

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis cara kerja sensor PING

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada bab II dan III, sensor PING bekerja dengan mencatat waktu yang dibutuhkan semenjak gelombang mulai ditembakkan oleh *transmitter* sampai diterima kembali oleh *receiver* yang ada pada sensor tersebut. Waktu transmisi gelombang atau data timer tersebut digunakan untuk menentukan jarak suatu obyek. Sedangkan untuk membuat pembacaan dari sensor mendekati nilai pembacaan standar alat ukur jarak (mistar/penggaris), maka dilakukan perbandingan antara jarak suatu obyek terhadap catatan waktu yang dibutuhkan. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui hasil perancangan yang telah dibuat, kemudian data hasil pengujian akan dianalisis dimaksudkan untuk menguji kelayakan sistem yang dibuat dengan teori yang ada. Pada prinsipnya pengukuran ketinggian permukaan air waduk pada tugas akhir ini dilakukan dengan cara mengukur ketinggian air. Dengan demikian besar kecilnya kesalahan yang terjadi pada pengukuran volume adalah bergantung pada besar kecilnya ketinggian yang diukur oleh sensor PING.

Program Bascom AVR

Ambil_datatimer:

Dirsig = 1

Set Sigout

'bangkitkan pulsa'

Waitus 10

Reset Sigout

'terima pulsa → ubah terlebih dahulu menjadi input'

Dirsig = 0

'ubah menjadi input'

Set Sigout

Bitwait Sigin , Set

Data_timer = 0

Timer1 = 0

Start Timer1

Do

If Sigin = 0 Then

Data_timer = Timer1

Stop Timer1

Exit Do

End If

If Tifr.2 = 1 Then

'melakukan pengecekan terhadap register timer1, apakah overflow?'

Stop Timer1

Tifr.2 = 1

Data_timer = 0

Exit Do

End If

Loop

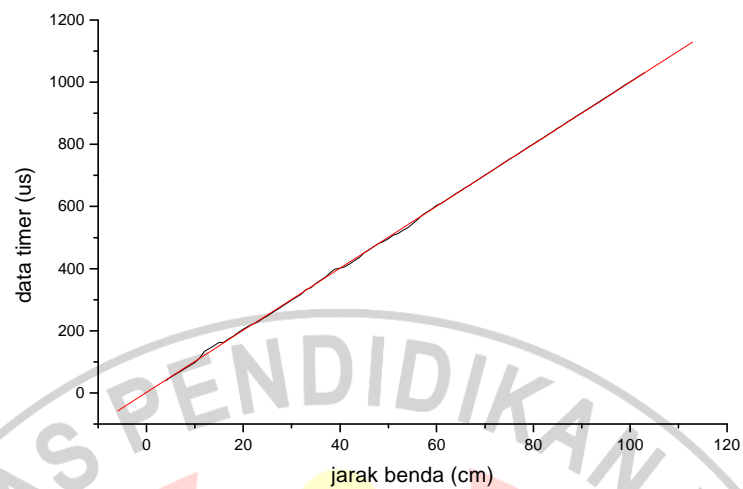
Stop Timer1

Return

Adapun tujuan dari program di atas yaitu untuk mengaktifkan sensor PING.

Seperti yang telah dibahas pada bab III, bahwa sensor PING hanya memiliki 3 buah kaki yaitu, VCC, ground, dan input/output. Karena satu pin memiliki dua fungsi sekaligus, maka salah satu pin input/output yang ada pada pin mikrokontroler dikondisikan sedemikian rupa agar dapat bekerja secara dua arah sekaligus. Pada penelitian yang dibuat pin sensor dihubungkan dengan PB.1 pada mikrokontroler. PB.1 diset sebagai input bagi sensor agar dapat membangkitkan pulsa gelombang dengan frekuensi 40 KHz . Pada bagian transmitter sensor akan memancarkan gelombang dan akan segera ditangkap kembali oleh receiver apabila mengenai objek yang berada didepannya. Setelah 10 us lalu Kemudian pin PB.1 direset dan diubah menjadi input kemikrokontroler. Selang waktu sejak gelombang tersebut di pancarkan sampai diterima kembali masih berupa data timer yang kemudian kita ubah menjadi data jarak. Adapun data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.1 yang ada pada lembar lampiran.

