

## PERANCANGAN PENGEMBANGAN PID KONTROL PADA MONITORING PENGENDALIAN KETINGGIAN AIR BERBASIS PLC CP1E-NA20DR-A

Anang Murdiyanto<sup>1)</sup>, Dendin Supriadi<sup>2)</sup>

<sup>1)-2)</sup> Teknik Otomasi, Politeknik TEDC Bandung

Email: anangmurdiyanto26@gmail.com<sup>1)</sup>, sdendin@gmail.com<sup>2)</sup>

### Abstrak

Kendali ketinggian air biasa ditemui di dunia industri, salah satunya digunakan pada penentuan ketinggian air pengisian tangki. Dengan adanya kendali ketinggian air, pengisian air yang berlebih bisa diatasi. Salah satu cara merancang kendali ketinggian air bisa dengan menggunakan kendali PID (*Proportional Integral Derivative*). Tegangan *analog* yang dihasilkan oleh pembacaan sensor ketinggian air digunakan oleh PLC Omron CP1E-NA20DR-A untuk mengolah data dan membaca ketinggian air, sedangkan keluaran tegangan *analog* PLC Omron CP1E-NA20DR-A digunakan untuk mengontrol kecepatan motor pompa air dengan menggunakan inverter. Kecepatan pompa air diukur dengan menggunakan rotary encoder. Untuk monitoring dan kontrol antarmuka pada sistem ini digunakan *Human Machine Interface (HMI)* Omron NB7W-TW00B, sehingga semua kejadian yang terjadi pada sistem dapat langsung terkontrol dan termonitor secara *realtime*, sehingga kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam pengisian air ke dalam tangki bisa diminimalisir. Terdapat tombol *emergency* dan tombol *master on* sebagai sistem proteksi. *Tuning auto* yang digunakan pada PID kontrol, dapat beroperasi dengan baik.

**Kata Kunci:** kontrol PID, ketinggian air, inverter, rotary encoder

### Abstract

Water level control is usually found in the industrial world, one of them is used in determining the water level filling the tank. With the water level control, filling excessive water can be solved. One of the way to design water level control can use PID (*Proportional Integral Derivative*) controller. Analog voltage generated by the reading sensor of the water level used by the PLC Omron CP1E-NA20DR-A for process the data and read the water level, while the analog voltage output of the PLC Omron CP1E-NA20DR-A is used to control the speed of the motor water pump by using the inverter. Water pump speed is measured by using a rotary encoder. 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 realtime, so the errors that occur in filling the water into the tank can be minimized. There are emergency and master on as protection system. *Tuning auto* used in PID control, can operate properly.

**Keywords:** PID control, water level, inverter, rotary encoder

## I. PENDAHULUAN

Otomatisasi industri merupakan hal yang sangat mutlak dilakukan pada industri saat ini demi memperkecil biaya produksi dan meningkatkan kualitas serta kuantitas produksi. Otomatisasi industri tentunya tidak terlepas dari sistem kontrol. Perkembangan teknologi sistem pengendalian pada saat ini telah sedemikian pesatnya, seiring tuntutan manusia yang ingin mengotomatiskan semua peralatan yang ada. Sistem pengendalian yang ada di industri sudah banyak menggunakan yang lebih canggih sehingga dalam proses produksinya suatu pabrik bisa lebih efektif dan efisien.

Menurut survei Miller (2000), mengungkapkan bahwa: 97% industri yang bergerak dalam bidang proses (seperti industri kimia, pulp, makanan, minyak

dan gas) menggunakan PID sebagai komponen utama dalam pengontrolannya.

Berdasarkan survei diatas PID (*Proporsional Integral Derivative*) kontrol saat ini banyak dipakai dan dikembangkan dalam dunia industri.

Menurut jurnal Suhendra dkk (2014) dalam penelitiannya mengenai "Perancangan Alat Pengendalian Frekuensi Dalam Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Kontrol PID" mengungkapkan bahwa pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa menggunakan kontrol PID dengan cara pengendalian frekuensinya.

Berdasarkan penelitian diatas dengan menggunakan pengendalian PID respon berputarnya motor induksi tiga fasa akan meningkat, sehingga semakin kecil waktu yang dihasilkan PID dalam mencapai titik

kestabilan referensi yang mengakibatkan mesin akan semakin efektif dan efisien.

Menurut Nurjanah (2013) dalam penelitiannya mengenai "Sistem Pengendalian Ketinggian Air Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis PLC" mengungkapkan bahwa, sensor yang dipakai untuk mengukur ketinggian adalah sensor ultrasonic, 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. Sistem pengendalian ketinggian air ini memiliki dua kontrol, yaitu kontrol otomatis dan kontrol manual.

