MHz. Gambar 4.11. memperlihatkan rangkaian *clock* yang direncanakan.



Gambar 4.11 Rangkaian Clock
Sumber: Perancangan

4.12 Perencanaan Rangkaian Reset

Untuk me-*reset* mikrokontroler AT89S51, maka pin RST diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal *reset* kapasitor dihubungkan dengan V_{CC} dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*.

Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 12 MHz, maka satu periode membutuhkan waktu sebesar :

$$T = \frac{1}{f_{XTAL}} = \frac{1}{12\text{MHz}} \text{ s} = 8,33 \times 10^{-8} \text{ s}$$

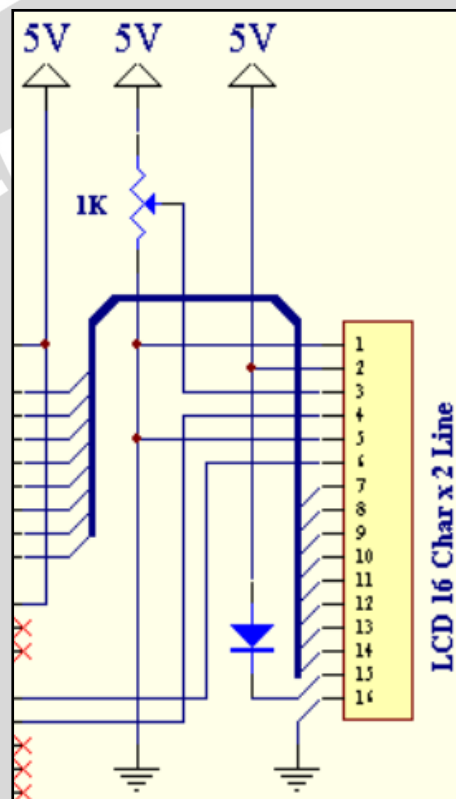
Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk mereset mikrokontroler adalah :

$$\begin{aligned} t_{\text{reset}(\text{min})} &= T \times \text{periode yang dibutuhkan} \\ &= 8,33 \times 10^{-8} \times 24 = 2 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Jadi mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 1 μs untuk me-*reset*.

4.13 Rangkaian LCD

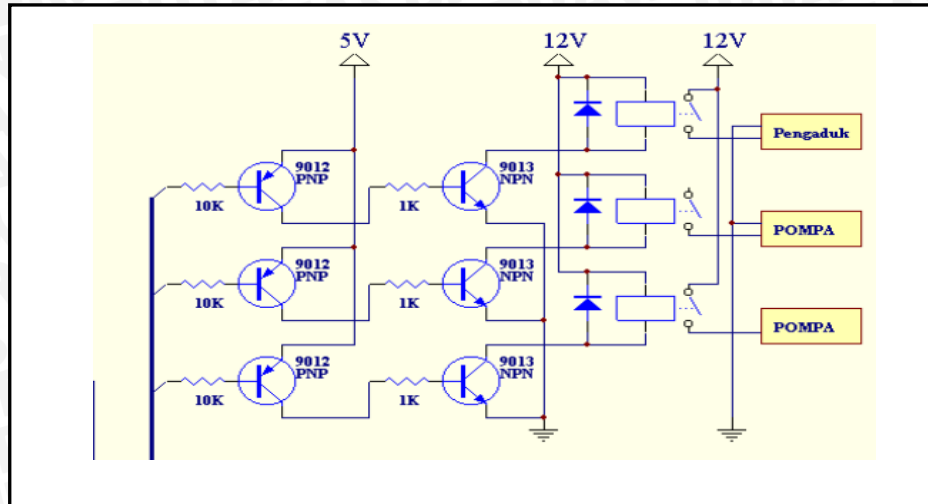
LCD yang digunakan adalah tipe M1632 (16 kolom x 2 baris). *Bus data* LCD (D0-D7) terhubung dengan *port 0* mikrokontroler (P0.0-P0.7). LCD dioperasikan hanya untuk menerima data, sehingga pin R/W dihubungkan dengan *ground*. RS dihubungkan dengan pin 2.6 dari mikrokontroler. Sedangkan untuk mengaktifkan E (*Enable*) LCD dibutuhkan keluaran dari pin 2.7. Tingkat kecerahan LCD dapat diatur dengan menggunakan resistor variabel 1 k Ω . Gambar LCD dan konfigurasi pinnya dapat dilihat dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Rangkaian LCD
Sumber : Perancangan

4.14 Driver Pompa dan Driver Pengaduk

Rangkaian driver *fan* digunakan untuk mengaktifkan *fan*. Rangkaian driver *fan* ini sama prinsipnya dengan rangkaian driver *buzzer*. *Fan* dan *buzzer* masing-masing dihubungkan oleh dua buah transistor yaitu transistor PNP dan transistor NPN. Skema dari rangkaian driver *fan* dan *buzzer* ditunjukkan dalam Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Rangkaian Driver Pompa dan Driver Pengaduk

Sumber : Perancangan

Analisis perhitungan arus pada transistor-transistor tersebut yaitu:

$$I_{b1} = \frac{V - V_{be}}{R} = \frac{5 - 0,7}{10 \cdot 10^3} = 0,43 \text{ mA}$$

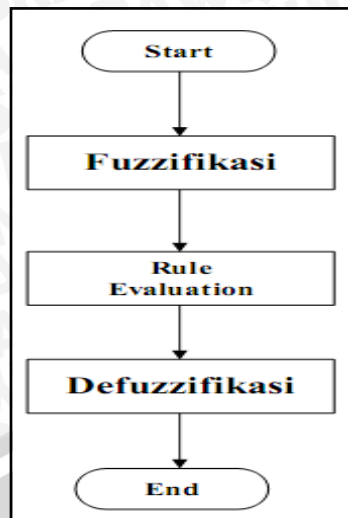
$$I_{c1} = I_{b1} \times H_{fe} = 0,43 \cdot 10^{-3} \times 60 = 25,8 \text{ mA}$$

$$I_{b2} = \frac{V - V_{be}}{R} = \frac{5 - 0,7}{10^3} = 4,3 \text{ mA}$$

$$I_{c2} = I_{b2} \times H_{fe} = 4,3 \cdot 10^{-3} \times 60 = 258 \text{ mA}$$

4.15 Perancangan Kontroler Logika Fuzzy

Untuk memastikan sistem bekerja dengan baik, maka perancangan perangkat lunak (software) merupakan bagian yang sangat penting selain perancangan perangkat keras (hardware). Sebelum membuat program utama untuk sistem, terlebih dahulu dilakukan perancangan untuk sistem kontrol logika *fuzzy* itu sendiri, yang terdiri dari proses fuzzifikasi, rule evaluation, dan defuzzifikasi. Secara garis besar diagram alir untuk sistem kontrol logika *fuzzy* ditunjukkan oleh gambar 4.14.



