

## **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN KETINGGIAN AIR MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIC BERBASIS PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)**

Dendin Supriadi  
Teknik Otomasi Industri – Politeknik TEDC Bandung  
E-mail:

### **Abstrak**

Sensor Ultrasonic merupakan sensor yang bekerja dengan cara memancarkan suatu gelombang dan kemudian menghitung waktu pantulan gelombang tersebut. Waktu pantulan diolah oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan jarak, kemudian dengan menggunakan rangkaian DAC (*Digital Analog Converter*) akan dihasilkan tegangan analog. Tegangan Analog yang dihasilkan digunakan oleh PLC Omron CP1E-NA20DR-A untuk mengolah data dan membaca ketinggian air. Untuk monitoring dan interface control pada sistem ini digunakan HMI Omron NB7W-TW00B, sehingga semua kejadian yang terjadi pada sistem dapat langsung terkontrol dan termonitoring secara realtime. Sistem pengendalian ketinggian air ini memiliki dua control, yaitu control otomatis dan control manual. Ketinggian air antara set point yang ditetapkan, pembacaan sensor dan pengukuran manual dihasilkan error antara 0-5%. Sistem Pengendalian ketinggian air ini diperuntukkan untuk air jernih dengan ketinggian air minimal 8cm dan maksimum 30cm.

Kata kunci : Sensor Ultrasonic Ping Parallax, Ketinggian air, HMI (*HumanMachine Interface*) Omron NB7W-TW00B.

### **Abstract**

*Ultrasonic sensor is a sensor that works by emitting a wave and then calculate the time of the reflected wave. Reflection time is processed by the microcontroller to produce a distance, then by using a series DAC (Digital Analog Converter) will produce an analog voltage. Analog voltage generated is used by the PLC Omron CP1E-NA20DR-A for process the data and read the water level. Interface for monitoring and control systems used Omron HMI NB7W-TW00B, so that all the events that occur in the system can be directly controlled and monitored in real time. The water level control system has two controls, namely automatic control and manual control. Result level between the specified set point, sensor readings and manual measurement error is generated between 0 to 5%. Water level control system is designed for clear water with minimal water height 8cm and 30cm maximum.*

*Key words: Ultrasonic Sensor, Water Level, HMI (Human Machine Interface) Omron NB7W-TW00B*

### **1. Pendahuluan**

Ketinggian permukaan air merupakan suatu parameter yang banyak dipantau dan dianalisa perubahannya. Dalam industri perkembangan pengukuran memang tidak dapat dilepaskan. Pada umumnya industri membutuhkan keakuratan dalam pengukuran disetiap lini produksi. Pengukuran ketinggian atau level dan

kecepatan aliran atau *flow* merupakan beberapa hal vital yang harus diperhatikan. Dalam perkembangannya ketika akan mengukur kedalaman laut, gelombang ultrasonik dipancarkan dari sebuah kapal di atas permukaan air laut. Gelombang merambat dalam air sampai ke dasar laut. Kemudian, gelombang tersebut dipantulkan oleh dasar laut.

Gelombang ultrasonic yang terpantul akan terdeteksi oleh detector yang ada dikapal. Jika kecepatan perambatan gelombang ultrasonic dalam air diketahui dengan cara mengukur waktu yang diperlukan gelombang ketika dikirim dan ketika diterima kembali. Kelebihan dari sistem ini adalah dalam penggunaan sensor tersebut memiliki berbagai keuntungan dibandingkan dengan menggunakan sensor lain seperti elektroda, disamping hasil pengukuran yang lebih presisi, keuntungan yang lain adalah sensor dapat mengukur level ketinggian air tanpa harus bersentuhan dengan airnya sehingga kerusakan-kerusakan fisik seperti korosi atau kerusakan fisik lainnya dapat diminimalisir. Agar sistem ini dapat bekerja sesuai yang diinginkan, diperlukan sistem pengontrolan yang lebih baik terutama harus mempunyai keandalan yang tinggi. Sistem pengontrolan yang banyak diterapkan saat ini menggunakan sistem pengendalian berbasis PLC dan *Mikrokontroler*, kedua sistem ini memberikan kemudahan dalam melakukan pengontrolan. Cara kerja setiap *Input/Output Interface* di hubungan pada *Sensor/Actuator*. Diatur dengan program kontrol yang ditransfer kedalam PLC dan tampilan hasil pengukuran melalui HMI