Dari data pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak objek dari sensor maka semakin besar pula waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan gelombang ultrasonik sampai diterima kembali oleh receiver. Hal tersebut sesuai dengan teori pemantulan gelombang. Dari data yang diperoleh, dengan menggunakan program microsoft origin dapat diplot grafik hubungan antara jarak objek dengan data timer yang dicatat oleh mikrokontroler.



Gambar 4.1 Karakterisasi jarak benda terhadap data *timer*

Berdasarkan grafik tersebut, nampak hubungan antara jarak suatu obyek yang terukur oleh sensor dengan waktu pemantulan gelombang. Dapat diketahui pula bahwa semakin jauh jarak objek dari sensor, maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan gelombang untuk merambat mulai dari ditembakkan sampai ditangkap kembali oleh receiver. Hal tersebut sesuai dengan prinsip pemantulan gelombang. Dengan perolehan data tersebut, maka sensor dapat dikatakan bekerja sesuai dengan prinsip pemantulan gelombang. Dari grafik tersebut didapat hubungan persamaan garis

$$\text{Data timer} = 0.2733 + 10.00168 \times \text{Jarak obyek}$$

Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai *data timer* ≈ 10 jarak obyek.

Data perolehan ini digunakan sebagai acuan untuk mengkalibrasi sensor sehingga program pada mikrokontroler berubah sebagai berikut :

Dirsig = 0

'ubah menjadi input

Set Sigout

Bitwait Sigin , Set

Data_timer = 0

Timer1 = 0

Start Timer1

Do

If Sigin = 0 Then

Data_timer = Timer1

Jarak = data_timer/10

Lcd fusing (jarak , “## . ##”)

Stop Timer1

Exit Do

End If

If Tifr.2 = 1 Then

'cek register timer1

overflow?

Stop Timer1

Tifr.2 = 1

Data_timer = 0

Exit Do

End If

Loop

Stop Timer1

Return

Setelah melakukan kalibrasi pada sensor, diperoleh data hasil pengujian pada jarak yang divariasikan. Adapun hasil pengujian oleh sensor dapat dilihat pada tabel 4.2 pada bagian lampiran.

Pengambilan data dilakukan secara berulang dimana dari data yang diperoleh, untuk mengetahui tingkat keakuratan pembacaan sensor, maka dapat dilakukan perhitungan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Adapun contoh perhitungan dari data di atas adalah sebagai berikut :

- Pengukuran rata-rata :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{n} = \frac{10.10 + 10.00 + 10.00}{3} = 10.03 \text{ cm}$$

- Deviasi 1 :

$$d_1 = X_1 - \bar{X} = 10.10 - 10.03 = 0.07$$

- Deviasi 2 :

$$d_2 = X_2 - \bar{X} = 10.00 - 10.03 = -0.03$$

- Deviasi 3 :

$$d_3 = X_3 - \bar{X} = 10.00 - 10.03 = -0.03$$

- Deviasi rata-rata

$$D = \frac{\sum |d|}{n} = \frac{0.07 + 0.03 + 0.03}{3} = 0.043$$

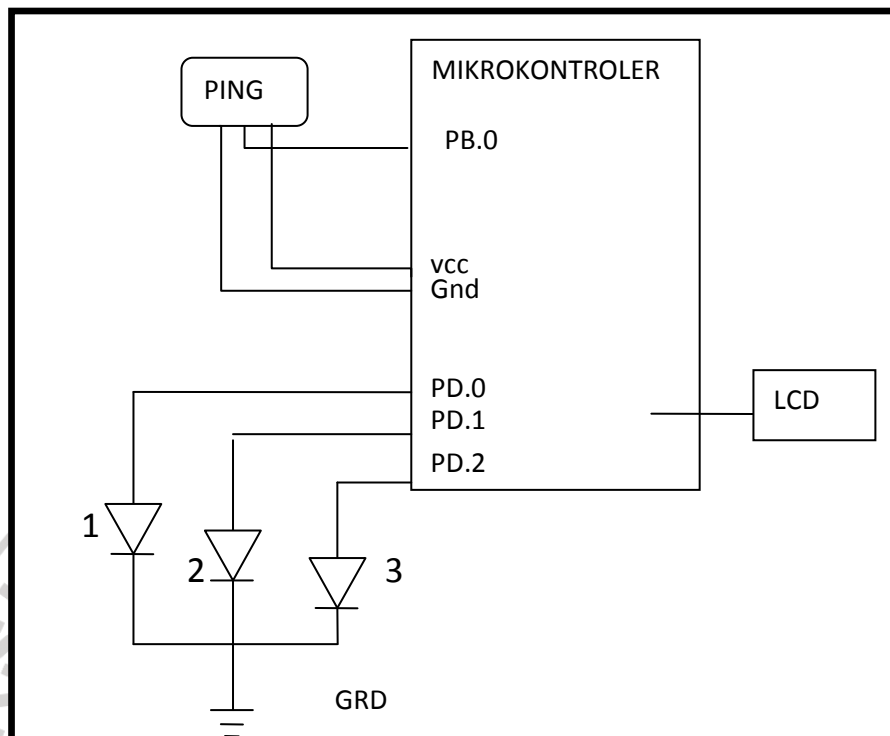
- Standar deviasi :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(0.07)^2 + (0.03)^2 + (0.03)^2}{3-1}} = 0.06$$

