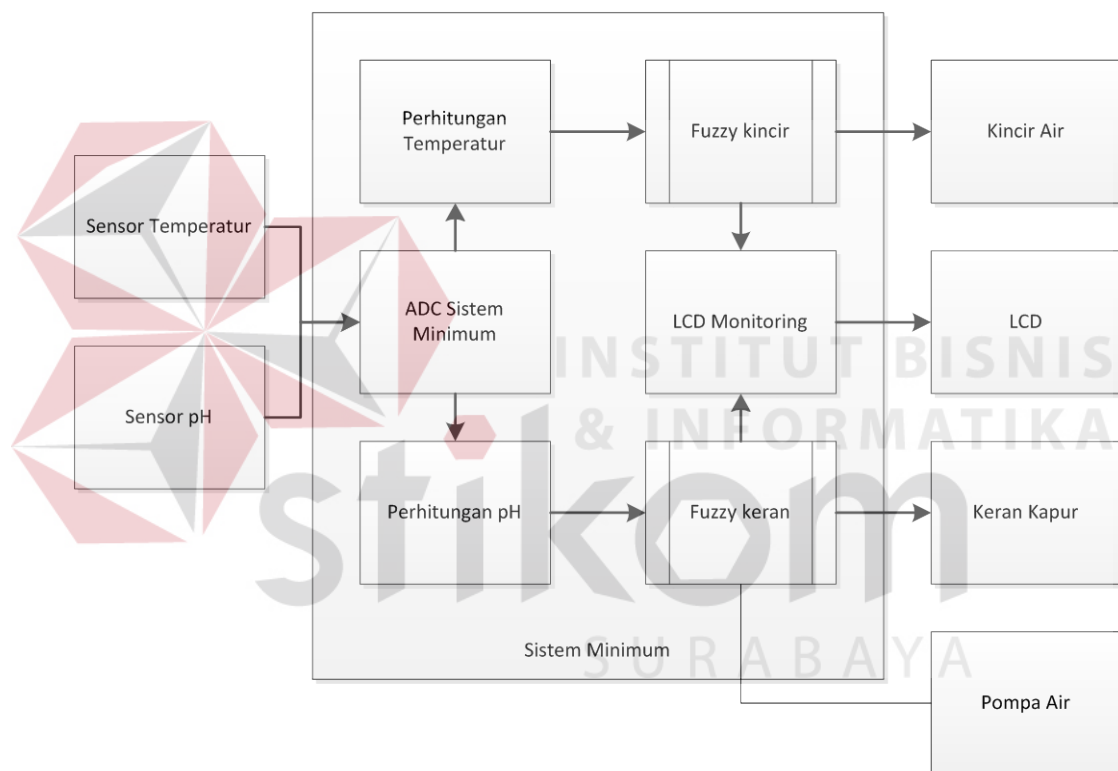


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

Penelitian yang dilakukan dapat dijelaskan dengan lebih baik melalui blok diagram seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram

Pada Gambar 5 terdapat tiga bagian utama, yaitu *input*, proses (sistem minimum), dan *output* (aktuator).

1. Bagian *input* merupakan nilai aktual dari parameter yang diukur pada air tambak.

2. Bagian proses merupakan bagian yang ada di dalam *microcontroller* terdiri atas 6 bagian:

- i. ADC sebagai pengubah data analog dari sensor menjadi data digital
- ii. Perhitungan temperatur merupakan proses pengonversi nilai analog dari sensor temperatur yang telah diubah oleh ADC.
- iii. Perhitungan pH merupakan proses konversi nilai analog dari sensor pH yang telah diubah oleh ADC.
- iv. *Fuzzy* kincir untuk proses pengambilan keputusan aktuator kincir air.
- v. *Fuzzy* keran untuk proses pengambilan keputusan aktuator keran kapur dan kontrol *on-off* terhadap pompa air.
- vi. *LCD monitoring* merupakan proses pemantauan dari nilai yang didapatkan dari perhitungan 2 parameter, yang akan ditampilkan pada LCD.

3. Bagian *output* terdiri dari 3 aktuator sebagai media untuk pengontrolan kualitas air tambak dan LCD sebagai alat untuk memantau parameter air tambak.

- i. Pompa air digunakan untuk mempercepat proses pencampuran larutan kapur dan air tambak dengan metode kontrol *on-off*.
- ii. Kincir air dikontrol menggunakan metode *fuzzy* yang didapat dari nilai temperatur.
- iii. Keran kapur menggunakan keran yang dikontrol dengan metode *fuzzy* untuk mengatur besar kecilnya pembukaan keran.

- iv. LCD merupakan alat pemantau yang akan menampilkan nilai temperatur dan pH secara *real-time*.

3.2 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini terbagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mengumpulkan semua referensi yang berhubungan dengan sensor *pH*, sensor temperatur, udang windu, dan teknik budidaya udang windu.

2. Desain Sistem

Melakukan perancangan alat yang nantinya memiliki 2 buah sensor, 1 buah *microcontroller* untuk proses pengontrolan, 3 buah aktuator sebagai pengendali kualitas air dan sebuah LCD untuk pemantauan.

3. Pembuatan Alat

Pada langkah ini alat dibuat berdasarkan desain yang telah dibuat sebelumnya.

4. Evaluasi dan Pengujian.

Pengujian dilakukan dengan cara memberi pemanas air pada miniatur tambak untuk meningkatkan temperatur dan memberikan larutan asam untuk menurunkan nilai pH. Prosedur selanjutnya yakni evaluasi, pada tahap ini akan diukur kemampuan sistem dalam menurunkan temperatur dan meningkatkan nilai pH menjadi stabil. Kecepatan waktu yang diperlukan sistem untuk mengubah 2 parameter tersebut menunjukan tingkat keberhasilan sistem ini.

