

**PROTOTYPE SISTEM KONTROL PINTU AIR OTOMATIS
PADA SALURAN IRIGASI LAHAN PERTANIAN PADI
DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AIR ASIN**

^[1]Andayyani, ^[2]F.Trias Pontia. W, ^[3]Tedy Rismawan

^{[1][2][3]}Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
Telp./Fax.: (0561) 577963

e-mail:

^[1]andday@windowslive.com, ^[2]triaspontia@yahoo.co.id,

^[3]tedyrismawan@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Penggunaan pintu air merupakan salah satu upaya untuk mengatasi masalah luapan air dan salinitas tinggi pada lahan pertanian padi Daerah Aliran Sungai (DAS) air asin yang terjadi akibat tingginya curah hujan maupun pasang surut air laut. Tanaman padi termasuk tanaman yang tidak tahan terhadap salinitas tinggi. Maka dari itu, dibuat sistem kontrol pintu air yang dapat mengatur ketinggian dan salinitas air yang masuk ke saluran irigasi pertanian padi dengan tujuan agar ketinggian dan salinitas air yang masuk tetap pada kondisi yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Hardware yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air, sensor elektrode dan sensor LM35 untuk mengukur salinitas air, mikrokontroler ATmega 16 sebagai pengendali, dan motor DC sebagai aktuator. Software yang ditanam pada alat ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman BASIC. Prototype pintu air otomatis yang dibuat dikatakan sudah mampu menjaga ketinggian air di saluran pertanian padi, di mana hasil pengujian menunjukkan air pada saluran pertanian padi dipertahankan pada ketinggian 5 cm pada saat salinitas air yang terbaca maksimal berada pada level 3 dan dipertahankan pada ketinggian 2 cm pada saat salinitas air yang terbaca minimal berada pada level 4.

Kata kunci: Salinitas, Mikrokontroler, Sensor Elektrode, Sensor Ultrasonik, *Prototype*

1. PENDAHULUAN

Pintu air digunakan untuk menjaga kestabilan tinggi air di dalam saluran irigasi pertanian dengan cara memasukkan atau membuang air yang indikatornya adalah ketinggian air. Namun, untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Asin, indikator salinitas air juga dibutuhkan. Pada pertanian padi secara tradisional, metode kontrol pintu air yang saat ini diterapkan adalah dengan metode manual yaitu dengan cara membuka ataupun menutup pintu air dengan bantuan manusia secara total. Metode ini mempunyai permasalahan yaitu memiliki risiko tinggi terhadap masuknya air dengan salinitas tidak tinggi ke lahan pertanian padi dari saluran pembuangan pada saat air pasang dan penutupan pintu air terlambat dilakukan. Salinitas yang tinggi menyebabkan tanaman padi menyesuaikan tekanan

osmotik dengan cara mengakumulasi prolin. Penyesuaian tekanan osmotik ini membutuhkan energi sehingga akan mengurangi pertumbuhan tanaman padi[1].

Teknologi yang dapat digunakan untuk dapat menyelesaikan permasalahan ini salah satunya adalah dengan menerapkan sistem kontrol pintu air otomatis. Andi Adriansyah dan Wahyu Hidayat dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana melakukan penelitian dengan judul “Perancangan Prototype Sistem Kontrol Pintu Air Otomatis” dalam abstrak penelitiannya dijelaskan bahwa indikator buka tutup pintu air yang digunakan adalah ketinggian air [2]. Produk hasil penelitian ini tidak cocok diterapkan untuk pertanian padi daerah aliran air asin, karena indikator yang digunakan hanya berupa level ketinggian air. Sedangkan pada pertanian di

daerah aliran air asin, selain ketinggian air, salinitas pada air juga memiliki pengaruh yang cukup besar pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi.

Berdasarkan permasalahan tentang tersebut maka akan dilakukan penelitian dan pembuatan sebuah *prototype* sistem kontrol pintu air otomatis yang digunakan untuk mensimulasikan sistem kontrol irigasi lahan pertanian padi DAS air asin dengan harapan agar dapat diterapkan pada lingkungan yang nyata.

Penelitian ini akan menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai unit pemroses utama yang diintegrasikan dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendapatkan nilai ketinggian permukaan air dan sensor elektrode yang digunakan untuk mendapatkan level salinitas air pada saluran irigasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani Padi

Tanaman padi dapat tumbuh dan berkembang serta memberikan hasil yang optimal jika syarat pertumbuhan dan perkembangannya terpenuhi. Syarat pertumbuhan tanaman padi [3]:

1. Iklim
 - a. Curah hujan 200 mm/bulan.
 - b. Temperatur 22-27 ° C untuk ketinggian 0-650 mdpl dan 19-23 ° C untuk ketinggian 650-1500 mdpl.
 - c. Memerlukan penyinaran matahari penuh tanpa naungan.
 - d. Membutuhkan angin dalam jumlah kecil untuk penyerbukan.
2. Tanah
 - a. Derajat kemasaman (pH) tanah antara 4-8 untuk padi gogo dan 4-7 untuk padi sawah
 - b. Cocok untuk jenis tanah berkat, berdebu halus, berlempung halus sampai tanah kasar.
- c. Tanah subur dan gembur.

Selain itu, tinggi genangan air juga harus diperhatikan agar tanaman padi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik sehingga akan mengoptimalkan hasil panen. Tinggi genangan 2,5 cm di bawah

permukaan tanah lebih cocok diterapkan dalam budi daya padi sawah [4].

2.2 Pengaruh Salinitas

Pengaruh salinitas (NaCl) terhadap tanaman mencakup tiga aspek yaitu: mempengaruhi tekanan osmosis, keseimbangan hara, dan pengaruh racun. Tanaman padi yang terpengaruh dengan NaCl akan menyesuaikan tekanan osmotik yang membutuhkan energi sehingga mengurangi pertumbuhan tanaman. NaCl juga dapat mempengaruhi sifat-sifat tanah dan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Banyaknya Na^+ di dalam tanah menyebabkan menurunnya ketersediaan unsur Ca^+ , Mg^{2+} , dan K^+ yang dapat diserap bagi tanaman. Mekanisme pengaruh salinitas pada tanaman bekerja seperti racun. Keracunan Na ditandai dengan mengeringnya tepi bagian ujung daun, demikian juga keracunan Cl [5]. Toleransi salinitas air irigasi pertanian padi (dalam konduktivitas listrik dengan satuan dS/m) ditunjukkan pada Tabel 1 [6].