Berdasarkan penelitian di atas, *Trainer monitoring water level* sebagai media pembelajaran/*trainer* mahasiswa/i masih perlu dikembangkan, salah satunya mengembangkan sistem pengontrolannya. Sistem pengendalian pendistribusian air yang diterapkan pada *trainer monitoring water level* menggunakan sistem kontrol *on-off*. Sebagai media pembelajaran/*trainer* tentunya *plant* tersebut harus dimanfaatkan dengan mengembangkan sistem pengontrolannya.

Pengendalian menggunakan PID akan memberikan aksi kepada aktuator berdasarkan besar *error* yang diperoleh. Agar PID kontrol dapat bekerja sesuai yang diinginkan, diperlukan sistem pengendalian yang mempunyai keandalan yang tinggi. Untuk mendukung PID kontrol dapat diterapkan, dapat menggunakan sistem pengendalian berbasis PLC dan *Microcontroller*, kedua kontroler ini memberikan kemudahan dalam melakukan pengendalian. Diatur dengan program kontrol yang ditransfer kedalam PLC dan tampilan hasil pengukuran melalui HMI (*Human Machine Interface*).

Berdasarkan perkembangan sistem pengendalian dalam dunia industri, maka penulis berkeinginan untuk menambahkan PID kontrol pada *plant monitoring water level* dengan menambahkan inverter untuk mengatur kecepatan pompa air agar aliran air sesuai yang dibutuhkan dan rotary encoder untuk mengukur kecepatan pompa air dengan semua proses dimonitor oleh HMI.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan pada perancangan sistem PID pada monitoring pengendalian ketinggian air berbasis PLC adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang pengembangan PID kontrol pada monitoring pengendalian ketinggian air?

2. Bagaimana implementasi dan pengujian pengembangan PID kontrol pada monitoring pengendalian ketinggian air berbasis PLC?

### Batasan Masalah

Mengacu pada hal diatas penulis membatasi masalah pada perancangan PID kontrol pada monitoring pengendalian ketinggian air berbasis PLC sebagai berikut:

1. Menambahkan PID kontrol dengan *auto tuning* pada sistem pengontrolan alat.
2. Pengontrolan kecepatan *water pump* 3 fasa menggunakan inverter.
3. Pengukuran kecepatan *water pump* 3 fasa menggunakan rotary encoder.
4. Perancangan monitoring pada HMI.

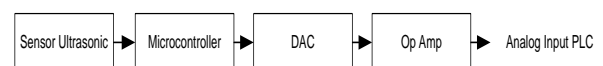
### Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah yang dikemukakan oleh penulis di atas, tujuan penelitian ini yaitu untuk merancang dan membuat pengembangan PID kontrol pada monitoring pengendalian ketinggian air berbasis PLC, sehingga metode pengontrolan alat lebih bervariasi.

## II. LANDASAN TEORI

### Sensor Ketinggian Air

Sensor ketinggian air yang digunakan didalam sistem ini merupakan rancangan dari sensor *ultrasonic ping palallax*, DAC, *non inverting amplifier*, rangkaian *buffer*, dan *microcontroller Atmega 8*. Dengan menggunakan *microcontroller* dan rangkaian DAC (*Digital Analog Converter*), sinyal besaran waktu dikonversi menjadi sinyal besaran tegangan. Setelah melalui penguatan sinyal pada rangkaian *Op Amp* dan telah melalui pengolahan sinyal pada *microcontroller* dan rangkaian DAC, maka sinyal analog dapat difungsikan sebagai input analog pada PLC sebagai nilai yang dapat diolah untuk pengendalian ketinggian permukaan air. Geterus (1994), menyatakan bahwa Pengendalian proses dapat digambarkan dalam bentuk diagram kotak simbolis pada **Gambar 1**, dimana tiap elemen pada sistem digambarkan oleh tiap kotak



**Gambar 1.** Diagram pengolahan sinyal sensor ketinggian air

### Rotary Encoder

*Rotary encoder* atau yang sering disebut dengan *encoder* adalah sebuah perangkat elektro mekanik yang dapat mengubah posisi sudut atau pergerakan sebuah poros menjadi kode analog atau digital.



**Gambar 2.** Rotary encoder yumo e6b2-cwz3e (Omron, Coop. 2014)

Pada penelitian ini, penulis menggunakan *encoder* adalah *Yumo E6B2-CWZ3E*. Encoder ini beroperasi dengan suplay tegangan 5 V/12 V, dan mempunyai 3 *voltage output*. Dengan menggunakan encoder ini dalam perancangan sistem, tidak perlu lagi menggunakan *transmitter* karena data *output encoder* sudah dapat diolah oleh input analog PLC.

### **Programmable Logic Controller**

*Programmable Logic Controller* (PLC) adalah sebuah perangkat kendali logika yang dapat diprogram. Perangkat ini dapat digunakan untuk kendali logika, aritmatika, pengolahan data (konversi, perbandingan, dll), pemrosesan sinyal, dan kendali teknologi tingkat tinggi.