5. Kesimpulan.

Kesimpulan diambil setelah dilakukan setelah proses uji coba dan pembahasan.

6. Penulisan Laporan sebagai hasil dari Tugas Akhir.

3.3 Cara Kerja Sistem Secara Keseluruhan

Sistem ini bekerja dengan menerima data dari sensor temperatur dan pH yang dimasukan kedalam *microcontroller* melalui ADC. Sebelum masuk ke *microcontroller*, *output* sensor diberikan *pull-down* sebesar 10k untuk memberikan nilai 0 ketika pin ADC *microcontroller* tidak terhubung, selain itu penggunaan resistor *pull-down* 10k digunakan untuk membatasi arus input pada *microcontroller*. Data dari sensor ini digunakan untuk menggerakkan aktuator kincir dan pompa, selain itu data juga akan ditampilkan kedalam LCD berupa nilai temperatur dan pH dari miniatur tambak.

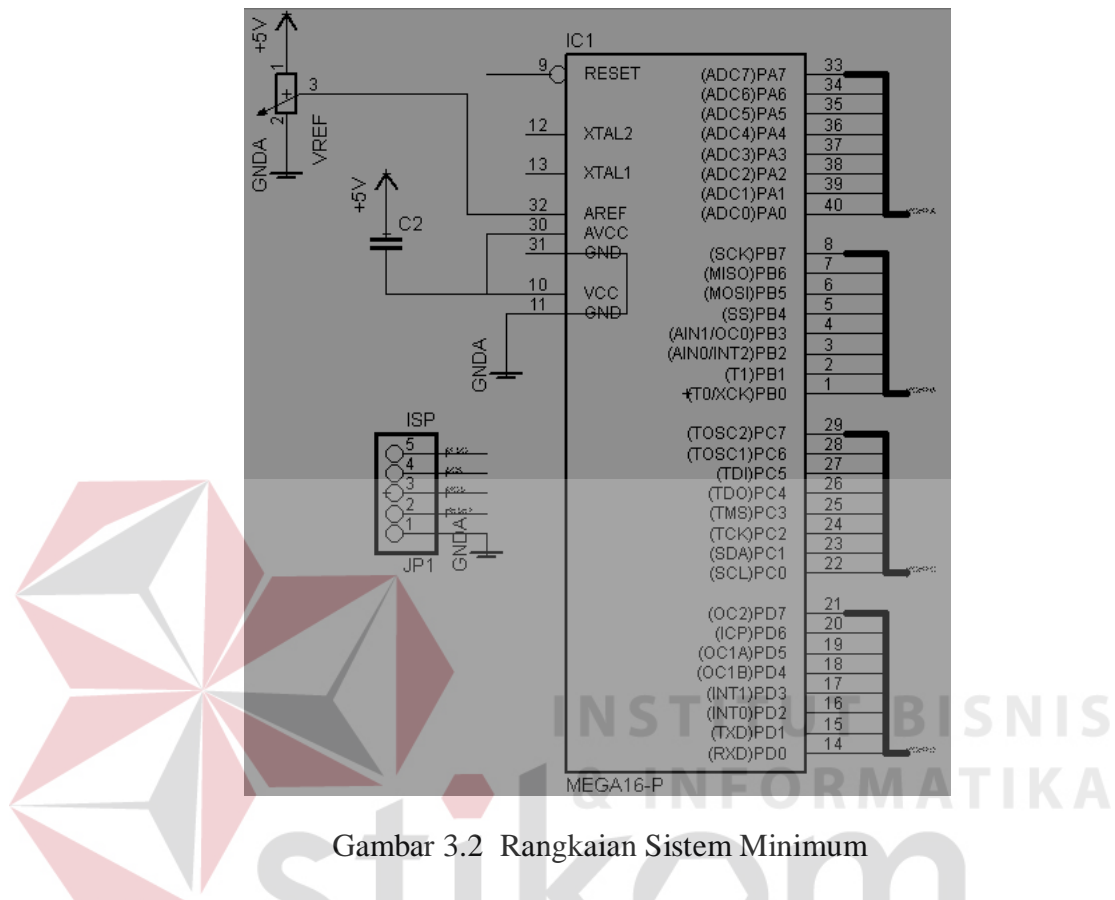
3.4 Perancangan Hardware

Pada proses penelitian ini membutuhkan beberapa rangkaian *hardware* agar mendapatkan hasil seperti yang diharapkan. Penjelasan mengenai perancangan *hardware* ini terbagi menjadi beberapa bagian, yang diantaranya: rangkaian sistem minimum, rangkaian driver motor, rangkaian LCD, rangkaian relay, sensor pH, sensor temperatur, keran kapur, pompa air, kincir air, dan miniatur tambak.