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan tersebut diperoleh bahwa sensor PING mempunyai tingkat presisi atau deviasi rata-rata sebesar 0.043 pada jarak pengukuran yang divariasikan. Berdasarkan data dari tabel 4.3 didapatkan bahwa pengukuran jarak menggunakan sensor PING cukup akurat, hal ini ditunjukkan dengan nilai standar deviasi terbesar yaitu 0.10 cm dan terkecil adalah 0 cm.

4.2. Pengujian logika kontrol

Pada bagian ini pengujian logika kontrol dilakukan dengan cara menentukan nilai set point suatu sistem kontrol pada nilai tertentu, lalu kemudian akan diberikan aksi terhadap pembacaan dari sensor bilamana nilai yang terbaca tidak sesuai dengan nilai set point. Untuk melakukan pengujian logika kontrol, peneliti menggunakan tiga buah LED sebagai indikator dimana setiap LED mewakili kondisi dari perubahan pembacaan sensor. Berikut diperlihatkan skema rangkaian pengujian logika kontrol yang telah diujikan.

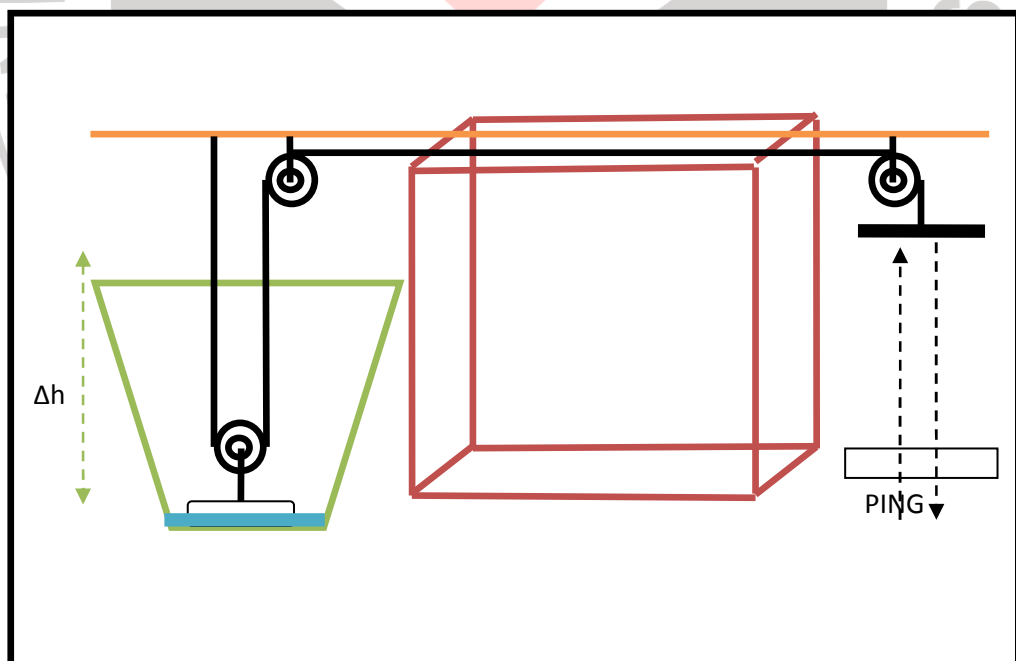


Gambar 4.2 logika kontrol

Skema rangkaian yang ditunjukkan oleh gambar 4.2 bertujuan untuk menguji rangkaian logika kontrol sebelum dihubungkan ke sistem kontrol dengan menggunakan relay dan pompa. Pada pengujian ini peneliti menggunakan tiga buah LED dengan warna yang berbeda, masing-masing nyala LED mewakili kondisi perubahan ketinggian yang tercatat oleh LCD. Penggunaan led digunakan hanya sebagai indikator pengganti sehingga mudah diamati.