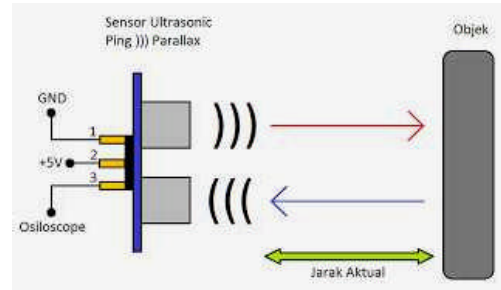
## 2. Landasan Teori

### 2.1 Transmitter

*Transmitter* adalah alat yang digunakan untuk mengubah perubahan sensing elemen dari sebuah sensor menjadi sinyal yang mampu diterjemahkan oleh kontroler. Sistem transmisi elektronik adalah transmisi menggunakan sinyal elektrik untuk mengirimkan sinyal. Pada umumnya range yang digunakan untuk transmisi ini adalah dalam bentuk tegangan sebesar 1-5  $V_{DC}$  atau 0-10 $V_{DC}$  dan dalam bentuk arus sebesar 4-20mA.

### 2.2 Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonic adalah sebuah sensor yang memanfaatkan pancaran gelombang ultrasonic. Sensor ultrasonic ini terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonic yang disebut transmitter dan rangkaian penerima ultrasonic disebut receiver output dari sensor ini berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak. Lebar pulsanya bervariasi dari 115 $\mu s$  sampai 18,5 ms. Sensor ultrasonic ping parallax terdiri dari sebuah chip pembangkit sinyal 40KHz, sebuah speaker ultrasonic dan sebuah mikrofon ultrasonic. Speaker ultrasonic mengubah sinyal 40 KHz menjadi suara sementara mikrofon ultrasonic berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya.



**Gambar 1.** Ilustrasi cara kerja sensor ultrasonic

DAC (*Digital to Analog Converter*) adalah suatu rangkaian elektronik yang berfungsi mengubah sinyal/data digital menjadi sinyal analog. Sistem menerima data digital sebagai sinyal masukan dan kemudian mengubahnya menjadi tegangan atau arus analog. Data digital dapat disajikan dalam berbagai macam sandi/kode, yang paling lazim digunakan adalah dalam bentuk kode biner murni atau kode decimal dalam bentuk biner (*Binary Code Decimal/BCD*).

### 2.3 Sistem Kontrol ON/OFF

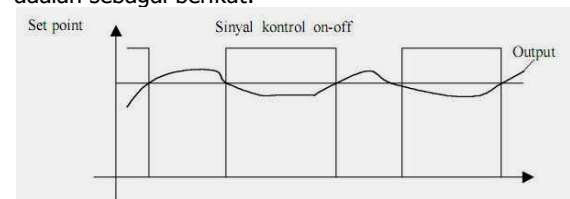
Pada sistem control dua posisi (*on/off*), elemenaktuator hanya mempunyai dua posisi yang tetap. Kontrol *on-off* ini banyak digunakan di industry karena murah dan sederhana. Sinyal control akan tetap pada satu keadaan dan akan berubah ke keadaan lainnya bergantung pada nilai *error* positif atau negatif.

$u(t)$  = sinyal kontrol  $e(t)$  = sinyal error

$u(t) = U_1$ ,  $e(t) > 0$

$= U_2$ ,  $e(t) < 0$

Kontroler dua posisi pada umumnya dijumpai pada komponen elektrik (*relay*) dan komponen pneumatic (katup dan silinder). Ilustrasi dari kontroler *on-off* adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.** Ilustrasi sinyal kontrol *on/off*

Dari gambar dapat diamati bahwa jika *output* lebih besar dari set point, aktuatur akan *off*. Output akan turun dengan sendirinya sehingga menyentuh *set point* lagi. Pada saat itu, sinyal control akan kembali *on* (aktuatur *on*) dan mengembalikan *output* kepada *set point*nya.

### 2.4 PLC (*Programmable Logic Controller*)

PLC adalah system elektronik yang beroperasi secara digital dan di desain untuk pemakaian di lingkungan

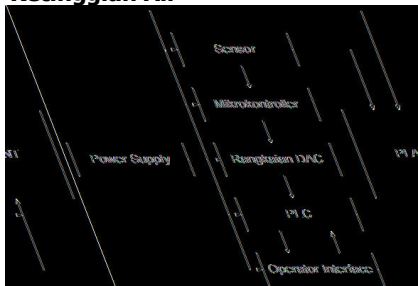
industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara *internal* instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti fungsi logika, fungsi urutan proses, fungsi waktu, fungsi pencacahan dan fungsi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O (Input/Output) digital maupun analog.