3.4.1 Rangkaian Sistem Minimum

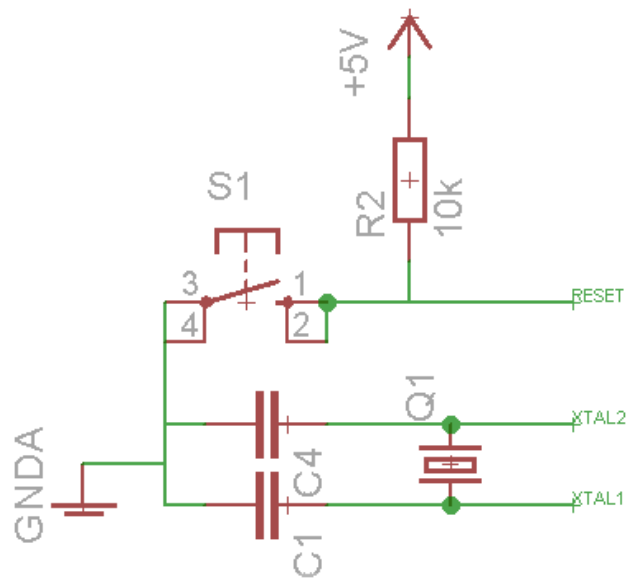
Sistem minimum *microcontroller* merupakan rangkaian elektronik yang diperlukan untuk wadah beroperasinya IC *microcontroller*. Rangkaian sistem

minimum terbagi menjadi 3 rangkaian utama yaitu rangkaian IC dan rangkaian reset dan *crystal*, rangkaian sistem minimum dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rangkaian Sistem Minimum

Microcontroller ATmega16 memiliki 40 pin dengan PORTA, PORTB, PORTC, dan PORTD. PORTA digunakan sebagai masukan sensor, karena pada PORTA terdapat 8 buah ADC. Port B men-*download* program dari komputer ke *microcontroller*, karena proses *download* hanya dilakukan sekali maka PORTB juga digunakan sebagai output LCD. PORTD sebagai output ke driver motor, pada PORTD terdapat 3 buah pin PWM sehingga pada prsoses pengontrolan aktuator akan lebih mudah. Tegangan masukan DC 5 Volt diparalel dengan Kapasitor 100 uF sebagai filter supaya tidak ada kekacauan data karena gangguan interferensi dari listrik PLN.

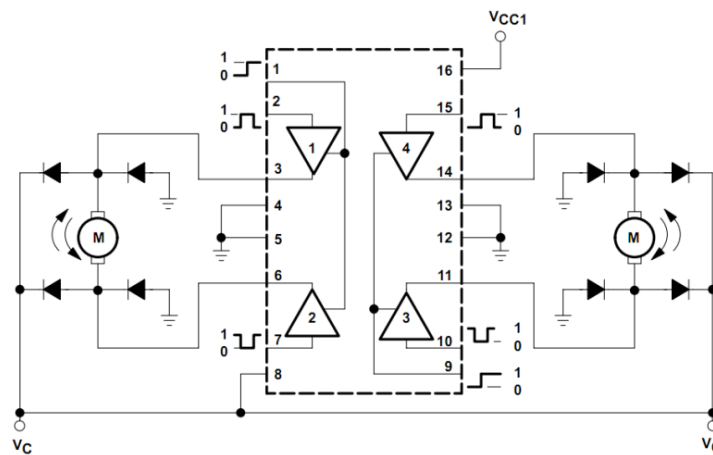


Gambar 3.3 Rangkaian Reset dan Crystal

Rangkaian Reset pada tombol *reset* (SW1) digunakan untuk melakukan *reset* saat pertama kali catu daya dinyalakan. *Reset* untuk pertama kali merupakan hal yang terpenting sehingga dapat memastikan bahwa program telah berada pada posisi awal. Sedangkan untuk rangkaian crystal digunakan untuk pembangkit *clock* pada *microcontroller*.

3.4.2 Rangkaian *Driver Motor*

Output *microcontroller* memiliki arus yang lemah sehingga tidak dapat menggerakkan motor, agar dapat menggerakkan motor *microcontroller* memerlukan rangkaian *driver motor*. Rangkaian *driver motor* merupakan bagian penting dalam penggerakan aktuator. Ada dua aktuator yang digerakan dengan *driver motor* yakni keran dan kincir air.

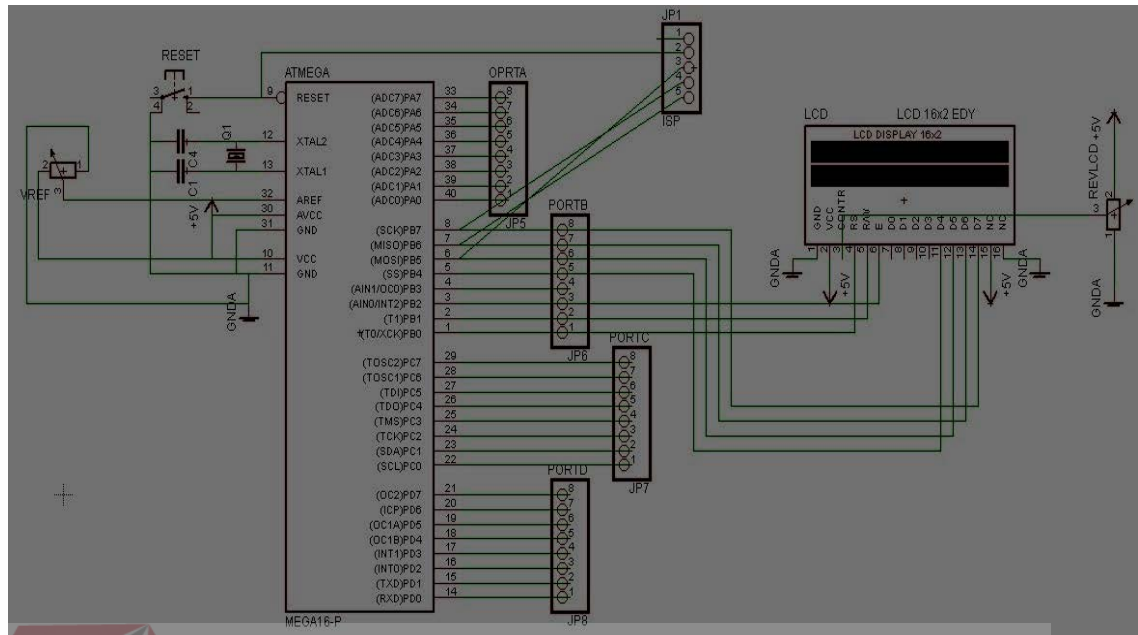


Gambar 3.4 Rangkaian Driver Motor

Pada Gambar 3.4 terdapat 2 buah *diode bridge* yang digunakan untuk melindungi tegangan dan arus yang dihasilkan oleh kumparan pada motor DC. *Diode* ini nantinya akan melindungi IC L293 agar tidak rusak, jika tidak dipasang *diode bridge* maka IC L293 akan rusak.