Gambar 4.14 Diagram Alir Sistem kontrol logika *fuzzy*
Sumber : Perancangan

Tahapan-tahapan dalam kontrol logika *fuzzy* adalah sebagai berikut :

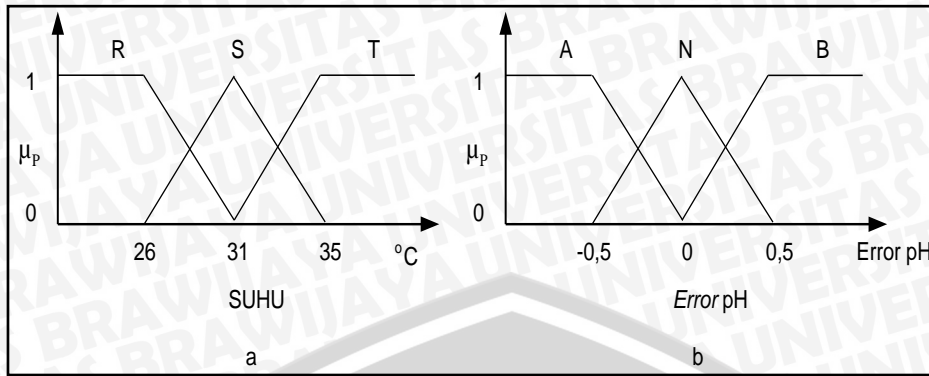
1. Menentukan Variabel Masukan dan Variabel Keluaran

Variabel masukan untuk kontroler logika *fuzzy* ada dua yaitu suhu dan *error* pH, sedangkan variabel keluaran berupa % *duty cycle* untuk power heater, pompa asam dan pompa basa. Pada masukan dan keluaran dalam skripsi kali ini yang diatur memakai fuzzy adalah suhu dan *error* pH yang berada didalam akuarium.

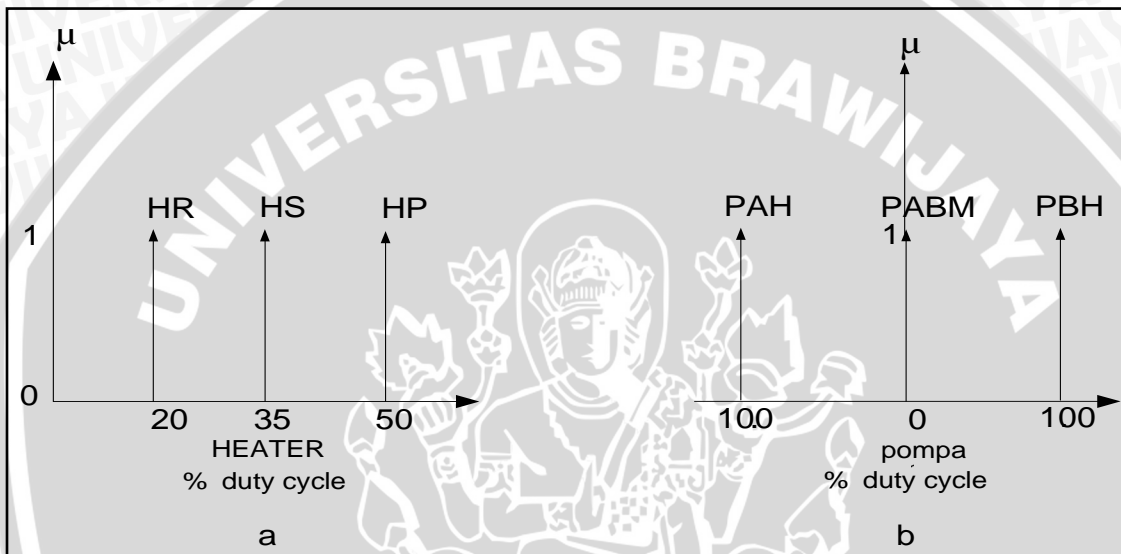
2. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses merubah dari besaran bukan *fuzzy* (*crisp*) ke besaran *fuzzy* sehingga didapat derajat fungsi keanggotaan. Operasi fuzzifikasi melibatkan transformasi sebuah himpunan *non fuzzy* ke dalam himpunan *fuzzy*.

Pada proses fuzzifikasi, suhu dan *error* pH dibagi menjadi 3 fungsi keanggotaan segitiga simetris. Fungsi keanggotaan untuk input suhu terdiri dari 3 label, yaitu: Suhu Rendah (R), Suhu Sedang (S), dan Suhu Tinggi (T). Sedang untuk fungsi keanggotaan input *error* pH juga terdiri dari 3 label, yaitu : Asam (A), Normal (N), dan Basa (B). Fungsi keanggotaan untuk output power heater dirancang dengan 3 label yaitu: Heater Rendah (HR) dengan *duty cycle* 20%, Heater Sedang (HS) dengan *duty cycle* 35%, Heater Panas (HP) dengan *duty cycle* 50%, sedangkan fungsi keanggotaan output pompa asam dan pompa basa dirancang dengan 3 label yaitu: Pompa Asam Hidup (PAH) dengan *duty cycle* 100%, Pompa Asam dan Basa Mati (PABO) dengan *duty cycle* 0 % dan Pompa Basa Hidup (PBH) dengan *duty cycle* 100%. Gambar 4.15 dan 4.16 menunjukkan fungsi keanggotaan *input* dan *output*.



Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan Input (a)Suhu dan (b) Error pH
Sumber : Perancangan



Gambar 4.16 Fungsi Keanggotaan Output (a)Heater dan (b)Pompa
Sumber : Perancangan

3. Kaidah Atur Kontroler Logika Fuzzy

Setelah proses fuzzifikasi selesai, langkah selanjutnya adalah membuat suatu rule evaluation yaitu penentuan aturan-aturan dari pasangan *input* dan *output*. Aturan-aturan tersebut ditentukan berdasarkan perlakuan-perlakuan yang diberikan pada sistem dengan nilai masukan yang berbeda. Kaidah atur kontrol logika fuzzy didasarkan pada bentuk Jika-Maka. Setelah *crisp input* diubah menjadi *input fuzzy*, selanjutnya diolah sesuai dengan kaidah aturnya. Metode penalaran fuzzy yang dipergunakan oleh kontrol logika fuzzy adalah metode MAX-MIN. Kaidah atur selengkapnya terdapat dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Kaidah atur Suhu dan Error pH

Suhu \ Error pH	R	S	T
A	HP PBH	HS PBH	HR PBH
N	HP PABM	HS PABM	HR PABM
B	HP PAH	HP PAH	HS PAH

Sumber : Perancangan

- *If* suhu adalah R dan *error* pH adalah A *Then* heater HP, Pompa Basa Hidup
- *If* suhu adalah R dan *error* pH adalah N *Then* heater HP, Pompa Asam Basa Mati
- *If* suhu adalah R dan *error* pH adalah B *Then* heater HP, Pompa Asam Hidup
- *If* suhu adalah S dan *error* pH adalah A *Then* heater HS, Pompa Basa Hidup
- *If* suhu adalah S dan *error* pH adalah N *Then* heater HS, Pompa Asam Basa Mati
- *If* suhu adalah S dan *error* pH adalah B *Then* heater HP, Pompa Asam Hidup
- *If* suhu adalah T dan *error* pH adalah A *Then* heater HR, Pompa Basa Hidup
- *If* suhu adalah T dan *error* pH adalah N *Then* heater HR, Pompa Asam Basa Mati
- *If* suhu adalah T dan *error* pH adalah B *Then* heater HS, Pompa Asam Hidup

4. Metode Inferensi Max-Min

Visualisasi proses pengolahan masukan dengan metode Max-Min dengan menggunakan kaidah atur yang telah ditetapkan, fungsi proses inferensi adalah membandingkan nilai *membership function input* suhu dan nilai *membership function input* error pH, dari perbandingan tersebut didapat nilai *membership function* yang terkecil, nilai-nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan besar nilai *membership function output*, disamping untuk menentukan nilai *membership function output*, metode inferensi juga digunakan untuk menentukan label *output* yang digunakan untuk menentukan nilai crisp pada proses selanjutnya yaitu proses defuzzifikasi

5. Defuzzifikasi

Setelah proses fuzzifikasi dan rule evaluation selesai dirancang, langkah selanjutnya adalah proses defuzzifikasi. Defuzzifikasi adalah proses untuk

mengubah *output fuzzy* menjadi *crisp output*. Hasil defuzzifikasi inilah yang digunakan untuk mengatur besarnya tegangan pada motor DC. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah COA (*Center of Area*).

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$



BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini dibagi menjadi lima bagian, yaitu :

- Pengujian rangkaian sensor pH
- Pengujian rangkaian sensor suhu
- Pengujian rangkaian ADC
- Pengujian mikrokontroler
- Pengujian LCD
- Pengujian sistem secara keseluruhan

5.1 Pengujian Rangkaian Sensor pH

5.1.1 Tujuan Pengujian

Pengujian rangkaian sensor pH LUTRON PE-03 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut. Dimana nilai pH dapat diketahui dengan cara melihat nilai pH yang ditampilkan dalam LCD.

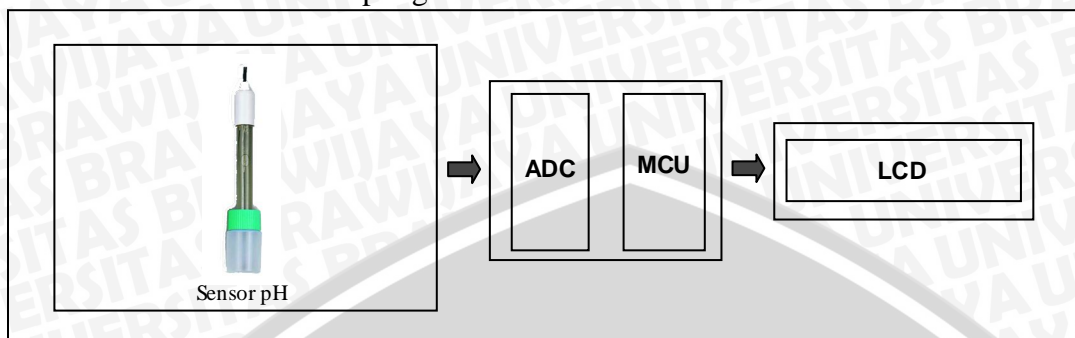
5.1.2 Peralatan Pengujian

- Catu daya 5V DC
- Sensor pH
- pH meter
- Rangkaian sistem (ADC, MCU, dan LCD) untuk menampilkan data pH yang terdeteksi oleh sensor.

5.1.3 Prosedur Pengujian

- Menyusun rangkaian pengujian sensor pH seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.1.
- Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.

- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- Melihat data pH yang muncul di LCD.
- Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.1.