Tabel 1. Toleransi Salinitas Terhadap Padi

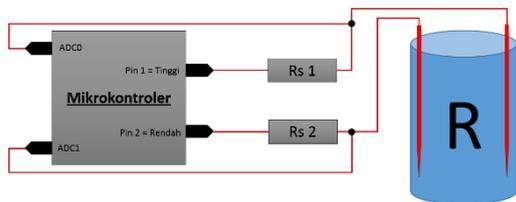
Potensi Hasil Panen	Electrical Conductivity (dS/m)
100%	2,0
90%	2,6
75%	3,4
50%	4,8
0%	7,6

2.3 Resistansi Air

Identifikasi kualitas air dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran hambatan. Pengukuran nilai hambatan untuk identifikasi kualitas air menggunakan dua analogi yaitu semakin murni air akan semakin besar resistansinya, dan semakin murni air akan memiliki kualitas yang semakin baik [7].

Salah satu teknik yang digunakan dalam pengukuran resistansi air adalah dengan teknik dorong tarik (*push pull*). teknik dorong tarik (*push pull*) merupakan sebuah metode pengukuran resistansi air yang memanfaatkan dua *pin* dari Port mikrokontroler sebagai pembangkit gelombang kotak dengan cara dorong tarik [8]. Teknik ini diterapkan karena pengukuran resistansi air tidak bisa dilakukan

menggunakan *ohm-meter* arus searah. Hal ini disebabkan karena air dan NaCl tersusun dari molekul-molekul dua kutub yang apabila mendapat arus searah, maka molekul ini akan tertarik ke kutub yang berlawanan dengannya.



Gambar 1. Pengukuran Resistansi dengan Metode Dorong Tarik

Dorong atau tarik dipandang dari *pin* 1. Dorong yaitu saat *pin* 1 bernilai tinggi (*High*) melewati suatu resistansi larutan (*R*) yang terhubung secara seri dengan *pin* 2 yang bernilai rendah (*Low*). Definisi tarik adalah kebalikannya, arus keluar dari *pin* 2, melewati *R* dan masuk ke *pin* 1. Besaran arus yang melewati *R* dapat diketahui dengan menambahkan dua buah resistor secara seri pada masing-masing ujung *probe* sensor (*Rs1* dan *Rs2*) atau dengan cara mengukur arusnya secara langsung. V_A dan V_B diukur dengan ADC untuk mendapatkan V_{01} . Resistansi air (*R*) dapat diperoleh menggunakan persamaan (1).

$$R = \frac{V_{01} \times (R_{S1} + R_{S2})}{(V_{HL} - V_{01})} \dots\dots\dots(1)$$

- Keterangan:
R = Resistansi (Ω)
 V_{01} = Selisih tegangan yang diperoleh dari ADC (Volt)
 V_{HL} = Selisih tegangan *high* dan *low* pin digital mikrokontroler (Volt)
 R_{S1} = Resistor seri yang terhubung ke elektrode (Ω)
 R_{S2} = Resistor seri yang terhubung ke elektrode (Ω)

Dari nilai resistansi air (*R*) yang telah dihitung, dapat dicari nilai konduktivitas (*S*) yaitu :

$$S = \frac{1}{R} \dots\dots\dots(2)$$

Luas penampang batang besi lapis nikel dan jarak antar batang besi lapis nikel juga mempengaruhi konduktivitas, pengaruh tersebut sesuai dengan persamaan:

$$G = S \times \frac{L}{A} \dots\dots\dots(3)$$

- Keterangan :
G = Konduktivitas spesifik (*S*)
S = Konduktivitas terukur (*S*)
A = Luas penampang besi lapis nikel (cm^2)
L = Jarak antar elektroda (*cm*)

Satuan TDS (PPM) dapat diperoleh dengan persamaan :

$$TDS(ppm) = f_k \times G \times 1000000 \dots(4)$$

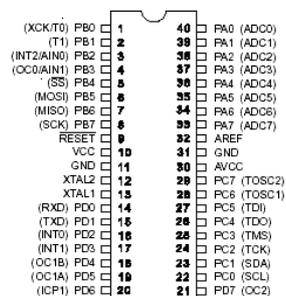
Di mana f_k adalah konstanta yang tergantung dari larutan. Larutan NaCl nilainya adalah 0,5. Perubahan temperatur akan sangat mempengaruhi nilai *TDS*. Temperatur akan mempengaruhi nilai *TDS* sesuai dengan persamaan (5).

$$TDS(t) = TDS\{1 + \alpha(t - 25^{\circ}C)\} \dots\dots(5)$$

- Keterangan :
 $TDS(t)$ = TDS pada sembarang temperatur $t(^{\circ}C)$
 TDS = TDS pada suhu $25^{\circ}C$
 α = koefisien temperatur dari larutan air sebesar 0,0214
t = suhu larutan dalam $^{\circ}C$

2.4 Mikrokontroler

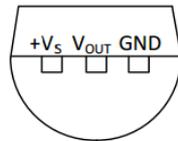
Mikrokontroler adalah *single chip* komputer yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kontrol. Mikrokontroler ATmega16 merupakan mikrokontroler keluarga AVR dengan teknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*). Fitur yang terdapat pada mikrokontroler ini antarlain memiliki 32 x 8 *bit register* serbaguna, kecepatan 16 MIPS dengan *clock* 16 MHz, 16 Kbyte *flash memory*, 8 *channel* ADC 10 *bit*, *Master/Slave SPI Serial Interface* [9]. Konfigurasi *pin* ATmega 16 dengan kemasan 40 *pin dual in-line package* (DIP) dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Konfigurasi Pin ATmega16

2.5 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor ini memiliki keakuratan sampai dengan 0,5 °C pada suhu 25 °C. Tegangan keluaran sensor suhu LM35 akan naik sebesar 10 mV pada setiap kenaikan suhu sebesar 1°C [10].



Gambar 3. Pin Sensor LM35

Sensor suhu LM35 memiliki 3 *pin* keluaran antara lain *pin* + V_s yang merupakan *pin* untuk catu daya +, *pin* V_{OUT} merupakan *pin* keluaran sensor, GND merupakan *pin* *ground* sensor yang akan dihubungkan ke *ground* catu daya.

2.6 Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik adalah alat elektronika yang kemampuannya bisa mengubah dari energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik [11]. Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor yang menggunakan sonar untuk menentukan jarak. Dalam pengoperasiannya, HC-SR04 tidak terpengaruh oleh sinar matahari atau benda hitam. Sensor ini sudah dilengkapi dengan modul transmiter dan *receiver*-nya [12].