Proses penentuan rumus ketinggian waduk disesuaikan dengan ketinggian perubahan air pada bak dimana dengan menggunakan alat ukur panjang/mistar pada bak dengan kondisi penuh (ketinggian mencapai ± 42 cm). Hal tersebut menjadi pertimbangan pengambilan jarak perubahan ketinggian air yang akan diukur berkisar dari ketinggian 2 cm dari dasar bak penampung sampai dengan

ketinggian 42 cm dimana ketinggian 2 cm dianggap sebagai ketinggian air minimum (h_0) dan 42 cm sebagai ketinggian air maksimum (h_{max}), namun pada penelitian ini peneliti membandingkan nilai pengambilan set poin dengan model sistem yang dibuat. Pada kondisi dilapangan jarak ketinggian yang digunakan sebagai nilai set point yaitu sebesar 92.30 m atau 9230 cm pada kondisi waduk sebenarnya, sehingga pada penelitian ini peneliti menggunakan jarak pengukuran ketinggian awal dengan ketinggian awal (h_0) di ketinggian 9200 cm. Dengan ketinggian maksimum 9240 cm. jadi perubahan ketinggian dari titik minimum sampai dengan maksimum (Δh) yang digunakan sekitar 40 cm. Selain itu, dengan menggunakan tali dan katrol yang sangat kecil serta massa katrol yang sangat ringan, maka massa tali serta inersia dari katrol dapat diabaikan.



Gambar 4.3 gambar sistem yang dibuat

Pelampung yang digunakan memiliki Panjang x Lebar x Tinggi berturut-turut 24,5 cm x 33,5 cm x 2,7 cm atau sekitar $2,22 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ dengan massa 2 kg. Pada saat pelampung dicelupkan kedalam air, setengah bagian dari volume benda tetap berada dipermukaan air. Dengan demikian gaya apung benda dapat kita ketahui berdasarkan pada prinsip Archimedes dimana :

$$F_a = \rho \times V \times g$$

$$F_a = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1}{2} (2,22 \times 10^{-3} \text{ m}^3) \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F_a = 10,87 \text{ N}$$

Massa pelampung yang digunakan sekitar empat kali lebih besar dibandingkan massa pemantul. Hal ini disebabkan apabila massa pemantul sama ataupun lebih besar dibandingkan dengan pelampung, maka pemantul akan menarik pelampung sehingga posisi pelampung tidak berada dipermukaan air. dengan kata lain gaya berat yang dimiliki pelampung dua kali lebih besar dibandingkan dengan gaya berat pemantul.

Perumusan matematis, pada saat pembacaan sensor menunjukkan nilai bacaan pada pemantul sebesar 5 cm, maka nilai ketinggian air berada pada ketinggian maksimum yaitu 35 cm sedangkan ketika bacaan menunjukkan nilai 75 cm, maka nilai ketinggian berada pada ketinggian minimum. Dengan demikian menurut perumusan diperoleh

Ketika

$$X_1 = 85 \text{ cm} \quad , \quad Y_1 = 9200 \text{ cm}$$

$$X_2 = 5 \text{ cm} \quad , \quad Y_2 = 9240 \text{ cm}$$

$$Y = aX + B$$

$$9200 = 85a + b$$

$$9240 = 5a + b$$

$$-40 = 80a$$

$$a = -0,5$$

$$b = 9242,5$$

Berikut logika program yang dibuat menggunakan software Bascom-AVR

Do

If Sign = 0 Then

 Data_timer = Timer1

 Jarak = Data_timer / 10

 Locate 1 , 8

 Lcd Fusing(jarak , "##.##") ; " cm"

 Wait 1

 A = 9242.5

 B = 0.5

 C = Jarak * B

 Waduk = A - C

 Locate 2 , 8

 Lcd Fusing(waduk , "##.##") ; " cm"

 Wait 1

 Stop Timer1

 Exit Do

End If

Gosub Kontrol

Kontrol:

If Waduk < 30 Then

Pompa1 = 0

Pompa2 = 0

Pompa3 = 0

End If

If Waduk > 9230 And Waduk <= 9231 Then

Pompa1 = 1

Pompa2 = 0

Pompa3 = 0

End If

If Waduk > 9231 And Waduk <= 9232 Then

Pompa1 = 1

Pompa2 = 1

Pompa3 = 0

End If

If Waduk > 9232 Then

Pompa1 = 1

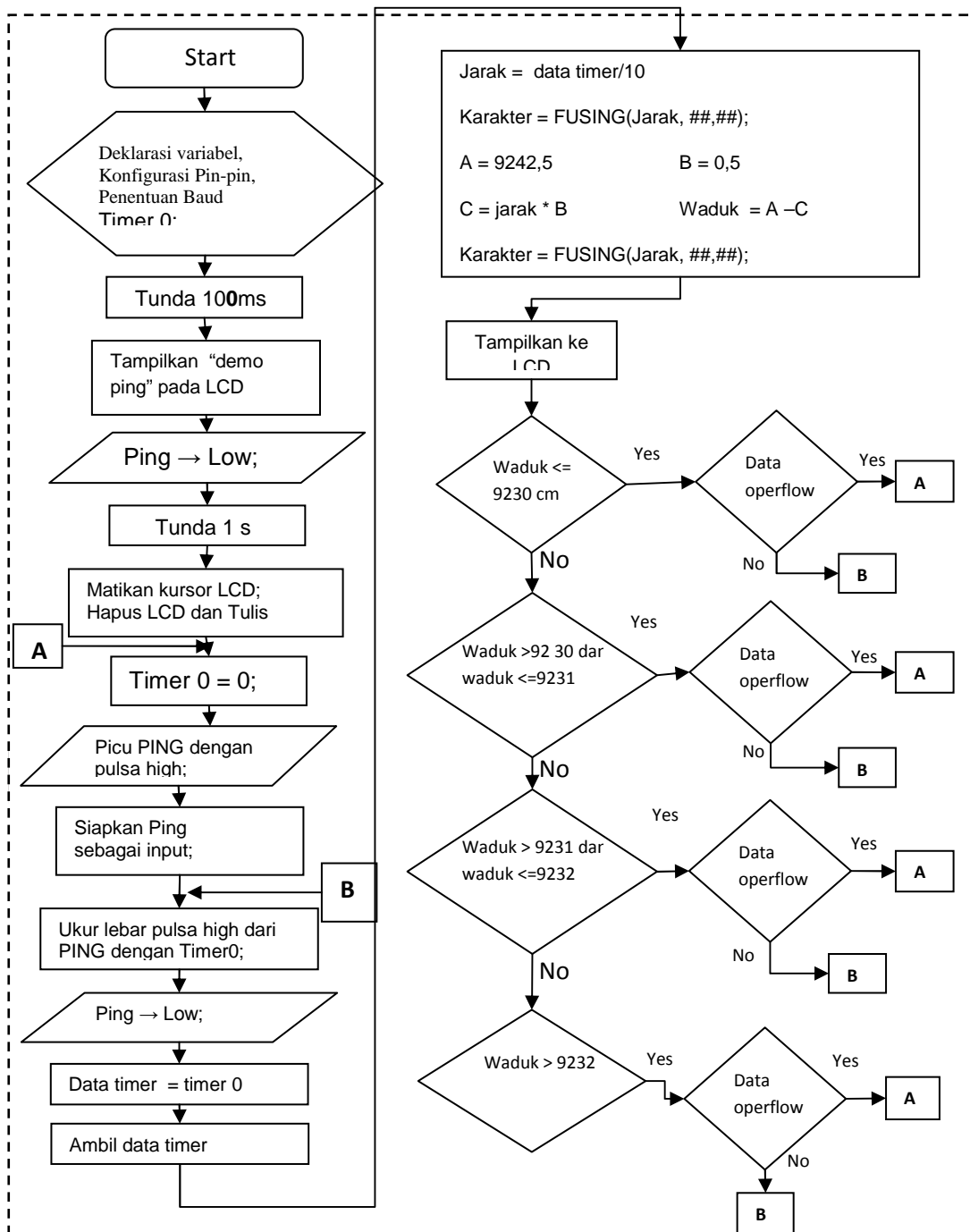
Pompa2 = 1

Pompa3 = 1

End If

Return

Dari list program yang dibuat menggunakan program Bascom AVR, pada gambar 4.4 diberikan alur berpikir dari program yang telah dibuat.