3.4.3 Rangkaian LCD

LCD merupakan media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai media untuk merefleksikan cahaya. LCD digunakan untuk memonitor keadaan tambak, dengan menampilkan nilai dari temperatur dan pH. LCD dihubungkan pada PORTB *microcontroller*. Gambar 3.5 menunjukkan rangkaian LCD.



Gambar 3.5 Rangkaian LCD

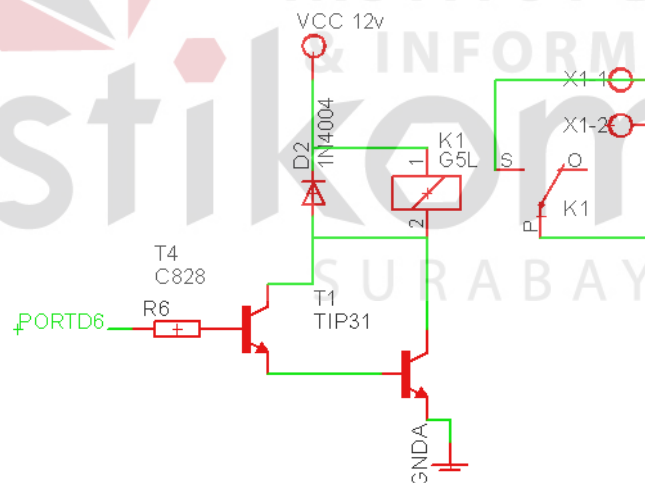
Tampilan karakter pada LCD diatur oleh Pin E, RS dan RW. Pin EN pada LCD terhubung dengan PORTB 2 pada *microncontroller*. Jalur ini digunakan untuk memberitahu LCD bahwa sedang mengirimkan sebuah data. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program E harus dibuat logika *low* “0” dan set pada dua jalur kontrol yang lain RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set E dengan logika “1” dan tunggu untuk sejumlah waktu tertentu (sesuai dengan *datasheet* dari LCD tersebut) dan berikutnya set E ke logika *low* “0” lagi.

Pin RS pada LCD terhubung dengan PORTB 0 pada *microcontroller*. Ketika RS berlogika *low* “0”, data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti *clear screen*, posisi kursor dll). Ketika RS berlogika *high* “1”, data yang dikirim adalah data text yang akan ditampilkan pada *display* LCD.

Pin RW pada LCD terhubung dengan PORTB 1 pada *microcontroller*. RW digunakan untuk menentukan mode baca dengan memberikan logika 1 atau mode tulis dengan memberikan logika 0 dari data yang terdapat pada pin DB0-DB7.

3.4.4 Rangkaian *Driver Relay*

Relay merupakan saklar remote listrik yang memungkinkan pengguna arus kecil seperti *microcontroller*, mengontrol arus yang lebih besar seperti pompa air. Karena pompa air yang digunakan adalah pompa air AC maka diperlukan relay sebagai saklar yang dapat dikontrol oleh *microcontroller*. Namun relay belum dapat dikontrol oleh *microcontroller* secara langsung, karena arus output *microcontroller* sangat kecil sehingga diperlukan rangkaian tambahan, berikut rangkaian relay.



Gambar 3.6 Rangkaian Relay

Transistor bipolar adalah komponen yang bekerja berdasarkan ada-tidaknya arus pemicuan pada kaki Basisnya. Pada aplikasi driver relay, transistor bekerja sebagai saklar yang pada saat tidak menerima arus pemicuan, maka transistor akan berada pada posisi *cut-off* dan tidak menghantarkan arus, $I_c=0$. Dan saat kaki

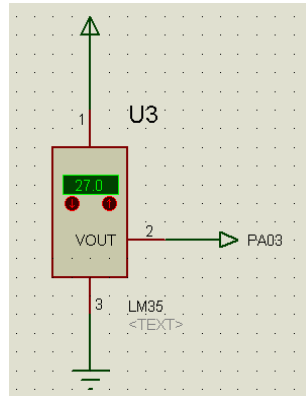
basis menerima arus pemicuan, maka transistor akan berubah ke keadaan saturasi dan menghantarkan arus. Pada Gambar 3.7 terdapat 2 buah transistor jenis NPN yang disusun secara Darlington. Transistor ini berfungsi sebagai saklar elektronik yang akan mengalirkan arus jika terdapat arus bias pada kaki basisnya dan akan menyumbat arus jika tidak terdapat arus bias pada kaki basisnya.