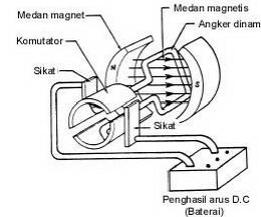


Gambar 4. Modul Sensor Ultrasonik HC-SR04

Fitur sensor ultrasonik HC-SR04 antarlain memiliki arus kerja sebesar 5 mA, Effectual angle kurang dari 15°, rentang jarak ukur dari 2 cm sampai dengan 400 cm, Measuring angle sebesar 30°, lebar pulsa pemicu 10 μ s, dan tegangan kerja sebesar 5V.

2.7 Motor DC

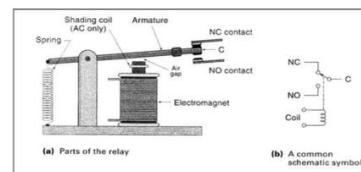
Motor DC adalah motor yang ditenagai sumber arus DC dan memiliki arah putaran yang searah dengan arah arusnya. Keuntungan menggunakan motor DC yaitu besar kecepatan dan arah putaran dari motor dapat lebih mudah diatur dibanding motor AC. Motor DC lebih banyak digunakan jika tersedia sumber arus DC, misal pada kendaraan bermotor [13].



Gambar 5. Skema Motor DC

2.5 Relay

Relay adalah sakelar mekanik yang dikendalikan secara elektronik (elektro magnetik). Saklar pada *relay* akan terjadi perubahan posisi *OFF* ke *ON* pada saat diberikan energi elektro magnetik oleh *coil* *relay* tersebut. *Relay* terdiri dari *coil* dan *contact*. *Coil* adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedang *contact* adalah sejenis sakelar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil* [14]. *Relay* bekerja apabila *coil* mendapat energi listrik (*energized*), akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik *armature* yang berpegas, dan *contact* akan menutup.



Gambar 6. Skema Relay Elektromekanik

3. METODOLOGI PENELITIAN

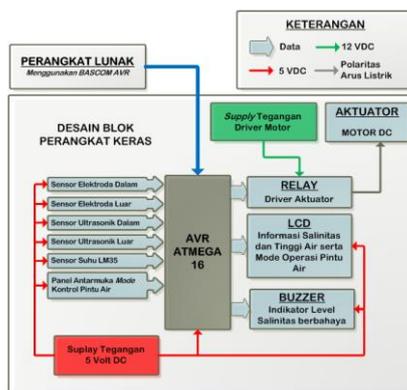
Proses penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai sistem yang akan dirancang. Selanjutnya dilakukan analisa kebutuhan. Analisa kebutuhan terdiri atas analisa kebutuhan perangkat keras dan analisa kebutuhan perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem. Kemudian dilakukan perancangan

perangkat keras dan perangkat lunak sistem antaralain perancangan sensor, perancangan unit pemroses, perancangan driver aktuator, perancangan aktuator, perancangan Algoritma program, dan menterjemahkan algoritma program ke dalam bahasa yang dimengerti oleh unit pemroses. Selanjutnya dilakukan integrasi dimana perangkat keras dan perangkat lunak digabungkan menjadi satu sistem sehingga dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk mengetahui kinerja sistem. Setelah itu baru dilakukan penerapan (implementasi) sistem.

4. PERANCANGAN SISTEM

4.1 Gambaran Umum Sistem

Diagram blok pada Gambar 7 merupakan gambaran sistem secara umum.

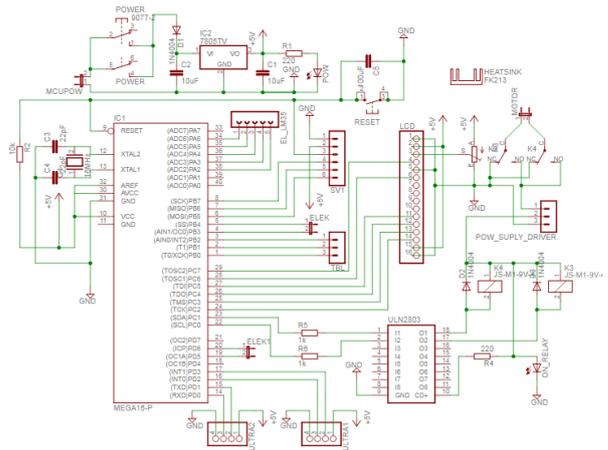


Gambar 7. Diagram Blok Sistem

Seluruh kerja dikendalikan oleh mikrokontroler melalui sistem minimum ATmega16 sesuai dengan perintah yang diberikan melalui perangkat lunak. Perangkat masukan (sensor elektrode, sensor ultrasonik, sensor suhu, dan panel antarmuka mode kontrol pintu air) perangkat keluaran (relay, LCD, buzzer), dan sistem minimum mikrokontroler ATmega16 terhubung dengan sumber tegangan 5V agar dapat bekerja sebagai mana mestinya.

4.2 Perancangan Perangkat Keras

Seluruh perangkat masukan dan keluaran dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega16. Mikrokontroler ATmega16 badu bisa bekerja dengan baik apabila dipasang ke sistem minimumnya.



Gambar 8. Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega16

Komunikasi perangkat keras masukan dan keluaran dilakukan melalui port I/O mikrokontroler ATmega16. Masing-masing Port dikonfigurasi sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan.

1. **PORTA** (Pin A.6) digunakan untuk jalur pembacaan data sensor suhu LM35. (Pin A.2 – A.5) digunakan untuk jalur pembacaan data sensor elektrode. (Pin A.0 – A.1) digunakan sebagai cadangan. Pin ini digunakan untuk membaca nilai sensor dengan keluaran analog.
2. **PORTB** (Pin B.8 – B.5) digunakan sebagai jalur data komunikasi SPI (untuk downloader). (Pin B.4 – B.3) digunakan sebagai jalur dorong tarik (push pull) sensor elektrode. (Pin B.0 – B.2) digunakan sebagai jalur tombol antarmuka mode kontrol pintu air (otomatis atau manual).
3. **PORTC** (Pin C.7 – C.2) digunakan sebagai jalur display LCD bacaan sensor dan mode pintu air. (Pin C.0 – C.1) digunakan sebagai jalur data untuk memberikan perintah untuk menggerakkan motor. Jika Pin C.0 high dan Pin C.1 low maka motor akan bergerak searah jarum jam sehingga pintu dari posisi terbuka akan bergerak menutup. Jika Pin C.0 low dan Pin C.1 high maka motor akan bergerak berlawanan arah jarum jam sehingga pintu dari posisi tertutup akan bergerak membuka.