Gambar 5.1 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Sensor pH

Sumber : pengujian

5.1.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian sensor pH ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor pH

No.	Sampel	pH Meter	Hasil Pembacaan	Error (%)
1	Buffer pH 3	3	3	0
2	Buffer pH 4	4	4	0
3	Buffer pH 6	6	6	0
4	Air asam	5,9	6	0,1
5	Buffer pH 7	7	7	0
6	Air Kapur	9,5	10	0,5
7	Buffer pH 10	10	10	0
Kesalahan Rata-Rata (%)				0,188

Sumber : Pengujian

5.1.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari data dalam Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa kesalahan rata-rata sebesar 0,188%. Prosentase kesalahan didapatkan dengan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{|V_{out} \text{ Perhitungan} - V_{out} \text{ Pengukuran}|}{V_{out} \text{ Perhitungan}} \times 100\% \quad (5-1)$$

$$\% \text{ Kesalahan rata-rata} = \frac{\Sigma \% \text{ Kesalahan}}{n} \quad (5-2)$$

n = banyaknya pengujian yang dilakukan

Adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan:

- Toleransi komponen yang digunakan.
- Error/kesalahan maksimum dari komponen.

5.2 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

5.2.1 Tujuan Pengujian

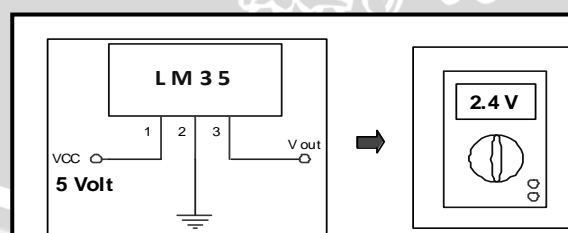
Pengujian rangkaian sensor suhu tipe LM35 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut. Jika tanggapan sensor suhu baik maka setiap perubahan suhu ruangan sebesar 1°C juga akan menyebabkan perubahan nilai V_{out} pada sensor suhu sebesar 10mV.

5.2.2 Peralatan Pengujian

- Catu daya
- Sensor suhu LM35
- Termometer analog
- Multimeter digital
- Pemanas heater

5.2.3 Prosedur Pengujian

- Menyusun rangkaian pengujian sensor suhu seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
- Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- Mengatur suhu air sehingga dapat berubah-ubah sesuai yang diinginkan dengan menggunakan pemanas heater.
- Mengukur tegangan keluaran sensor dengan menggunakan multimeter.
- Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.2.



Gambar 5.2 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Sumber: Pengujian

5.2.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian dari rangkaian sensor suhu ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

No.	Suhu (°C)	V_{out} sensor (mV)		Kesalahan (%)
		Perhitungan	Pengukuran	
1	31	310	308.8	0,38
2	32	320	319.9	0,03
3	33	330	333.3	1.00
4	34	340	341.1	0.32
5	35	350	343.3	1.90
6	36	360	358.0	0,56
7	37	370	369.9	0,03
8	38	380	378.9	0,28
9	39	390	389.8	0,05
10	40	400	400.7	0,17
Kesalahan rata-rata (%)				0,42

Sumber : Pengujian

5.2.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari data dalam Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa kesalahan rata-rata sebesar 0,45%. Prosentase kesalahan didapatkan dengan perhitungan menggunakan persamaan (5-1) dan (5-2).

Adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan Kurang presisinya multimeter sehingga menyebabkan kesalahan dalam pengukuran tegangan keluaran (V_{out}) sensor level.

5.3 Pengujian Rangkaian ADC

5.3.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian rangkaian ADC tipe 0808 adalah untuk mengetahui hasil pengkonversian data oleh ADC serta besarnya tingkat prosentase kesalahan pada rangkaian ADC. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan masukan yang berbeda-beda pada ADC sebagai pengganti tegangan keluaran dari pengkondisi sinyal sensor. Data keluaran pada ADC dapat dilihat pada kondisi nyala LED yang terpasang pada tiap-tiap pin keluaran digitalnya. Kondisi nyala LED merupakan data nilai biner keluaran dari ADC yang kemudian dikonversi ke dalam nilai desimal.

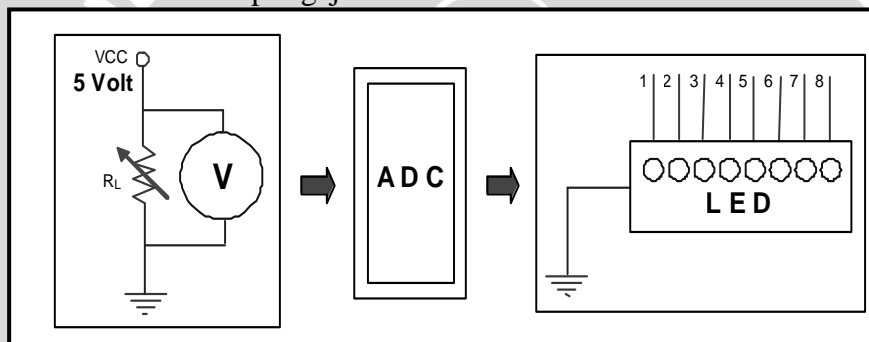
5.3.2 Peralatan Pengujian

- Catu daya 5V DC
- Rangkaian pembagi tegangan
- Rangkaian 8 buah LED sebagai indikator keluaran dari ADC

- Multimeter digital

5.3.3 Prosedur Pengujian

- Menyusun rangkaian pengujian ADC seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3.
- Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- Mengatur V_{in} ADC sehingga dapat berubah-ubah sesuai yg diinginkan dengan merubah nilai R_L pada rangkaian pembagi tegangan.
- Mengamati nyala setiap LED ketika V_{in} ADC sesuai dengan yang diinginkan dan kemudian dikonversi ke dalam nilai decimal.
- Memasukkan hasil pengujian ke dalam Tabel 5.3.