## 2.5 (HMI) Human Machine Interface

HMI adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status, baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time. Tujuan digunakannya HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara operator dan mesin melalui tampilan di layar monitor. Dalam industri manufaktur HMI dapat berupa suatu tampilan Graphic User Interface (GUI) pada layar monitor yang akan dihadapi oleh operator suatu mesin maupun pengguna yang membutuhkan data kerja mesin. HMI mempunyai kemampuan dalam hal visualisasi untuk monitoring dan data mesin yang terhubung secara langsung.

### 3. Perancangan Sistem

### 3.1 Konfigurasi Sistem Pengendalian Ketinggian Air



**Gambar 3.** Konfigurasi sistem pengendalian ketinggian air

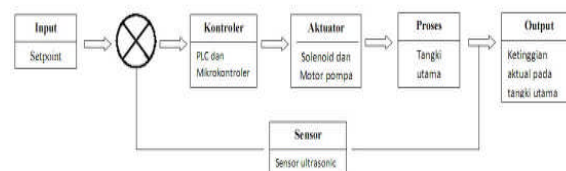
Berikut adalah penjelasan tentang blok diagram diatas:

- Setiap blok rangkaian akan bekerja apabila mendapat sumber tegangan dari *power supply*.
- Sensor digunakan untuk mendeteksi perubahan yang berada di lingkungan. Pada sistem ini sensor *ultrasonic* digunakan untuk membaca jarak ketinggian air yang terdapat pada tangki utama.
- Mikrokontroler digunakan untuk memproses sinyal yang dihasilkan sensor *ultrasonic* dan mengolahnya dalam program. Selain itu *output*

dari mikrokontroler akan menjadi *display* yang ditampilkan oleh LCD.

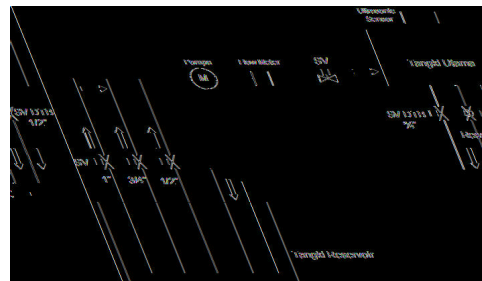
- d. Rangkaian DAC (*Digital Analog Converter*) digunakan untuk mengolah data yang dihasilkan oleh 10 *port output* mikrokontroller, karena yang digunakan adalah DAC 10 bit. Dari rangkaian DAC ini akan dihasilkan *output* berupa tegangan analog.
- e. *Input Analog* PLC digunakan untuk mengolah sinyal tegangan analog yang dihasilkan sensor. Output PLC digunakan untuk mengontrol komponen output sesungguhnya seperti motor pompa, dan solenoid.
- f. Operator Interface digunakan untuk ini mengontrol dan memonitoring semua kegiatan yang terdapat pada sistem. Mulai dari mengaktifkan kontrol, input set point, setting parameter, dan monitoring sistem.

### 3.2 Blok Diagram Sistem

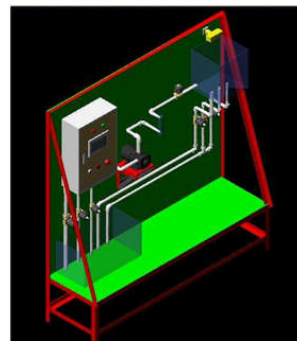


**Gambar 4.** Blok diagram sistem kendali pengontrolan ketinggian air

### 3.3 Sketsa dan Desain Plant



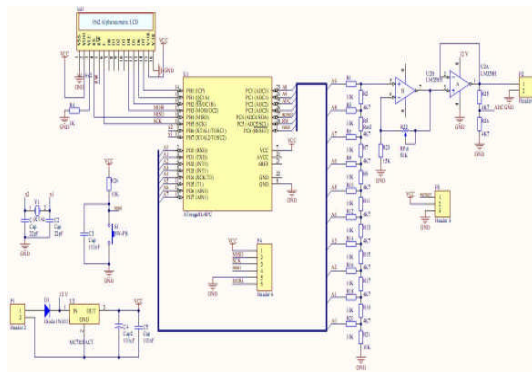
**Gambar 5.** Diagram skematik sistem pengendalian air