4. **PORTD** (*Pin* D.6 – D.5) digunakan sebagai jalur dorong tarik (*push pull*) sensor elektrode. (*Pin* D.3 – D.0) digunakan sebagai jalur data sensor ultrasonik.

Level salinitas air dihitung dengan menggunakan nilai resistansi air yang diperoleh sensor elektrode kemudian dikonversi ke dalam nilai salinitas air dalam satuan PPM kemudian baru ditentukan level salinitas. Level salinitas air dibuat dengan acuan dari data yang ditunjukkan oleh Tabel 1 dengan nilai EC yang dikonversi ke dalam satuan PPM menggunakan persamaan (6).

$$PPM = EC \times 500 \dots\dots\dots(6)$$

Kemudian pada kolom Potensial hasil panen, 100 % dijadikan level 1, Potensial hasil panen 90 % dijadikan level 2, Potensial hasil panen 75 % dijadikan level 3, Potensial hasil panen 50 % dijadikan level 4, dan Potensial hasil panen 0 % dijadikan level 5.

Tabel 2. Klasifikasi Level Salinitas Air

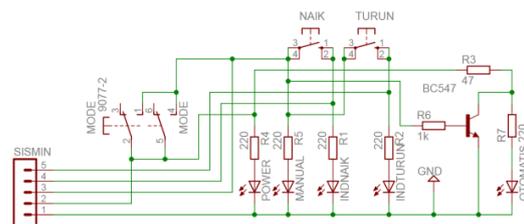
Level Salinitas	EC (dS/m)	PPM
Level 1	0 - 2.0	0 - 1000
Level 2	2.0 - 2.6	1000 - 1300
Level 3	2.6 - 3.4	1300 - 1700
Level 4	3.4 - 4.8	1700 - 2400
Level 5	4.8 - 7.6	2400 - 3600

Nilai suhu air didapatkan dengan menggunakan sensor suhu LM35. Nilai yang diperoleh oleh sensor suhu LM35 dikonversi ke dalam satuan °C menggunakan persamaan (7). Nilai suhu air digunakan untuk memberikan kompensasi nilai TDS sesuai dengan persamaan (5).

$$Suhu(^{\circ}C) = \frac{nilai\ ADC\ sensor \times \left(\frac{5}{1024} \times 1000\right)}{10} \dots(7)$$

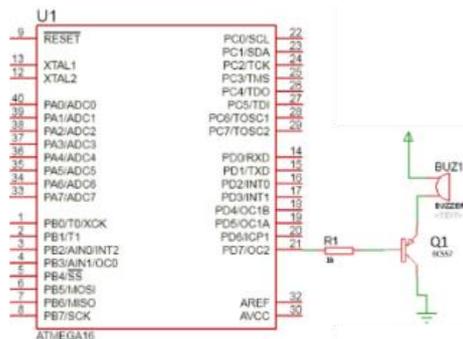
Nilai ketinggian permukaan air diukur menggunakan pulsa sensor ultrasonik HC-SR04 yang dikonversi ke nilai jarak dalam satuan cm dengan persamaan (9) untuk sensor ultrasonik dalam dan persamaan (10) untuk sensor ultrasonik luar.

Sistem ini memiliki 2 *mode* kontrol yaitu otomatis dan manual. Mode kontrol sistem ini dipilih melalui panel antarmuka mode kontrol pintu air. Mode otomatis dipilih dengan cara melepaskan tekanan tombol mode dan mode manual dipilih dengan cara menekan tombol mode. Pengontrolan dalam mode manual dilakukan dengan cara menekan tombol naik (untuk membuka pintu) dan tombol turun (untuk menutup pintu). Rangkaian skematik panel antarmuka mode kontrol pintu air ditunjukkan pada Gambar 9.



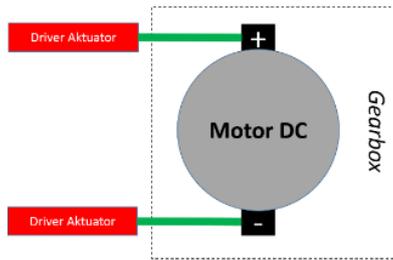
Gambar 9. Rangkaian skematik panel antarmuka mode kontrol pintu air

Pada saat level salinitas air (luar dan dalam) mencapai level 4 ke atas, maka sistem akan memberikan tanda suara sebagai alarm bagi pengguna sistem. Alarm ini kemudian dinamai sistem alarm sensor elektrode. Rangkaian skematik dari sistem ini ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian skematik sistem alarm sensor elektrode

Pada sistem alarm ini, digunakan sebuah buzzer untuk memberikan tanda (suara) apabila sensor elektrode (luar dan dalam) mendeteksi salinitas air pada level diatas level 3. Format tanda yang diberikan selanjutnya diatur dalam perancangan perangkat lunak.

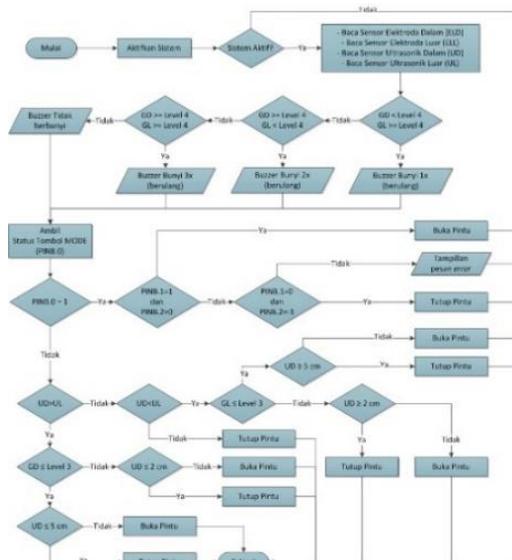


Gambar 11. Rangkaian skematik aktuator

Aktuator merupakan unit keluaran yang akan menggerakkan daun pintu air untuk gerakan membuka maupun menutup. Aktuator menggunakan motor DC sebagai penggerak daun pintu air. Rangkaian skematik aktuator ditunjukkan oleh Gambar 11. Gerakan membuka dan menutup pintu air dilakukan dengan cara merubah kutub *power supply* pada aktuator.