3.4.5 Sensor pH

pH merupakan satuan ukur yang menguraikan derajat tingkat kadar keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan. Sensor pH digunakan untuk mengubah derajat keasaman menjadi tegangan, dalam hal ini adalah ion H^+ dan OH^+ . Jika dalam suatu larutan ion H^+ lebih besar dibanding ion OH^+ maka larutan tersebut bersifat asam dan apabila sebaliknya maka larutan tersebut bersifat basa. Pada penelitian ini menggunakan sensor Vernier pH-BTA . Sensor pH BTA memiliki output analog dengan nilai 0.25V/pH. Sedangkan untuk probe, sensor ini dapat menghasilkan nilai 59mV/ph. Keluaran dari sensor ini akan dikonversi oleh ADC *microcontroller* 10bit melalui PORTA.2. Untuk spesifikasi sensor pH-BTA secara detail dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.4.6 Sensor Temperatur

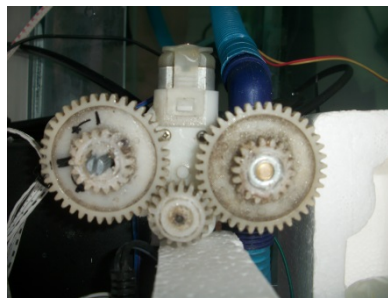
Sensor yang digunakan pada peneilitian ini adalah LM35. Sensor ini memiliki keluaran 10mV/°C. Keluaran dari sensor LM35 akan dikonversikan menjadi data digital oleh data ADC internal 10-bit pada *microcontroller*, dengantegangan referensi 3.5V. Keluaran sensor LM35 sebagai masukan dari ADC internal *microcontroller* 10-bit dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.7 Rangkain Sensor LM35

3.4.7 Keran Kapur

Pemberian larutan kapur digunakan untuk menaikkan nilai pH. Prosedur pemberian larutan kapur diberikan dengan mengontrol katup pada keran menggunakan *fuzzy logic*. Pembuatan aktuator ini menggunakan sebuah keran, motor DC, potensiometer, sebuah wadah larutan kapur, dan gir. Motor DC sebagai penggerak katup keran agar dapat membuka dan menutup, sedangkan potensiometer difungsikan sebagai indikator besaran dari pembukaan katup. Dengan menggunakan gir banding 18:40, maka motor DC akan berputar perlahan untuk menggerakkan keran dan potensiometer.



Gambar 3.8 Desain Keran Kapur

3.4.8 Pompa Air

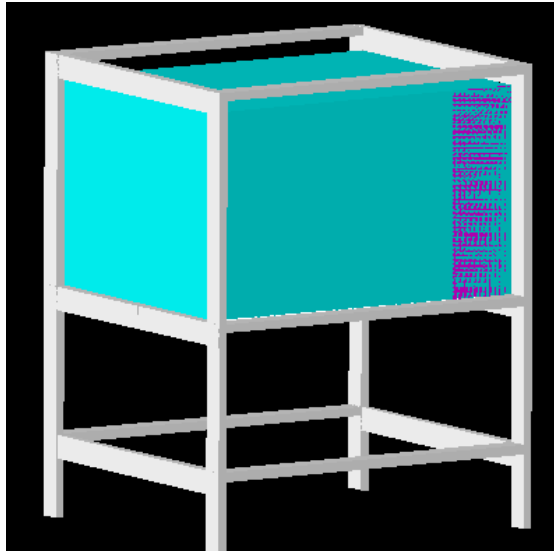
Pompa air merupakan alat yang digunakan untuk menydot air dan memindahkannya ke suatu tempat. Pada sistem ini pompa air digunakan ketika keran kapur membuka. Hal ini bertujuan untuk mempercepat pencampuran air kapur dengan air tambak. Pompa air ini nantinya akan mengambil air dari miniaturtambak kemudian disedot keluar dan dimasukan kedalam filter yang berada disamping tambak. Fungsi dari filter ini sendiri adalah untuk menurunkan kadar amonia air dan menyaring kotoran air miniatur tambak.

3.4.9 Kincir air

Kincir air merupakan aktuator untuk menurunkan nilai temperatur pada miniatur tambak. Pada penelitian ini kincir air memiliki luas penampang air sebesar 7.065cm^2 yang terbagi menjadi 8 buah. Penggerak kincir air (*aerator*) ini menggunakan motor DC 12V dengan torsi 3 Kgf.cm atau 29.41995 N. Pada kecepatan 180rpm kincir air ini dapat menambahkan luas penampang air sebesar $94.2\text{ cm}^2/\text{sec}$ (Indarwati, 2008).

3.4.10 Miniatur Tambak

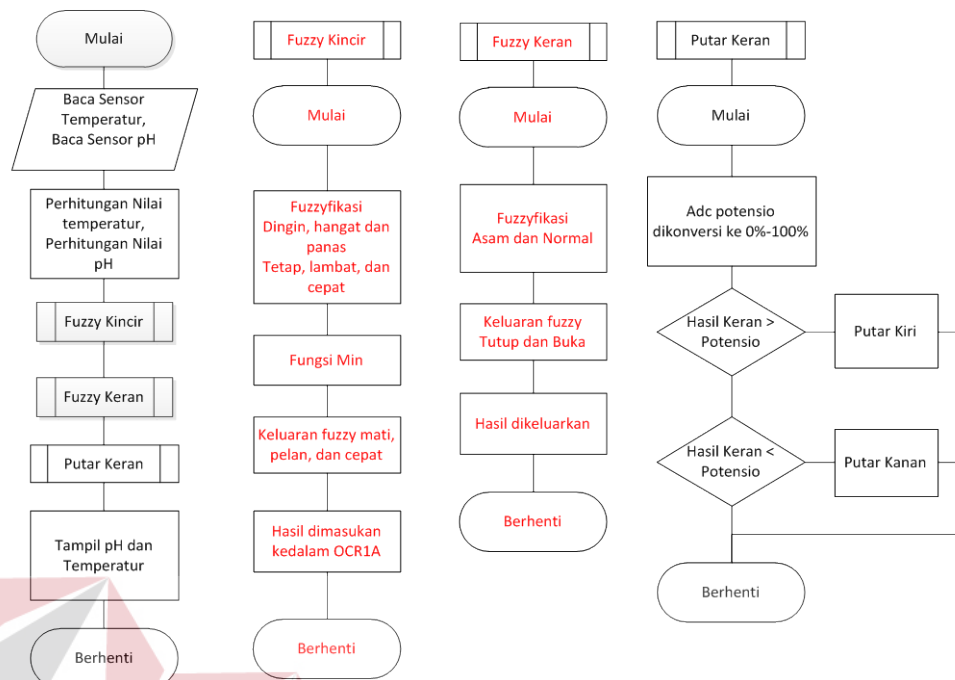
Pada tambak nyata dengan ukuran 1 Ha petani tambak biasanya memelihara 150.000 ekor benur udang Windu. Miniatur tambak memiliki ukuran 60x60x50 dengan demikian miniatur ini mampu menampung 60 benur udang. Bagian samping miniatur tambak terdapat filter dengan ukuran 60x15x50. Miniatur tambak ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 MiniaturTambak