**Gambar 6.** Desain sistem keseluruhan

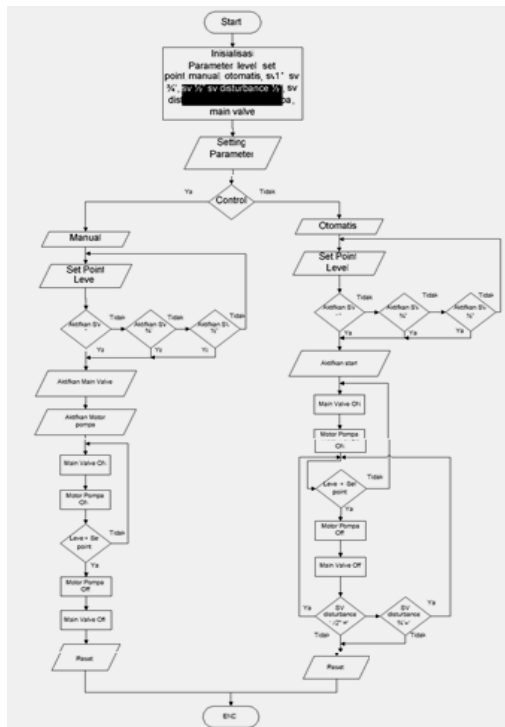
### 3.4 Rangkaian Transmitter

Rangkaian *transmitter* digunakan untuk mengubah sensor jarak *ultrasonic* yang mengeluarkan sinyal dalam besaran waktu menjadi sinyal analog berupa tegangan yang diolah melalui program mikrokontroler dan rangkaian DAC (*Digital Analog Converter*). Dengan menggunakan pengolahan data pada mikrokontroler dan rangkaian DAC 10 bit diharapkan hasil tegangan dengan akurat dan linier dari setiap kenaikan ketinggian air.



Gambar 7. Rangkaian transmitter ultrasonic

### 3.5 Blok diagram sistem



Gambar 8. Blok diagram sistem

### Pengujian dan Analisa

#### 1. Pengujian Rangkaian Transmitter dan Akurasi Data

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui korelasi dan tingkat presisi rangkaian *transmitter ultrasonic*. Pengujian ini meliputi pengukuran tegangan keluaran rangkaian *transmitter ultrasonic*, pengukuran ketinggian air pada tangki utama, dan nilai data yang terbaca oleh PLC dan ditampilkan pada HMI. Berikut adalah hasil pengukuran rangkaian *transmitter*:

Tabel 1. Pengujian Rangkaian Transmitter

| Level Actual | Vo   | Nilai data | Σ Vo  | Σ Nilai data |
|--------------|------|------------|-------|--------------|
| 0            | 2.95 | 1778       | 2.95  | 1778         |
| 5            | 2.95 | 1778       | 5.90  | 3556         |
| 10           | 4.91 | 2966       | 10.81 | 5944         |
| 15           | 4.91 | 2966       | 15.72 | 8910         |
| 20           | 5.92 | 3665       | 21.64 | 12575        |
| 25           | 5.92 | 3665       | 27.56 | 16240        |
| 30           | 6.92 | 4360       | 34.48 | 20905        |
| 35           | 6.92 | 4360       | 41.40 | 25570        |
| 40           | 7.85 | 4719       | 49.25 | 30285        |
| 45           | 7.85 | 4719       | 57.10 | 35000        |
| 50           | 8.81 | 5331       | 65.91 | 39715        |
| 55           | 8.81 | 5331       | 74.72 | 44430        |

Keterangan:

- Level actual = ketinggian actual pada tangki utama
- Vo = Output tegangan transmitter
- Nilai data = nilai hasil konversi hexa kedesimal yang terbaca oleh PLC

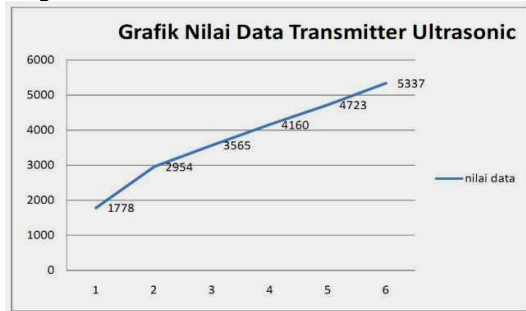
Vo = nilai rata-rata tegangan

Nilai data = nilai rata-rata data

#### 2. Analisa data

Dari percobaan tersebut nilai data yang dihasilkan ketika tangki pada level 0 cm adalah 1778. Nilai decimal untuk range tegangan analog antara 0-10 adalah 0-6000, yang berarti untuk setiap kenaikan 1volt adalah 600. Pada rangkaian transmitter yang digunakan setiap kenaikan 1cm menghasilkan tegangan 0,2 volt dan untuk 5cm menghasilkan 1volt, namun terdapat beberapa titik jarak yang tegangannya tidak stabil, hal itu dapat dilihat dari nilai data dan nilai tegangan yang dihasilkan berubah-ubah, Dan hal itu menunjukkan bahwa rangkaian transmitter yang digunakan cukup stabil dan linier tetapi masih terdapat error dengan range antara 0 - 5%. Berikut adalah grafik yang dihasilkan dari tabel