Gambar 5.3 Blok Diagram Pengujian Rangkaian ADC

Sumber: Pengujian

5.3.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian dari rangkaian ADC 0808 ditunjukkan dalam Tabel 5.3

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Rangkaian ADC

No.	V_{in} ADC (Volt)	Keluaran ADC (decimal)		Kondisi LED								Kesalahan (%)		
		Perhitungan	Pengukuran	1	2	3	4	5	6	7	8			
1.	0	0	0											0
2.	0.5	25	25				■	■					■	0
3.	1	51	52			■	■		■					1.96
4.	1.5	76	77		■			■					■	1.32
5.	2	102	103		■	■			■	■		■	■	0.98
6.	2.5	127	128	■										0.79
7.	3	153	154	■			■	■			■			0.65
8.	3.5	178	179	■		■	■				■	■		0.56
9.	4	204	205	■	■			■	■		■	■		0.49
10.	4.5	229	230	■	■	■			■	■	■	■		0.44

11.	5	255	255									0
Kesalahan rata-rata (%)											0.65	

Sumber: Pengujian

Keterangan tabel :

- Putih (LED padam)
- Merah (LED menyala)

5.3.5 Analisis Hasil Pengujian

ADC 0808 mampu mengkonversi masukan analog 0V sampai 5V menjadi keluaran biner 8 bit dengan kesalahan rata-rata sebesar 0,65%. Data keluaran (desimal) dari ADC menyesuaikan dengan resolusi dari ADC tersebut.

5.4 Pengujian Mikrokontroler

5.4.1 Tujuan Pengujian

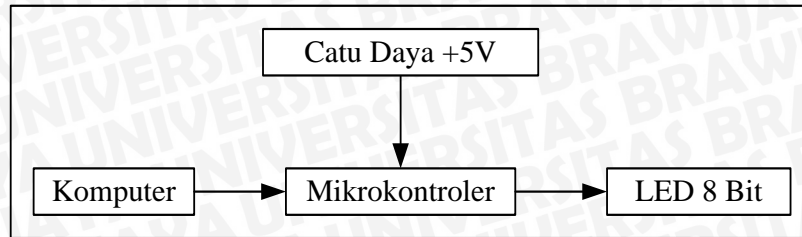
Pengujian mikrokontroler bertujuan untuk mengetahui kondisi awal dari sistem mikrokontroler agar sesuai dengan yang diharapkan.

5.4.2 Peralatan Pengujian

- komputer dengan kabel penghubungnya
- minimum sistem mikrokontroler AT89S51
- lampu LED mewakili keluaran 8 bit
- catu daya +5 volt

5.4.3 Langkah Pengujian

- merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.4 keluaran terhubung dengan lampu LED yang mewakili keluaran 8 bit.
- mengisi mikrokontroler dengan program sederhana yang meletakkan 0FH dan FOH pada Accumulator secara bergantian kemudian memindahkannya ke port 1. kemudian download pada mikrokontroler AT89S51.
- mengaktifkan catu daya.
- mereset program untuk mengeluarkan data mikrokontroler.
- mencatat data keluaran yang diwakili oleh lampu LED 8 bit ke dalam bentuk biner.



Gambar 5.4 Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler
Sumber: Pengujian

5.4.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.4. Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler

Kondisi	Keluaran pada LED Display							
	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
I	1	1	1	1	0	0	0	0
II	0	0	0	0	1	1	1	1

Sumber: Pengujian

Dari tabel 5.4 terlihat bahwa port 1 memberikan logika 0FH dan F0H secara bergantian sesuai dengan isi program.

5.5 Pengujian Sistem LCD

5.5.1 Tujuan Pengujian

Pengujian LCD bertujuan untuk mengetahui LCD masih dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan program yang diberikan oleh mikrokontroler.

5.5.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan adalah:

- Mikrokontroler
- LCD
- Catu daya 5 V

5.5.3 Langkah Pengujian

- Menginisialisasi LCD
- Memberi data karakter “Teknik Elektro” pada baris pertama dan “Brawijaya Malang” pada baris kedua.

5.5.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Gambar 5.5 menunjukkan tampilan huruf Teknik Elektro pada baris pertama dan huruf Brawijaya Malang pada baris kedua. Pada tampilan LCD terbukti bahwa data karakter yang diprogram oleh mikrokontroler dapat ditampilkan dengan baik.



Gambar 5.5 Gambar Tampilan LCD Pada Alat
Sumber: Pengujian

5.6 Pengujian sistem secara keseluruhan

5.6.1 Tujuan Pengujian

Pengujian alat secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan baik. Hal ini dimaksudkan untuk melihat apakah sistem pengendalian berjalan sesuai dengan perencanaan dan sebagai indikasi penelitian ini berhasil atau tidak.

5.6.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian antara lain:

- Alat pengatur pH dan suhu yang sudah diprogram dengan masukan rule-rule *fuzzy*
- Catu daya AC 220 Volt
- Benih udang
- Larutan kapur
- Larutan asam sitrat

5.6.3 Langkah Pengujian

- Menyiapkan alat pengendali pH dan suhu dan memastikan catu daya telah terpasang.
- Menghidupkan saklar catu daya dan memastikan alat telah bekerja.
- Mengukur pH dan suhu air.

5.6.4 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Setelah alat dinyalakan tanpa adanya gangguan suhu awal air sebesar 26°C dan derajat keasaman (pH) sebesar 6.5. Alat melakukan aksi sesuai dengan *rules* yang diberikan seperti tabel 5.5 berikut:

Tabel 5.5 Tabel Rule-Rule Fuzzy

Suhu Error pH	R	S	T
A	HP PBH	HS PBH	HR PBH
N	HP PABM	HS PABM	HR PABM
B	HP PAH	HS PAH	HR PAH

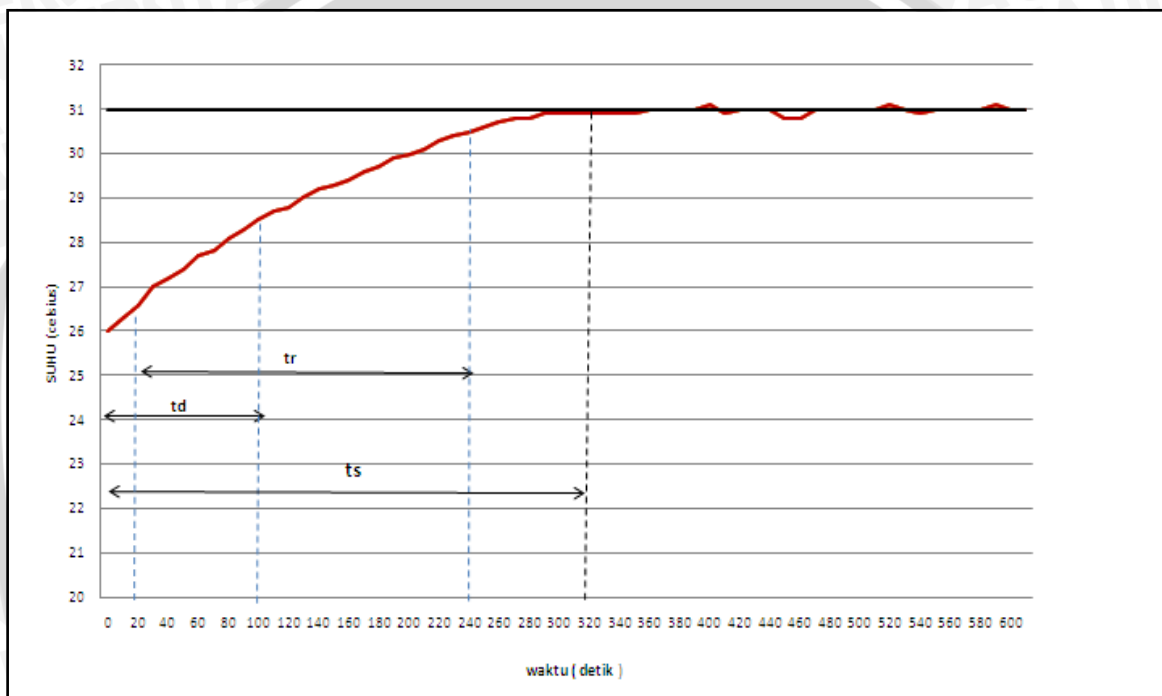
Sumber : Pengujian

5.6.4.1 Data Pengujian Suhu

Tabel 5.6 Hasil Pengujian untuk pengukuran sensor suhu dengan suhu awal 26°C

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu (detik)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu (detik)
26	0	30.9	310
26.3	10	30.9	320
26.6	20	30.9	330
27	30	30.9	340
27.2	40	30.9	350
27.4	50	31	360
27.7	60	31	370
27.8	70	31	380
28.1	80	31	390
28.3	90	31.1	400
28.5	100	30.9	410
28.7	110	31	420
28.8	120	31	430
29	130	31	440
29.2	140	30.8	450
29.3	150	30.8	460
29.4	160	31	470
29.6	170	31	480
29.7	180	31	490
29.9	190	31	500
30	200	31	510
30.1	210	31.1	520

30.3	220	31	530
30.4	230	30.9	540
30.5	240	31	550
30.6	250	31	560
30.7	260	31	570
30.8	270	31	580
30.8	280	31.1	590
30.9	290	31	600
30.9	300	31	610

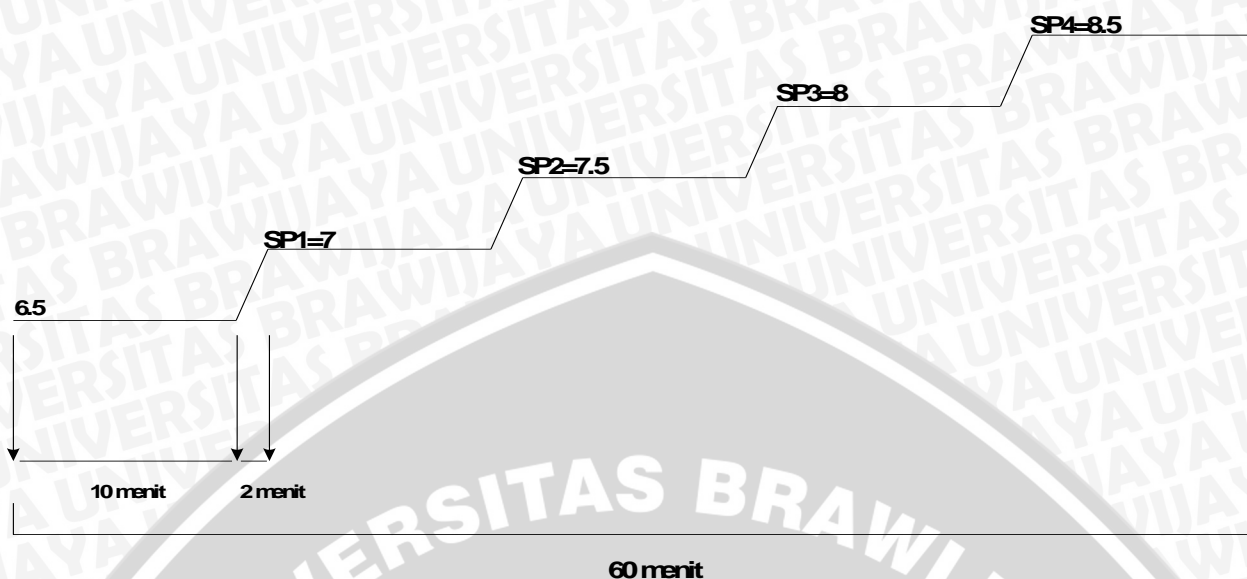


Gambar 5.6 Grafik Hasil Pengujian Dengan Suhu Awal 26°C
 Sumber : Pengujian

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

1. Waktu tunda, t_d : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
 - t_d yang didapatkan dari pengujian ini adalah 100 detik.
2. Waktu naik, t_r : waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10 - 90 % dari harga akhirnya.
 - t_r yang didapatkan dari pengujian ini adalah 220 detik
3. Waktu turun, t_s : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*.
 - t_s yang diperoleh adalah 320 detik.
4. *Error steady state* yang terjadi sebesar 0,64 %