4.3 Perancangan Perangkat Lunak

Alur kerja sistem secara umum ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Alir Perangkat Lunak

Tahap pertama dari proses ini adalah mengambil nilai semua sensor yang terhubung dengan sistem. Jika nilai sensor elektrode dalam kurang dari level 4 dan nilai sensor elektrode luar lebih dari atau samadengan level 4 maka buzzer akan mengeluarkan bunyi 1 kali berulang-ulang. Jika nilai sensor elektrode dalam lebih dari atau samadengan level 4 dan nilai sensor elektrode luar kurang dari 4 maka buzzer

akan mengeluarkan bunyi 2 kali berulang-ulang. Jika nilai sensor elektrode dalam dan nilai sensor elektrode luar lebih dari atau samadengan level 4 maka buzzer akan mengeluarkan bunyi 3 kali berulang-ulang. Jika nilai sensor elektrode dalam dan nilai sensor elektrode luar kurang dari level 4 maka buzzer tidak aktif.

Kemudian dilanjutkan dengan Mengecek status tombol MODE (PINB.0) untuk mengarahkan sistem ke *mode* manual ataupun otomatis. Ketika status PINB.0 yang terambil adalah 1 (*high*) maka sistem akan diarahkan ke *mode* manual. Jika yang terambil adalah 0 (*low*) maka sistem akan diarahkan ke *mode* otomatis.

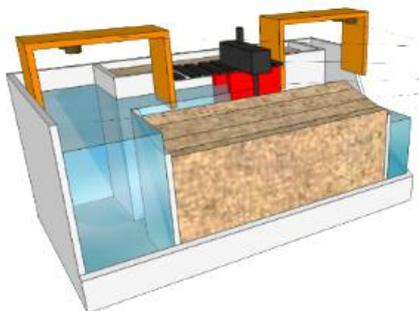
Ketika PINB.0 = 1, ini berarti sistem berada dalam *mode* manual. Maka proses akan dilanjutkan dengan mengecek status PINB.1 dan PINB.2. Jika PIN B.1 = 1 (*High*) dan PIN B.2 = 0 *low* maka motor akan bergerak selama 500 milidetik untuk membuka pintu. Jika PIN B.1 = 1 dan PIN B.2 = 0 maka motor akan bergerak selama 500 milidetik untuk menutup pintu. Jika terjadi kesalahan sistem sehingga PIN B.1 dan PIN B.2 mengeluarkan logika selain logika di atas maka pada LCD akan ditampilkan pesan error.

Ketika PINB.0 = 0, ini berarti sistem berada dalam *mode* otomatis. Maka diperlukan perbandingan nilai sensor ultrasonik luar dan dalam, sensor elektrode luar dan dalam. Jika nilai sensor ultrasonik dalam (UD) lebih besar dari nilai sensor ultrasonik luar (UL) maka akan sistem akan melakukan aksi mengeluarkan air secara otomatis dari saluran pertanian. Ketika salinitas di dalam pintu air (SD) lebih dari level 3 maka pintu akan dibuka dengan syarat ketinggian air di dalam pintu air (UD) lebih dari 2 cm. Jika ketinggian air di dalam pintu air kurang dari atau sama dengan 2 cm maka pintu akan ditutup. Ketika salinitas di dalam pintu air (GD) kurang dari atau sama dengan level 3 maka pintu akan dibuka dengan syarat ketinggian air di dalam pintu air (UD) lebih dari 5 cm. Jika ketinggian di dalam pintu air (UD) kurang dari atau sama dengan 5 cm maka pintu akan ditutup.

Jika nilai sensor ultrasonik dalam (UD) lebih kecil dari nilai sensor ultrasonik luar (UL) maka akan sistem akan melakukan aksi mengeluarkan air secara otomatis dari saluran pertanian. Ketika salinitas di luar pintu air (SL) lebih dari level 3 maka pintu akan dibuka dengan syarat ketinggian air di dalam pintu air (UD) kurang dari 2 cm. Jika ketinggian air di dalam pintu air (UD) sama dengan atau lebih dari 2 cm maka pintu akan ditutup. Ketika salinitas di luar pintu air (SD) menunjukkan kurang dari atau sama dengan level 3 maka pintu akan dibuka dengan syarat ketinggian air di dalam pintu air kurang dari 5 cm. Jika ketinggian air di dalam pintu air (UL) sama dengan atau lebih dari 5 cm maka pintu akan ditutup. Hasil dari keseluruhan pemrosesan ini akan menghasilkan gerakan membukan atau menutup pada pintu air. Hasil pembacaan sensor dan aktivitas pintu air juga akan ditampilkan melalui LCD.

4.4 Perancangan Miniatur

Miniatur bangunan pintu air dibuat menyerupai bangunan pintu air yang biasanya diterapkan pada saluran pintu air.



Gambar 13. Miniatur pintu air

Miniatur pintu air dibuat dari kaca dengan dimensi ukuran panjang ±34 cm, lebar ±19 cm, dan tinggi ±15 cm. Miniatur pintu air ini terdiri dari miniatur bangunan pengukur ketinggian permukaan air, miniatur aktuator penggerak pintu air, miniatur daun pintu air, dan miniatur saluran air.

5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Adapun pengujian alat ini meliputi pengujian sensor elektrode, pengujian sensor sensor ultrasonik, pengujian sensor

suhu, pengujian sensor suhu, pengujian respons aktuator, pengujian sistem alarm sensor elektrode. Setelah dilakukan pengujian terhadap alat, selanjutnya dilakukan analisis dari hasil pengujian. Nilai galat (%) dihitung dengan persamaan 8 [15].

$$Galat (\%) = \frac{|nilai\ sensor - nilai\ alat\ ukur|}{nilai\ alat\ ukur} \times 100 \quad \dots(8)$$

5.1 Pengujian Sensor Elektrode

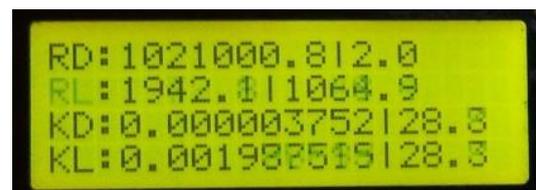
Pengujian sensor elektrode bertujuan untuk melihat unjuk kerja sensor elektrode dalam mengukur resistansi air sampel. Pengujian dilakukan terhadap air PDAM ditambah NaCl. Parameter keberhasilan pengujian adalah mengacu kepada analogi yaitu semakin murni air akan semakin besar resistansinya. Peng-ujian dilakukan dengan cara mencelupkan sensor elektrode pada air yang diatur penambahan garamnya. Hasil pengujian sensor elektrode (luar dan dalam) ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji sensor elektrode