pengujian, dan dapat dilihat dari garis grafik yang menunjukkan linieritas tegangan yang dihasilkan rangkaian transmitter ultrasonic.



Gambar 9. Grafik Tegangan Transmitter Ultrasonic

## Penutup

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diberikan dimulai dari perancangan, pembuatan, pengujian dan analisa, penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk merancang sebuah transmitter ultrasonic digunakan modul sensor *ultrasonic* kemudian diproses melalui mikrokontroler sehingga dapat menampilkan jarak yang terukur, dan dengan menggunakan rangkaian DAC (*Digital Analog Converter*) hasil data diubah menjadi sinyal tegangan *analog*. Data analog yang dihasilkan memiliki nilai akurasi dan linieritas cukup baik dengan rata-rata kenaikan 0,2volt/cm.
- Konfigurasi sistem kendali pada proses pengolahan data *analog* yang dihasilkan sensor *ultrasonic* dalam sistem pengontrolan *level* air ini dapat bekerja dengan cukup baik. Dimana perancangan *Hardware* dan *Software* dapat terintegrasi dengan baik melalui sebuah algoritma kontrol yang kemudian di realisasikan kinerja dan prosesnya menggunakan pengontrolan berbasis PLC. Dengan menggunakan beberapa instruksi *special* tambahan yang digunakan, maka baik kontrol manual maupun otomatis dapat bekerja sesuai.
- Perangkat HMI (*Human Machine Interface*) yang digunakan untuk konfigurasi operator interface dan perangkat terkoneksi baik dengan perangkat kontroler yang digunakan yaitu PLC. Dengan adanya HMI, proses berupa pengendali, *monitoring* dan visualisasi status dapat terlihat langsung dan bersifat *real time*. Sehingga proses kendali system termasuk *input set point*, *setting parameter*, dan *monitoring* yang terdapat

pada sistem pengontrolan level ini dapat dilakukan melalui perangkat HMI.

### 2. Saran

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan saran yang mungkin berguna khususnya bagi pembaca yang ingin mengembangkan alat ini.

- Untuk penyempurnaan plan dapat dilakukan dengan menambahkan *flow sensor* sehingga kecepatan aliran dapat terdeteksi secara akurat dan *real time*, *motorized valve* sehingga pembukaan keluaran air dari pompa dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Dan pada *transmitter* disempurnakan kembali untuk menekan nilai *error* yang dihasilkan agar tingkat akurasi lebih tinggi.
- Untuk mekanik, diharapkan dapat menyempurnakannya menjadi lebih baik terutama pada tangki utama, dan posisi sensor agar proses dapat berjalan dengan lebih lancar dan sesuai dengan yang diinginkan.

### Daftar Pustaka

- Budiharto.Widodo. Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR. Elex Media, Jakarta. Ogata,Katsuhiko. 2006. Teknik Kontrol Automatik.
- Petruzella, D.Frank. 1996. *Elektronika Industri*. Yogyakarta. Andy Yogyakarta. Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori Dasar Dan Penerapannya*. Bandung ,ITB,
- <http://berderet.blogspot.com/2013/03/pemrograman-bahasa-c-untuk.html>
- <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/operasional-amplifier-op-amp-sebagai-buffer/>
- <http://kharisgun.blogspot.com/2012/05/proyek-berbasis-atmega8.html#ixzz2W5gP3x5M>
- <http://plc-logger.blogspot.com/2012/06/plc-programmable-logic-controller.html>
- [http://www.omron.co.id/downloads/pdf\\_listing1.asp?product\\_model=CP1E&catlvl=42](http://www.omron.co.id/downloads/pdf_listing1.asp?product_model=CP1E&catlvl=42)
- [http://www.omron.co.id/downloads/pdf\\_listing.asp?product\\_model=NBSeries&catlvl=201](http://www.omron.co.id/downloads/pdf_listing.asp?product_model=NBSeries&catlvl=201)