5.6.4.2 Data pengujian derajat keasaman (pH)



Gambar 5.7 Gambar Perubahan Set Point Sistem pH

Sumber : Perancangan

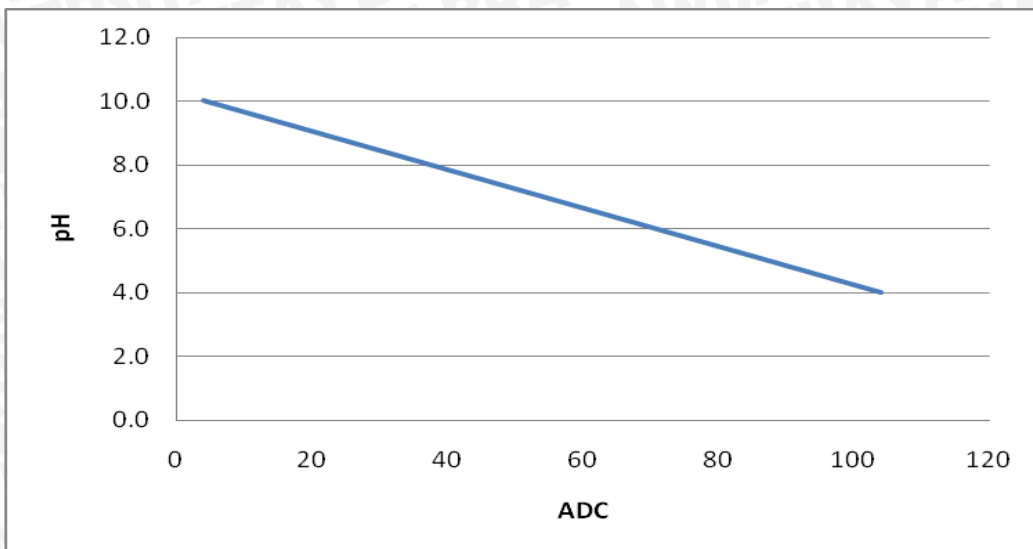
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Sistem pH

Nilai ADC	ph	Nilai ADC	ph
4	10.0	55	7.0
5	10.0	56	6.9
6	9.9	57	6.8
7	9.8	58	6.8
8	9.8	59	6.7
9	9.7	60	6.7
10	9.7	61	6.6
11	9.6	62	6.5
12	9.5	63	6.5
13	9.5	64	6.4
14	9.4	65	6.4
15	9.4	66	6.3
16	9.3	67	6.2
17	9.2	68	6.2
18	9.2	69	6.1
19	9.1	70	6.1
20	9.1	71	6.0



21	9.0
22	8.9
23	8.9
24	8.8
25	8.8
26	8.7
27	8.6
28	8.6
29	8.5
30	8.5
31	8.4
32	8.3
33	8.3
34	8.2
35	8.2
36	8.1
37	8.0
38	8.0
39	7.9
40	7.9
41	7.8
42	7.7
43	7.7
44	7.6
45	7.6
46	7.5
47	7.4
48	7.4
49	7.3
50	7.3
51	7.2
52	7.1
53	7.1

72	5.9
73	5.9
74	5.8
75	5.8
76	5.7
77	5.6
78	5.6
79	5.5
80	5.5
81	5.4
82	5.3
83	5.3
84	5.2
85	5.2
86	5.1
87	5.0
88	5.0
89	4.9
90	4.9
91	4.8
92	4.7
93	4.7
94	4.6
95	4.6
96	4.5
97	4.4
98	4.4
99	4.3
100	4.3
101	4.2
102	4.1
103	4.1
104	4.0



Gambar 5.8 Grafik Hasil Pengujian sistem pH

1) Data pengujian pH dengan set point (SP1) = 7

Tabel 5.8 Tabel Hasil Pengujian pH dengan Set Point = 7

No.	waktu	pH	ADC
1	10 menit	6.5	62
2		6.6	61
3		6.6	61
4		6.5	62
5		6.5	62
6		6.6	61
7		6.5	62
8		6.5	62
9		6.6	61
10		6.6	61

No.	waktu	pH	ADC
1	2 menit	6.8	57
2		7.1	52

Sumber : Pengujian

2) Data pengujian pH dengan set point (SP2) = 7.5

Tabel 5.9 Tabel Hasil Pengujian pH dengan Set Point = 7.5

No.	waktu	pH	ADC
1	10 menit	7.1	52
2		7	54
3		7	54
4		7	54
5		7.1	52
6		7.1	52
7		7	54
8		7	54
9		7	54
10		7.1	52

No.	waktu	pH	ADC
1	2 menit	7.4	47
2		7.6	44

Sumber : Pengujian

3) Data pengujian pH dengan set point (SP3) = 8

Tabel 5.10 Tabel Hasil Pengujian pH dengan Set Point = 8

No.	waktu	pH	ADC
1	10 menit	7.6	44
2		7.5	46
3		7.5	46
4		7.5	46
5		7.5	46
6		7.6	44
7		7.6	44
8		7.5	46
9		7.5	46
10		7.5	46

No.	waktu	pH	ADC
1	2 menit	7.7	42
2		8	37

Sumber : Pengujian

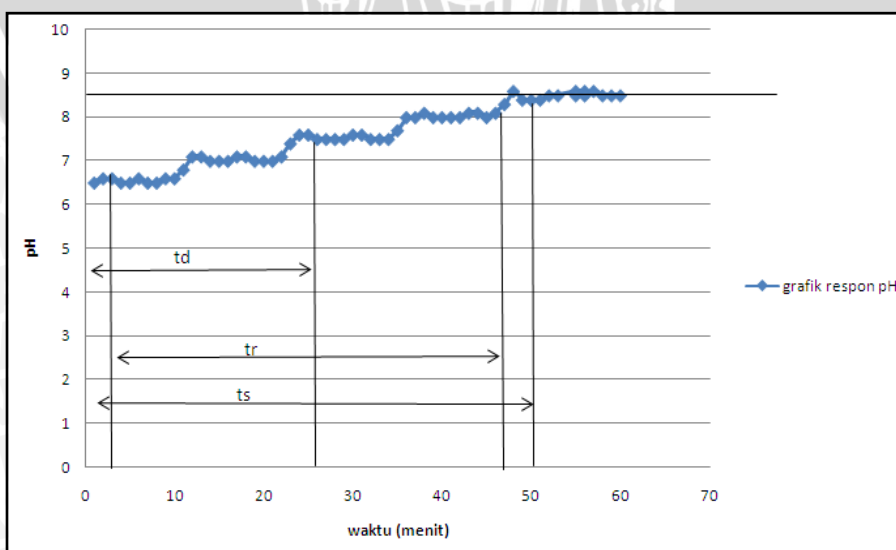
4) Data pengujian pH dengan set point (SP4) = 8.5