Gambar 4.4 Diagram alir program bascom AVR

Secara singkat dapat dijelaskan maksud dari alur berpikir yang ditunjukkan oleh gambar di atas sebagai berikut, : Ketika pengontrolan dimulai (*start*), maka

sensor akan mengukur jarak obyek kemudian mikrokontroler akan mengkonversi jarak pengukuran sensor dengan informasi ketinggian air yang sebenarnya. Ketika nilai ketinggian yang di inginkan berada di bawah set poin maka sensor akan terus mengukur perubahan ketinggian, LED (sebagai indikator pengganti pompa) akan mulai menyala ketika diberikan logika high (1) oleh mikrokontroler. Ketika ketinggian air berada di atas nilai set point, maka mikrokontroler akan memberikan logika high pada LED sampai nilai berada disekitar nilai set point.

Langkah pengujian:

1. Menyiapkan rangkaian sesuai skema yang telah ditentukan
2. Meletakkan benda pada jarak yang telah diperhitungkan.
3. Mengamati tampilan ketinggian permukaan air pada LCD dan keluaran yang dihasilkan berupa penyalaan LED
4. Mencatat ketinggian air dan jumlah LED yang dinyalakan Mikokontroler

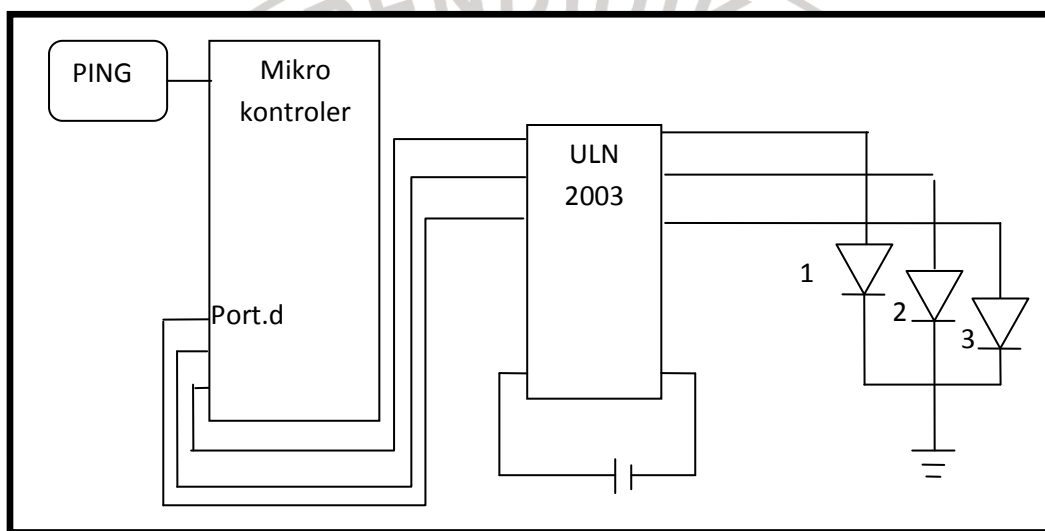
Dari langkah kegiatan di atas diperoleh data hasil pengujian yang ditunjukkan oleh tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.4 Hasil pengujian logika kontrol

No	Jarak oleh sensor (cm)	Ketinggian air (cm)	Tampilan LED
1	16,70	9229,15	0 Led Menyala
2	24,30	9230,35	1 Led Menyala
3	22,20	9231,40	2 Led Menyala
4	20,00	9232,50	3 Led Menyala

Dari hasil pengujian logika di atas, banyaknya nyala LED akan mewakili masing-masing kondisi ketinggian permukaan air sehingga dengan logika pengontrolan tersebut diharapkan pompa akan hidup sesuai dengan hasil percobaan dengan menggunakan LED.

4.3. Pengujian relay



Gambar 4.5 Skema rangkaian pengujian relay

Dalam pengujian ini dibentuk skema pengujian relay seperti yang terlihat pada gambar 4.5. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati kerja relay dengan menggunakan IC ULN 2003A yang merupakan transistor NPN darlington sebagai penguat arus. Rangkaian penguat diperlukan karena arus keluaran yang dihasilkan dari port mikrokontroler kisaran nilainya sangat kecil. Seperti yang kita ketahui bahwa relay merupakan saklar yang dikendalikan oleh arus sehingga dalam bekerja membutuhkan suplai arus minimum yang harus diperhatikan.