3.5 Perancangan Program

Perancangan program secara keseluruhan yakni perancangan program *microcontroller*. Perancangan secara keseluruhan bisa dilihat lebih jelas melalui *flowchart* pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Flowchart Perancangan Keseluruhan

3.5.1 Blok Baca Sensor

Blok ini berisi tentang proses pembacaan nilai ADC *microcontroller* dengan menggunakan fungsi `read_adc()`. PORT yang dibaca dalam proses ini adalah PORTA.1 untuk pembacaan sensor temperatur dan PORTA.2 untuk pembacaan sensor pH.

3.5.2 Blok Perhitungan Nilai Temperatur dan pH

Data analog dari sensor temperatur dan pH dikalikan dengan nilai maksimum masing-masing sensor dan dibagi oleh 1023, data kemudian disimpan dalam variabel `temp` dan `ph`. Rumus perhitungan nilai temperatur dan pH dapat dilihat pada Persamaan 3.3 dan 3.4.

$$temperatur = \frac{read_adc(1) \times 350}{1023} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$ph = 14 - \left(\frac{read_adc(2) \times 14}{1023} \right) \dots\dots\dots(3.2)$$

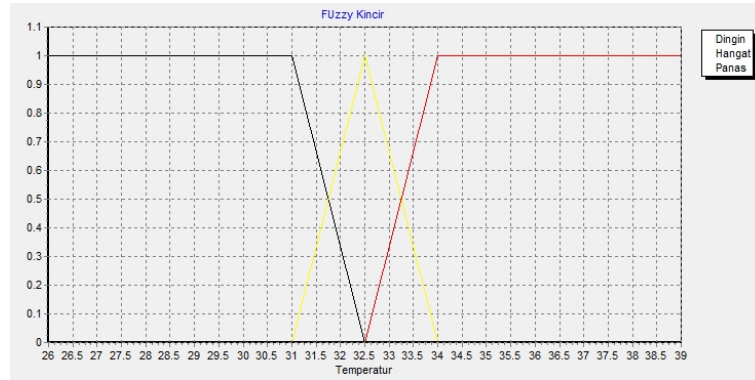
Sensor temperatur memiliki keluaran antara 0-150mV dengan representasi nilai 0V=0°C dan 150mV=150°C. Dengan nilai Vref=350mV maka pada Persamaan 3.3 diasumsikan bahwa sensor LM35 memiliki Vmax Sebesar 350mV, sehingga dikalikan dengan 350. Sedangkan untuk sensor pH memiliki keluaran antara 0V-3.5V untuk 0V=14pH dan 3.5V=0pH.

3.5.3 Blok *Fuzzy Logic Kincir*

Blok ini berisi tentang proses pengaturan kecepatan kincir air dengan menggunakan metode *fuzzy*. Metode *fuzzy* yang digunakan adalah metode *fuzzy* Sugeno, karena memiliki output berupa persamaan linier sehingga dapat lebih mudah apabila dituliskan dengan program. Sistem *fuzzy* yang digunakan memiliki dua buah input dan sebuah output.

1. *Membership Function* Temperatur

Pada *Membership Function* temperatur memiliki 3 fungsi keanggotaan yakni dingin, normal, dan panas. Paramater yang digunakan dalam fungsi keanggotaan ini berdasarkan karakteristik temperatur yang cocok untuk udang windu.



Gambar 3.11 *Membership Function* Temperatur (T)

Berdasarkan Gambar 3.11 maka diperoleh persamaan berikut.

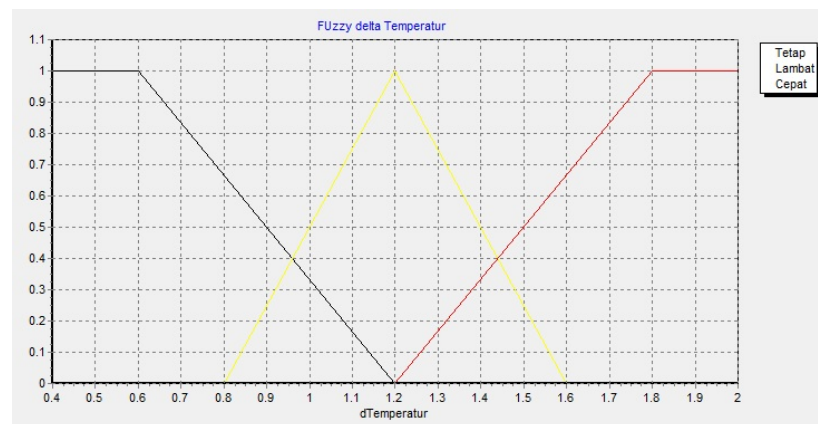
$$\mu_{\text{dingin}}(x, 31, 32.5) = \begin{cases} 0; & x \geq 32.5 \\ \frac{x-31}{32.5-31}; & 31 \leq x \leq 32.5 \\ 1; & x < 31 \end{cases} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\mu_{\text{hangat}}(x, 31, 32.5, 34) = \begin{cases} 0; & x \leq 31 \text{ or } x \geq 34 \\ \frac{x-31}{32.5-31}; & 31 \leq x \leq 32.5 \\ \frac{34-x}{34-32.5}; & 32.5 \leq x \leq 34 \end{cases} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\mu_{\text{panas}}(x, 32.5, 34) = \begin{cases} 1; & x \geq 34 \\ \frac{34-x}{34-32.5}; & 32.5 \leq x \leq 34 \\ 0; & x < 32.5 \end{cases} \dots\dots\dots (3.5)$$