Tabel 5.11 Tabel Hasil Pengujian pH dengan Set Point = 8.5

No.	waktu	pH	ADC
1	10 menit	8	37
2		8.1	36
3		8	37
4		8	37
5		8	37
6		8	37
7		8.1	36
8		8.1	36
9		8	37
10		8.1	36

No.	waktu	pH	ADC
1	2 menit	8.3	32
2		8.6	27

Sumber : Pengujian



Gambar 5.9 Grafik Pengujian Sistem pH

Sumber : Pengujian

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

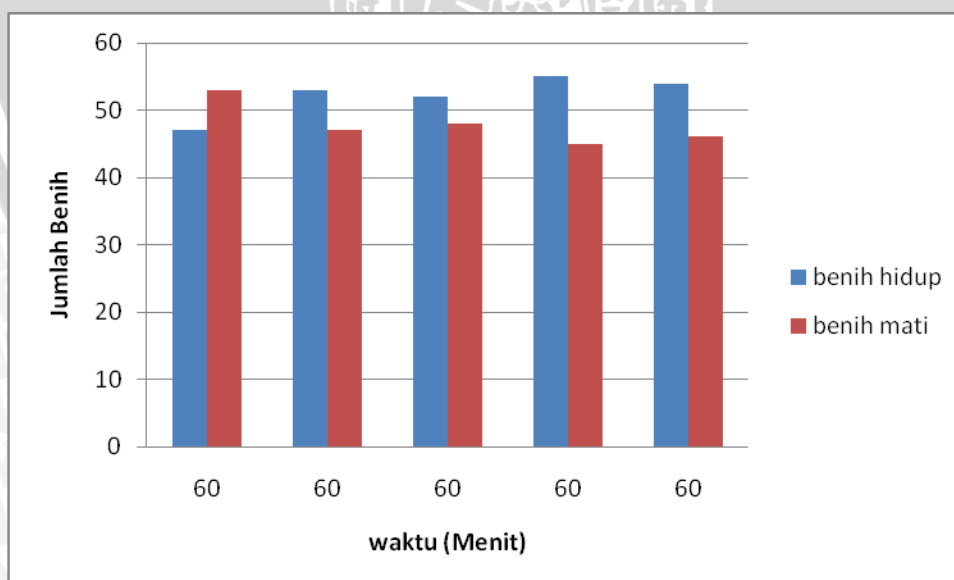
1. Waktu tunda, t_d : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
 - t_d yang didapatkan dari pengujian ini adalah 25 menit.
2. Waktu naik, t_r : waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10 - 90 % dari harga akhirnya.
 - t_r yang didapatkan dari pengujian ini adalah 44 menit.
3. Waktu turun, t_s : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*.
 - t_s yang diperoleh adalah 52 menit.
4. *Error steady state* yang terjadi sebesar 1.17 %.

5.6.4.3 Pengujian Adaptasi Benih Udang Windu

Tabel 5.12 Tabel Hasil Adaptasi Benih Udang Windu

No.	waktu (menit)	Benih udang windu	
		Hidup	Mati
1	60	47	53
2	60	53	47
3	60	52	48
4	60	55	45
5	60	54	46

Sumber: Pengujian



Gambar 5.10 Gambar Grafik Pengujian Adaptasi Benih Udang Windu

Sumber: Pengujian

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari perancangan dan pembuatan sistem pengendalian kualitas air pada proses pendederan benih udang windu dengan kontrol logika *fuzzy* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian pengukuran sensor suhu dengan set point 31°C , diketahui respon transien suhu sebagai berikut:

Tabel 6.1 Respon Transien Suhu

Tanggapan transien suhu			
td (s)	tr (s)	ts (s)	ess (%)
100	220	320	0.64

Pada pengujian pengukuran sensor pH dengan set point 8.5 diketahui respon transien pH sebagai berikut

Tabel 6.2 Respon Transien pH

Tanggapan transien pH			
td (menit)	tr (menit)	ts (menit)	ess (%)
25	44	52	1.17

2. Alat ini menggunakan kontrol logika *fuzzy* dua masukan dan satu keluaran, dengan masukan berupa suhu dan *error* pH sedangkan variabel keluaran berupa % *duty cycle* untuk power heater, pompa asam dan pompa basa.

6.2 Saran

1. Agar dapat mendapatkan hasil lebih baik sebaiknya parameter salinitas dan kadar oksigen perlu ditambahkan.
2. Untuk meningkatkan kemampuan Kontrol logika *fuzzy* dapat dilakukan dengan menambah jumlah fungsi keanggotaan dan memodifikasi aturan-aturan fuzzy pada masing-masing variabel masukan dan keluarannya.

DAFTAR PUSTAKA

ATMEL Corp. 2003. *8-Bit Mikrocontroller with 8K bytes In-System Programmable Flash AT89S51*, ATMEL, (www.atmel.com).

Buwono I. D. 1992. *Tambak Udang Windu Sistem Pengelolaan Bersifat Intensif*, Edisi Pertama, Konisius, Yogyakarta.

Dan D. B. dan Siri T. 2002. *Budidaya Udang yang Baik dan Ramah Lingkungan di Daerah Mangrove*.

Henhen S. 2002. *Studi kualitas air pada petakan pendederan benih udang windu (*penaeus monodon* Fab.)*.

Kusumadewi, S. & Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*, Penerbit : Graha Ilmu.

Malvino, A. P. 1987. *Prinsip-prinsip Elektronika, Jilid 2, Cetakan ketiga*, terjemahan Prof. M. Barmawi, Ph.D, M.O Tjia, Ph.D. Jakarta : Erlangga.

Ogata, K. 1997. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta. Penerbit Erlangga.

Putra A. E. 2004. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55*, Penerbit : Gava Media.