Pengujian Logika kontrol yang digunakan pada mikrokontroler masih sama dengan pengujian sebelumnya (pengujian logika kontrol). Dalam pengujian ini saklar tegangan tinggi diganti dengan tegangan rendah yang menyuplai tegangan untuk menghidupkan LED sebagai indikator. Tujuan penggantian ini hanya untuk kebutuhan praktis agar mudah diamati. Nantinya relay akan digunakan pada jalur tegangan tinggi untuk mensaklar pintu bukaan (dari pompa). Hasil data pengujian secara lengkap dapat diperhatikan pada tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.5 Data pengujian relay

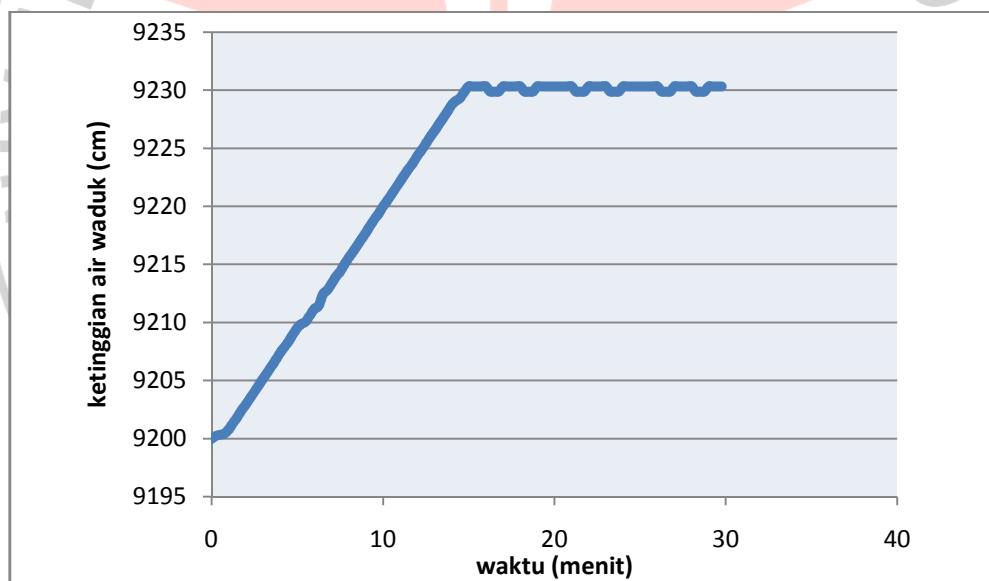
No	Ketinggian air (cm)	Tampilan LED
1	9200 - 9230	0 Led Menyala
2	>9230 dan <9231	1 Led Menyala
3	>9231 dan <9232	2 Led Menyala
4	>9232	3 Led Menyala

Dari hasil pengujian menunjukkan relay telah dapat bekerja dengan bantuan IC 2003 A dengan baik, ini Dapat diperhatikan pula dari nyala LED pin rangkaian kontrol relay bekerja dengan baik dalam pensaklaran.

4.4. Pengamatan respon dan kestabilan sistem

Pengamatan dilakukan dengan menggunakan bak penampung air memiliki volume ± 120 L dan ketinggian ± 40 cm. Pengamatan dilakukan dengan

memberikan masukan kedalam bak penampung menggunakan pompa dengan debit 1600 L/Jam kemudian ketinggian air akan terbaca oleh sensor dan ditampilkan pada LCD. Pengamatan dilakukan dengan menentukan nilai set point pada ketinggian 9230 cm sedangkan pengukuran dimulai dengan ketinggian awal di bawah nilai set point yaitu 9200 cm. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai nilai set point disebut waktu naik (*rise time*) yakni 15 menit. Setelah mencapai set point sistem mengalami kestabilan dan bergerak di sekitar nilai set point yaitu antara nilai ketinggian 9229,90 cm – 9230,35 cm. Gambar 4.6 memperlihatkan perubahan ketinggian sejak bak dalam keadaan kosong sampai berada di sekitar nilai set point.