2. *Membership Function* ΔT

Membership Function ΔT merupakan perubahan temperatur dalam 5s. Jika perubahan temperatur cepat atau lambat, maka akan mempengaruhi nilai output.



Gambar 3.12 *Membership Function* Perubahan Temperatur (ΔT)

Berdasarkan Gambar 3.12 maka diperoleh persamaan berikut.

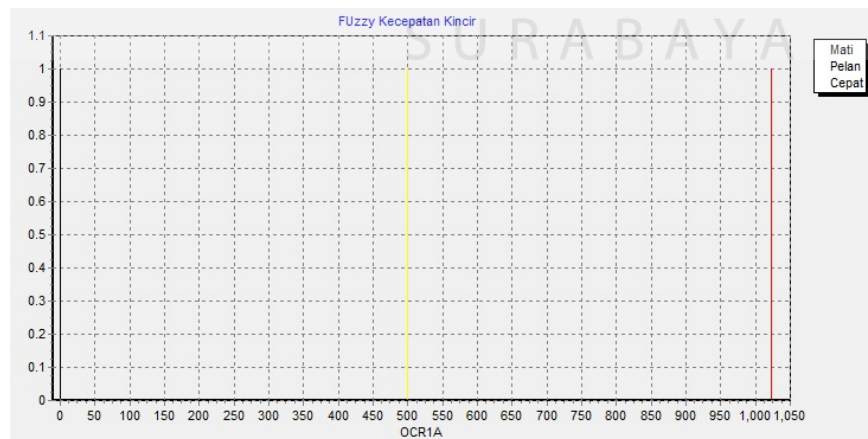
$$\mu_{\text{cepat}}(x, 0.6, 1.2) = \begin{cases} 0; & x \geq 1.2 \\ \frac{x-0.6}{1.2-0.6}; & 0.6 \leq x \leq 1.2 \\ 1; & x < 0.6 \end{cases} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\mu_{\text{lambat}}(x, 0.8, 1.2, 1.6) = \begin{cases} 0; & x \leq 0.8 \text{ or } x \geq 1.6 \\ \frac{x-0.8}{1.2-0.8}; & 0.8 \leq x \leq 1.2 \\ \frac{1.6-x}{1.6-1.2}; & 1.2 \leq x \leq 1.6 \end{cases} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\mu_{\text{cepat}}(x, 1.2, 1.8) = \begin{cases} 1; & x \geq 1.8 \\ \frac{1.8-x}{1.8-1.2}; & 1.2 \leq x \leq 1.8 \\ 0; & x < 1.2 \end{cases} \dots\dots\dots(3.7)$$

3. Membership Function Kincir

Membership Function kincir merupakan kecepatan kincir air untuk mendinginkan temperatur air tambak. Semakin cepat kincir air maka luas penampang air akan semakin luas dan oksigen dari luar akan masuk kedalam air. Hal ini menyebabkan perubahan suhu pada air akan semakin cepat mendekati suhu diluar air. Proses *defuzzyfikasi* pada penelitian ini menggunakan metode Sugeno dengan *singleton*, *Membership Function* kincir dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Membership Function* Kincir

Untuk proses *defuzzyfikasi* sistem ini menggunakan Persamaan 2.14. sistem *fuzzy* kincir ada beberapa *rule* yang ditetapkan untuk mendapatkan output yang diinginkan. Berikut adalah *rule* yang telah ditetapkan.

Tabel 3.1 *RuleFuzzy* Kincir

ΔT \ T	μ_{dingin}	μ_{hangat}	μ_{panas}
μ_{tetap}	MATI	MATI	MAKSIMAL
μ_{lambat}	MATI	SEDANG	MAKSIMAL
μ_{cepat}	MATI	SEDANG	MAKSIMAL

3.5.4 Blok *Fuzzy Logic* Keran

Blok ini berisi tentang pengaturan seberapa besar keran akan dibuka agar kapur dapat mengalir ke tambak, dan mengubah nilai pH seperti yang diinginkan. Pada pengaturan ini menggunakan metode *fuzzy sugeno*, yang memiliki sebuah input dan sebuah output.

1. *Membership Function* pH

Pada *Membership Function* pH memiliki 2 fungsi keanggotaan yakni asam, sedikit asam, dan normal. Paramater yang digunakan dalam fungsi keanggotaan ini berdasarkan karakteristik pH yang cocok untuk udang windu.