No	Air Uji	Resistansi		Level Salinitas	
		RD	RL	SD	SL
1.	Air PDAM	9139,3	9119,5	Level 1	Level 1
2.	Air PDAM + (1×40 Mg NaCl)	4686,2	4664,4	Level 1	Level 1
3.	Air PDAM + (2×40 Mg NaCl)	2632,4	2526,5	Level 1	Level 1
4.	Air PDAM + (3×40 Mg NaCl)	1980,5	1942,1	Level 2	Level 2
5.	Air PDAM + (4×40 Mg NaCl)	1589,1	1552	Level 2	Level 3
6.	Air PDAM + (5×40 Mg NaCl)	1332,8	1370,6	Level 3	Level 3
7.	Air PDAM + (6×40 Mg NaCl)	1186,9	1186,9	Level 4	Level 4
8.	Air PDAM + (7×40 Mg NaCl)	1109,4	1118,9	Level 4	Level 4
9.	Air PDAM + (8×40 Mg NaCl)	999,9	986,8	Level 4	Level 4
10.	Air PDAM + (11×40 Mg NaCl)	557,4	557,4	Level 5	Level 5

Keterangan :

- RD merupakan resistansi dalam (Ω) yang terbaca oleh sensor elektrode dalam
- RL merupakan resistansi dalam (Ω) yang terbaca oleh sensor elektrode luar
- SD merupakan level salinitas yang terbaca oleh sensor elektrode dalam.
- SL merupakan level salinitas yang terbaca oleh sensor elektrode luar.



Gambar 14. Uji sensor elektrode

Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 3) menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar garam dalam air maka nilai resistansi akan semakin kecil, sebaliknya semakin rendah kadar garam maka nilai resistansi air akan semakin besar. Hal ini memenuhi parameter keberhasilan pengujian air yaitu semakin tidak murni air maka semakin kecil resistansinya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor elektrode dapat bekerja dengan baik.

5.2 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan melakukan pengukuran ketinggian permukaan air langsung pada miniatur pintu air. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan penggaris. Perbandingan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui akurasi pengukuran sensor ultrasonik. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 15. Uji sensor ultrasonik

Jarak (cm) diperoleh berdasarkan nilai pulsa sensor pada setiap cm penggaris. Hubungan nilai pulsa sensor dengan penggaris ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Nilai pulsa sensor ultrasonik terhadap penggaris

Nilai	Alat Ukur (Penggaris)	Pulsa Sensor (Ultrasonik Dalam)	Pulsa Sensor (Ultrasonik Luar)
MIN	0 cm	0	0
MAX	14,5 cm	78	75

Menggunakan teknik penskalaan, maka didapatkan persamaan untuk mengkonversi nilai pulsa ke nilai jarak dalam satuan (cm) seperti ditunjukkan oleh persamaan (8) dan persamaan (9).

$$UD(cm) = \frac{14,5}{78} \times \text{Pulsa (UD)} \dots\dots\dots(8)$$

$$UL(cm) = \frac{14,5}{75} \times \text{Pulsa (UL)} \dots\dots\dots(9)$$

Tabel 5. Hasil uji sensor ultrasonik

No	Alat Ukur (Penggaris)	Sensor Ultrasonik Dalam		Sensor Ultrasonik Luar	
		UD	% Galat	UL	% Galat
1.	1,0 cm	0,9 cm	10,0 %	0,9 cm	10,0 %
2.	2,0 cm	2,0 cm	0,00 %	1,9 cm	5,00 %
3.	3,0 cm	3,0 cm	0,00 %	3,2 cm	6,67 %
4.	4,0 cm	3,9 cm	2,50 %	4 cm	0,00 %
5.	5,0 cm	5 cm	0,00 %	5,2 cm	4,00 %
6.	6,0 cm	5,9 cm	1,67 %	6,1 cm	1,67%
7.	7,0 cm	7 cm	0,00 %	6,9 cm	1,43 %
8.	8,0 cm	8,1 cm	1,25 %	7,9 cm	1,25 %
9.	11,0 cm	11,1 cm	0,91 %	11,2 cm	1,82 %
10.	14,0 cm	14,1 cm	0,71 %	14,1 cm	0,71 %
Persentase galat rata-rata			1,7%		3,3%

Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 5) persentase galat rata-rata yang didapat oleh sensor ultrasonik (luar dan dalam) masing-masing adalah 3,3% dan 1,7%. Hal ini menunjukkan sensor ultrasonik (luar dan dalam) bekerja dengan baik karena persentase galat yang kecil. Galat yang terjadi disebabkan oleh keluaran sensor yang tidak stabil (turun naik).

5.3 Pengujian Sensor Suhu

Sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu LM35. Pengujian sensor suhu LM35 bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja sensor suhu LM35 dalam menghitung suhu. Pengujian kinerja sensor dilakukan dengan melakukan pengukuran pada air di dalam wadah plastik. Hasil pengukuran sensor kemudian dibandingkan dengan thermometer digital tipe TP300. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi ukur sensor LM35. Hasil pengujian sensor suhu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji sensor suhu

No	Thermometer	LM35	% Galat
1.	0,5 °C	0,5 °C	0 %
2.	8,8 °C	8,8 °C	0 %
3.	18,1 °C	18,1 °C	0 %
4.	23,5 °C	23,5 °C	0 %
5.	27,4 °C	27,4 °C	0 %
6.	30,5 °C	30,8 °C	0,98 %
7.	33,7 °C	33,7 °C	0 %
8.	39 °C	39,1 °C	0,26 %
9.	40,2 °C	40,1 °C	0,25 %
10.	45,4 °C	45,5 °C	0,22 %
Persentase galat rata-rata			0,34 %

Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 6) menunjukkan perbandingan hasil ukur antara sensor suhu. Persentase galat rata-rata yang diperoleh dari 10 kali pengujian adalah 0,34 %, hal ini menunjukkan bahwa sensor suhu LM35 bekerja dengan baik karena persentase galat yang kecil. LM35 dengan termometer digital. Galat yang terjadi disebabkan oleh faktor besarnya hambatan kawat penghantar dan tegangan supply yang kurang stabil.

5.4 Pengujian Panel Antarmuka Mode Kontrol Pintu Air

Pengujian panel antarmuka mode kontrol pintu air dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah panel antarmuka mode kontrol pintu air bekerja dengan baik. Hasil pengujian ditunjukkan Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji panel antarmuka *mode* kontrol pintu air

No	Aksi	Kondisi Lampu Indikator	Respons Sistem
1.	Tombol <i>mode</i> ditekan.	Lampu M = ON	Mode manual aktif
2.	Tombol <i>mode</i> (dalam posisi tertekan) + Tombol N (naik) ditekan	Lampu M = ON, Lampu Naik = ON	Pintu membuka (mode manual)
3.	Tombol <i>mode</i> (dalam posisi tertekan) + Tombol T (turun) ditekan	Lampu M = ON, Lampu Turun = ON	Pintu menutup (mode manual)
4.	Tombol <i>mode</i> dilepas tekanannya	Lampu A = ON	Mode otomatis aktif

Keterangan (lampu dalam keadaan ON):

- M = indikator (pada panel) mode manual.
- A = indikator (pada panel) mode otomatis.
- Lampu Naik = indikator (pada panel) pintu air membuka.
- Lampu Turun = indikator (pada panel) pintu air menutup.