Gambar 4.6 Grafik kestabilan sistem kontrol

Grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.6 diambil setiap 15 detik dimana data diambil secara berulang sebanyak tiga kali. Pada saat pengambilan data diperoleh nilai perubahan pembacaan sensor berupa data diskrit, hal ini dikarenakan perubahan air yang relatif cepat. Untuk menghasilkan nilai bacaan

perubahan secara kontinu, dapat dilakukan dengan mengkondisikan debit air yang masuk relatif kecil, namun hal tersebut harus disertai pula dengan debit air yang keluar lebih kecil pula, sehingga mencegah perubahan pluktuatif yang terlalu cepat disekitar nilai set point. Hal ini dikarenakan ketika perubahan pluktuatif terlalu cepat akan menyebabkan adanya guncangan arus pada rangkaian relay yang akhirnya memicu ketidakstabilan pada rangkaian lainnya. Hal ini terjadi pula pada saat pengukuran dimana ketika terjadi Fluktuasi pembacaan yang relatif cepat, penampil pada display tidak bekerja, namun sensor serta sistem yang lain masih bekerja secara normal.

Dapat dilihat pula waktu yang dibutuhkan oleh pompa pembuang untuk menurunkan ketinggian sampai pada nilai ketinggian 9229,90 cm cukup lama, hal ini dikarenakan pada saat proses pembuang air dilakukan oleh pompa pembuang, air di dalam bak terus bertambah, namun pada saat nilai berada di bawah nilai set poin, pipa pembuangan berhenti bekerja, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk naik menuju nilai set point relatif lebih cepat.

Berdasarkan teori suatu sistem kontrol, data kestabilan sistem dapat dikatakan baik apabila rentang perubahan fluktuatif nilai yang dijaga berada pada kisaran 2% dari nilai set point. Dari hasil pengamatan, ketinggian yang dapat dijaga oleh sistem yang telah dibuat berfluktuasi pada nilai 9229,90 cm – 9230,35 cm. Hal ini menunjukkan bahwa data kesetabilan yang ditunjukkan oleh sistem relatif baik dimana nilai ketinggian maksimum dan minimumnya tidak melewati batas yang diijinkan yaitu sekitar $\pm 0,6$ cm dari set point.

Dari hasil percobaan tersebut kita dapat membandingkannya dengan kondisi salah satu waduk sehingga dapat dikondisikan sesuai dengan kondisi waduk, baik dari segi perubahan ketinggian air waduk itu sendiri sampai dengan kemampuan maksimum sistem yang dibuat sehingga sistem yang dibuat layak untuk dipakai pada kondisi aslinya. Pada penelitian ini peneliti mengambil data dari salah satu waduk irigasi yaitu waduk atau bendungan Batujai yang berada di wilayah kabupaten Lombok Tengah, NTB. Dari hasil observasi diperoleh data-data yaitu antara lain sebagai berikut :

Data-data teknik bendungan :

Daerah aliran sungai	:	169 km ²
Muka air tertinggi	:	EL. 92,50 m
Muka air Terendah	:	EL. 87 m
Kapasitas waduk bruto	:	25 juta m ³
Kapasitas waduk	:	23,50 Juta m ³
Luas daerah tenggelam	:	8,90 Km ²

Selain data-data teknik diatas, untuk mengetahui mekanisme operasi dan hasil monitoring bendungan tersebut, peneliti juga mengambil contoh data pengoperasian bukaan pintu yang diharapkan dapat menjadi pembandingan antara mekanisme tersebut dengan sistem yang dibuat. Adapun data hasil pengoperasian yang diperoleh dari kegiatan monitoring petugas bendungan Batujai dapat dilihat pada tabel 4.7

Pada penelitian yang dilakukan, adapun beberapa faktor yang dapat mengganggu pengukuran ketinggian air waduk antara lain gelombang permukaan atau riak yang terjadi dipermukaan air waduk. hal ini dapat disebabkan oleh pergerakan angin. Dimana pergerakan angin dapat mempengaruhi sekitar 2% terhadap arus pada permukaan air waduk. gelombang permukaan tersebut dapat mengganggu kestabilan pembacaan air waduk karena hal tersebut dapat menggerakkan pelampung sehingga dapat memberikan informasi data pengukuran yang salah pada sensor. Sebagai alternatif mengurangi pengaruh riak air bendungan dapat dilakukan dengan menambahkan pipa pada sistem tersebut. Penambahan pipa dapat memperkecil riak sehingga diharapkan sensor dapat bekerja secara optimal.