Gambar 3.14 *Membership Function*Keasaman (pH)

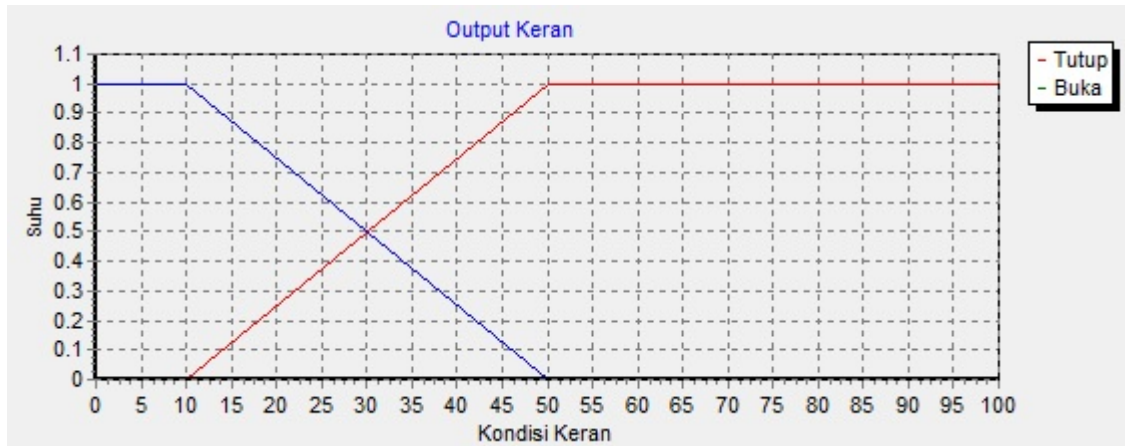
Berdasarkan Gambar 3.12 maka diperoleh persamaan berikut.

$$\mu_{\text{Asam}}(x, 7, 7.3) = \begin{cases} 0; & x \geq 7.3 \\ \frac{x-7}{7.3-7}; & 7 \leq x \leq 7.3 \\ 1; & x < 7 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{\text{Normal}}(x, 7, 7.3) = \begin{cases} 1; & x \geq 7.3 \\ \frac{7.3-x}{7.3-7}; & 7 \leq x \leq 7.3 \\ 0; & x < 7 \end{cases} \quad (3.9)$$

2. *Membership Function* Keran

Membership Function keran merupakan pembukaan keran untuk menyalurkan air kapur kedalam tambak. Semakin besar pemberian air kapur maka perubahan nilai pH menjadi basa akan semakin besar. Untuk proses *defuzzyfikasi* sistem ini menggunakan Persamaan 2.14. Proses pembacaan pembukaan keran menggunakan potensiometer, hal ini menyebabkan pembukaan keran dibaca oleh *microcontroller* melalui ADC. *Membership function* keran dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 *Membership Function* Keran

Pada sistem *fuzzy* keran ada beberapa *rule* yang ditetapkan untuk mendapatkan output yang diinginkan. Berikut adalah *rule* yang telah ditetapkan.

Tabel 3.2 *Rule Fuzzy* Keran

pH	μ_{asan}	μ_{normal}
Keran	Buka	Tutup

Penentuan skema fuzzy ini bersasarkan pada penjelasan Rinaldi Munir pada alamat berikut (http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/MetNum_/2011-2012/Sistem%20Inferensi%20Fuzzy.pdf). Setelah nilai dari *system fuzzy* ini didapatkan, maka *function* gerak_keran akan membandingkan antara posisi keran saat ini dan posisi keran yang dihasilkan melalui perhitungan *fuzzy*. Jika tidak sesuai maka motor akan bergerak ke kanan atau ke kiri agar nilai antara keran dan output *fuzzy* sama.

3.6 Prosedur Evaluasi

1. Pengujian Sistem Minimum

Pengujian sistem minimum dilakukan dengan memprogram sistem minimum untuk mengeluarkan nilai positif pada PORTD.6. Kemudian PORTD.6 akan diukur dengan avometer.

2. Pengujian ADC Sistem Minimum

Pengujian ADC sistem minimum dilakukan dengan menghubungkan pin ADC *microcontroller* yakni PORTA dengan keluaran potensiometer yang telah diberi tegangan masukan sebesar 5V. Tegangan referensi yang digunakan adalah 5V, kemudian potensiometer diputar hingga keluarannya naik secara linier dengan perubahan 100mV. Pada setiap perubahan 200mV dibandingkan dengan nilai dari ADC yang ditampilkan dengan LCD.

3. Pengujian LCD

Pengujian LCD menggunakan sistem minimum sebagai alat untuk memerintahkan LCD menampilkan beberapa karakter. Pada pengujian LCD ini sistem minimum diberi program untuk menampilkan 16 karakter pada tiap baris.

4. Pengujian Sensor Temperatur LM35

Pengujian sensor temperatur dilakukan dengan membandingkan sensor LM35 dengan termometer digital. Masukan sensor LM35 yang telah dihubungkan dengan avometer, termometer digital, dan pemanas kedalam air. Aktifkan pemanas amati perubahan pada termometer digital dan avometer, tulis perubahan setiap 1 menit.

5. Pengujian Sensor pH-BTA

Pengujian sensor pH-BTA dilakukan dengan membandingkan dengan sensor pH-105 Puhe Instrument digital. Sensor pH-BTA dan sensor pH-105 dimasukan ke dalam 3 larutan yakni larutan asam cuka, air AQUA, dan larutan sabun. Pada setiap perubahan nilai pH, keluaran dari sensor diukur menggunakan avometer.

6. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Sistem ini diuji dengan memberikan larutan asam dan air panas untuk menurunkan nilai pH dan meningkatkan nilai temperatur air pada miniatur tambak. Pada proses ini akan diukur seberapa cepat sistem merespon gangguan yang diberikan dan seberapa cepat sistem dapat mengubah kualitas air yang telah diberi gangguan menjadi $\text{pH} = 7,2 - 7,4$ dan temperatur $= 31,9 - 34,4^\circ\text{C}$.