Gambar 16. Uji panel antarmuka *mode* kontrol pintu air

Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 7) dapat disimpulkan bahwa panel antarmuka mode kontrol pintu air dapat bekerja dengan baik karena pada saat dioperasikan, sistem dapat merespons sesuai dengan perintah yang diberikan melalui panel antarmuka pintu air.

5.5 Pengujian Sistem Alarm Sensor Elektrode

Pengujian sistem alarm sensor elektrode dilakukan dengan mengamati respons buzzer pada saat melakukan pengujian respons aktuator. Hasil pengamatan dibandingkan dengan target respons buzzer pada perancangan. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem alarm sensor elektrode. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji sistem alarm sensor elektrode

No	Klasifikasi TDS		Respons Buzzer	Target Respons Buzzer
	SD	SL		
1.	Level 1	Level 1	Tidak berbunyi	Tidak berbunyi
3.	Level 1	Level 4	Bunyi 1x berulang	Bunyi 1x berulang
4.	Level 1	Level 5	Bunyi 1x berulang	Bunyi 1x berulang
5.	Level 2	Level 4	Bunyi 1x berulang	Bunyi 1x berulang
2.	Level 3	Level 2	Tidak berbunyi	Tidak berbunyi
6.	Level 4	Level 1	Bunyi 2x berulang	Bunyi 2x berulang
9.	Level 4	Level 5	Bunyi 3x berulang	Bunyi 3x berulang
7.	Level 5	Level 3	Bunyi 2x berulang	Bunyi 2x berulang
8.	Level 5	Level 1	Bunyi 2x berulang	Bunyi 2x berulang
10.	Level 5	Level 4	Bunyi 3x berulang	Bunyi 3x berulang

Keterangan :

- SD = Level salinitas pada bagian dalam pintu air.
- SL = Level salinitas pada bagian luar pintu air.

Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 8) Buzzer pada sistem alarm sensor elektrode memberikan respons yang sama dengan target respons buzzer. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem alarm sensor elektrode dapat bekerja dengan baik.

5.5 Pengujian Respons Aktuator

Pengujian respons aktuator ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah aktuator dapat bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan oleh mikrokontroler. Hasil uji respons aktuator ditunjukkan oleh Tabel 9.



Gambar 17. Uji respons aktuator

Tabel 9. Hasil uji respons aktuator

Logika		Target Gerakan	Respons Aktuator
Port C.0	Port C.1		
Low (0)	High (1)	Membuka	Membuka
High (1)	Low (0)	Menutup	Menutup

Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 9) dapat disimpulkan bahwa aktuator dapat bekerja dengan baik karena aktuator dapat bergerak sesuai dengan target gerakannya.

5.6 Pengujian Sistem pada Miniatur Pintu Air

Pada tahap ini dilakukan dilakukan untuk melihat unjuk kerja sistem yang diterapkan pada miniatur pintu air. Pengujian ini dilakukan dalam 2 *mode* yaitu *mode* otomatis dan *mode* manual. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sistem mampu bekerja dan dapat mengontrol pintu air sesuai dengan perancangan. Hasil pengujian respons aktuator untuk *mode* otomatis dapat dilihat pada Tabel 10. Hasil pengujian untuk mode manual dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Hasil uji sistem *mode* otomatis

Nilai Sensor				Posisi Awal Pintu	Target Gerakan Pintu	Respons Aktuator	Posisi Akhir Pintu
UD	UL	SD	SL				
Memasukkan Air Ke Saluran Irigasi Pertanian							
1,59 cm	8,45 cm	Level 1	Level 1	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
4,83 cm	6,00 cm	Level 1	Level 1	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
1,59 cm	8,60 cm	Level 1	Level 2	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
4,83 cm	6,15 cm	Level 1	Level 2	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
1,73 cm	8,30 cm	Level 1	Level 3	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
4,83 cm	6,15 cm	Level 1	Level 3	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
1,16 cm	9,06 cm	Level 1	Level 4	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
2,29 cm	8,14 cm	Level 1	Level 4	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
1,44 cm	9,06 cm	Level 1	Level 5	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
2,29 cm	8,14 cm	Level 1	Level 5	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
0,74 cm	8,91 cm	Level 2	Level 4	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
2,43 cm	7,84 cm	Level 2	Level 4	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
1,44 cm	8,45 cm	Level 3	Level 2	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
5,25 cm	6,00 cm	Level 3	Level 2	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
0,46 cm	9,06 cm	Level 4	Level 5	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
1,73 cm	7,99 cm	Level 4	Level 5	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
1,87 cm	7,99 cm	Level 5	Level 3	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
4,83 cm	5,85 cm	Level 5	Level 3	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
Mengeluarkan Air Dari Saluran Irigasi Pertanian							
8,22 cm	0,34 cm	Level 1	Level 1	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
5,25 cm	2,78 cm	Level 1	Level 1	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
7,37 cm	0,64 cm	Level 2	Level 1	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
5,25 cm	2,78 cm	Level 2	Level 1	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
6,95 cm	0,95 cm	Level 2	Level 3	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
5,25 cm	2,63 cm	Level 2	Level 3	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
8,78 cm	0,18 cm	Level 3	Level 1	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
5,25 cm	2,78 cm	Level 3	Level 1	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
3,42 cm	0,18 cm	Level 4	Level 1	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
2,15 cm	0,64 cm	Level 4	Level 1	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
3,00 cm	0,34 cm	Level 4	Level 2	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
2,71 cm	1,25 cm	Level 4	Level 2	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
2,85 cm	-0,27 cm	Level 5	Level 1	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
1,73 cm	0,64 cm	Level 5	Level 1	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
7,09 cm	1,41 cm	Level 3	Level 5	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
5,25 cm	2,78 cm	Level 3	Level 5	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup
0,56 cm	-0,27 cm	Level 5	Level 4	Tertutup	Membuka	Membuka	Terbuka
1,73 cm	1,10 cm	Level 5	Level 4	Terbuka	Menutup	Menutup	Tertutup

Tabel 11. Hasil uji pada *mode* manual

Eksekusi Tombol	Posisi Awal Pintu	Target Gerakan	Respons Aktuator	Posisi Akhir Pintu
Buka	Tertutup	Membuka	Membuka	Membuka
Tutup	Terbuka	Menutup	Menutup	Menutup

Berdasarkan hasil pengujian pada *mode* otomatis (Tabel 10) dan *mode* manual (Tabel 11) dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam mengontrol pintu air karena aktuator memberikan respons sesuai dengan target gerakan pintu.

5.7 Analisa hasil pengujian

Dari keseluruhan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem ini dapat berfungsi sesuai dengan perancangannya. Alat ini dapat membuka dan menutup pintu air secara manual maupun otomatis. Fungsi pendukung seperti panel kontrol pintu air, LCD dan sistem pendingin perangkat keras dapat berjalan dengan baik dan sesuai harapan. Unit masukan seperti sensor

elektrode dapat membaca perubahan salinitas air, sensor ultrasonik bekerja dengan baik dengan galat maksimal sebesar 3,33 %, sensor suhu bekerja dengan baik dengan galat maksimal 0,98 %, dan antarmuka *mode* kontrol pintu air bekerja dengan cukup baik.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pintu air dapat bekerja otomatis dengan membandingkan level salinitas dan kedalaman air. Pada *mode* otomatis, air dipertahankan pada ketinggian 5 cm pada saat salinitas air maksimal berada pada level 3 dan air dipertahankan pada ketinggian 2 cm pada saat salinitas air minimal berada pada level 4.
2. Pintu air dapat bekerja manual dengan menggunakan panel kontrol manual pintu air. Pada *mode* kontrol manual, panel kontrol manual pintu air dapat digunakan untuk membuka atau menutup pintu air.
3. Sensor ultrasonik (luar dan dalam) berhasil diterapkan sebagai alat ukur ketinggian permukaan air dengan persentase galat 3,3% dan 1,7%.
4. Sensor elektrode (luar dan dalam) dapat membaca nilai resistansi dan level salinitas air pada setiap perlakuan penambahan garam dapur (NaCl).
5. Sensor suhu LM35 juga berhasil diiterapkan sebagai unit pengukur suhu air dengan dengan persentase galat sebesar 0,34%.
6. Sistem alarm sensor elektrode juga telah bekerja sesuai dengan perancangan dimana memberikan sinyal yang berupa bunyi 1 kali berulang-ulang pada saat $SD < Level 4$ dan $SL \geq Level 4$, bunyi 2 kali berulang-ulang pada saat $SD \geq Level 4$ dan $SL < Level 4$, dan bunyi 3 kali berulang-ulang pada saat $SD \geq Level 4$ dan $SL \geq Level 4$.
7. Sistem kontrol pintu air otomatis yang dibuat sudah sesuai dengan perancangan, sistem ini secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik, sensor elektrode, dan sensor suhu LM35

dimana hasil pembacaan sensor digunakan sebagai parameter masukan dalam menyeleksi air yang akan dimasukan ataupun dikeluarkan dari miniatur saluran irigasi pertanian padi. Sistem dilengkapi dengan alarm sensor elektrode untuk memberikan tanda jika level salinitas air berada pada level diatas 3.

6.2 Saran

Penelitian ini perlu diteliti dan dikembangkan lebih lanjut. Penggantian bahan sensor elektrode yang digunakan agar elektrode tidak mengalami korosi pada saat berada dalam air. Membuat *Power supply* cadangan yang dapat menampung energi listrik agar pintu air tetap dapat berfungsi meskipun pasokan listrik PLN terputus. Apabila ingin menerapkan sistem ke dalam bentuk yang nyata (*real*), pada sisi perangkat keras, dapat dilakukan penggantian motor DC dengan torsi yang cukup untuk mengangkat daun pintu air. Pada sisi perangkat lunak dapat disesuaikan kembali batas ukur sensor ultrasonik dengan keadaan yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rusd, Ahmad Muharram Ibnu. (2011). *Pengujian Toleransi Padi (Oryza sativa L) Terhadap Sainitas Pada Fase Perkecambahan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [2] Hidayat, Wahyu dan Andi Adriansyah. (2012). *Perancangan Prototype Sistem Kontrol Pintu Air Otomatis*. Jakarta: Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana..
- [3] Prihatman, Kemal. (2000). *PADI (Oryza Sativa)*. Jakarta: Kantor Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
- [4] Sulistyono, Eko dan Titi Hayati. (2013). *Penentuan Tinggi Irigasi Genangan yang Tidak Menurunkan Produksi Padi Sawah*. Jurnal: Agrovigor Volume 6 No 2 September 2013 ISSN 1979 5777.
- [5] Rusd, Ahmad Muharram Ibnu. (2011). *Pengujian Toleransi Padi (Oryza sativa L) Terhadap Sainitas Pada Fase Perkecambahan*. Skripsi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [6] Ayres dan Westcot. (1976). *Water quality for Agriculture*. Rome: Food And Agriculture Organization of The United Nations.
- [7] Kurniawan, Alva dkk. (2008). *Identifikasi Kualitas Air Berdasarkan Nilai Resistifitas Air Studi Kasus : Kali Gajahwong*. Jurnal : Departemen Geografi Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada : Yogyakarta.
- [8] Utomo, Darmawan. (2012). *Alat Pengukur Resistansi, Konduktivitas, dan Total Dissolved Solids Air Dengan Teknik Dorong Tarik*. Jurnal: Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika Vol. 11 No. 2 Oktober 2012 Hal 131 – 140.
- [9] Ardian, Indradana. (2010). *Rancang Bangun Pengaturan Buka Tutup Volume Damper Pada Sistem Air Conditioner Berbasis Atmega 16*. Skripsi Universitas Indonesia Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro. Depok.
- [10] Texas Instruments. (1999). *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. Texas.
- [11] Budiharto, Widodo dan Paulus Adi Nalwan. (2009). *Membuat Sendiri Robot Humanoid*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- [12] Wicaksono, Handy. (2009). *Catatan Kuliah "Automasi 1"*. Yogyakarta: Kanisius.
- [13] Aslam, Bilal Maydika. (2013). *Mesin DC: Teori Dasar dan Prinsip*. Diambil kembali dari: <http://blogs.itb.ac.id/>. Diakses: 27 Maret 2014.
- [14] Choir, Afdhol Arriska. (2012). *Rancangan dan Uji Coba Otomatisasi Irigasi Kendi*. Skripsi: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [15] Subakti, Irfan. (2006). *Metode Numerik*. Surabaya: Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.