**Gambar 3.** PLC Omron CP1E-NA20DR-A (Omron, Coop. 2014)

Pada penelitian ini, penulis menggunakan PLC Omron CP1E-NA20DR-A. SYSMAC CP1E *Programmable Controller* adalah PLC yang dibuat OMRON yang didesain untuk aplikasi sederhana. CP1E Tipe NA (*Built in Analog*) tersedia dalam 20 I/O dengan 12 *Input* (10 input digital dan 2 input analog) dan 8 *Output* (7 output analog dan 1 output Analog).

### **Human Machine Interface**

HMI (*Human Machine Interface*) merupakan suatu perangkat antarmuka manusia dan mesin. HMI dapat menginterpretasikan sistem dengan tampilan grafis dan dapat meminimalisir perangkat *input* fisik. Prinsip kerja HMI adalah setiap komponen yang tersedia ketika memprogram HMI dapat mengakses memori dari PLC sehingga setiap komponen dapat merubah nilai pada memori PLC.

Pada sistem ini, HMI yang digunakan adalah HMI Omron NB7W-TW00B. layar sentuh dengan resolusi 1024 x 1024. HMI ini diprogram menggunakan perangkat lunak *NB-Designer*. Langkah pertama adalah dengan mengatur konfigurasi komunikasi antara HMI dan PLC, setelah konfigurasi selesai, maka dilakukan pengaturan komponen pada layar dan menetapkan akses data memori setiap komponen, setelah itu program *dicompile* dan diunduh ke perangkat HMI.

### **Solenoid Valve**

*Solenoid valve* adalah katup yang digerakan oleh energi listrik. Prinsip kerja dari *solenoid valve*/katup (*valve*) solenoida yaitu ketika koil mendapat suplay tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya, ketika piston berpindah posisi maka saluran masukan dengan keluaran akan terhubung/terbuka.



**Gambar 4.** Solenoid valve

### **Pompa**

Pompa adalah mesin yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi tekan. Pompa digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Pompa yang akan dipakai dalam perancangan ini adalah pompa sentrifugal dengan penggerak motor 3 fasa.



**Gambar 5.** Pompa air

### **Inverter**

*Inverter* seringkali disebut sebagai *Variabel Speed Drive* (VSD) atau *Variable Frequency Drive* (VFD). Prinsip kerja *inverter* adalah mengubah input motor (listrik AC) menjadi DC dan kemudian dijadikan AC lagi dengan frekuensi yang dikehendaki sehingga

motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.



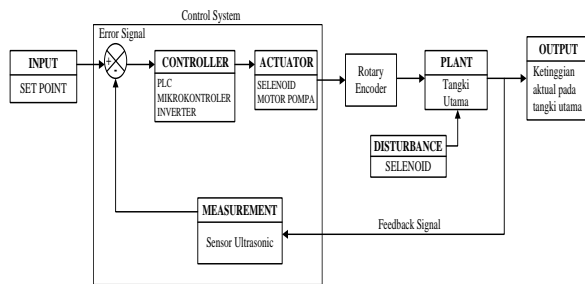
**Gambar 6.** Inverter Danfoss VLT 2800 (Danfoss, 2019)

Pada sistem ini, inverter yang akan digunakan adalah inverter Danfoss VLT 2800 195N1003 0,55 KW 1,7 A buatan Denmark.

**III. PERANCANGAN SISTEM**

**Blok Diagram Sistem**

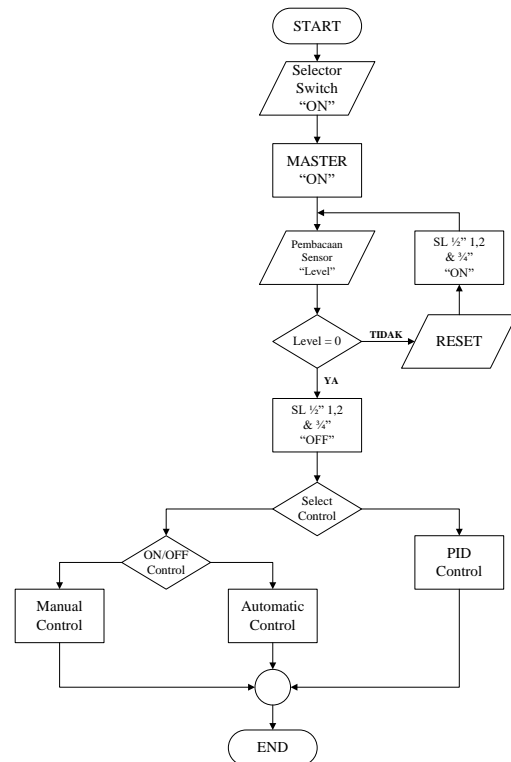
Plant pengendalian ketinggian air berfungsi untuk mempertahankan ketinggian aktual pada tangki utama sesuai dengan *set-point*. Level air yang telah di atur sesuai *Set-point* akan terus menerus mempertahankan keadaannya meskipun ada *disturbance*.



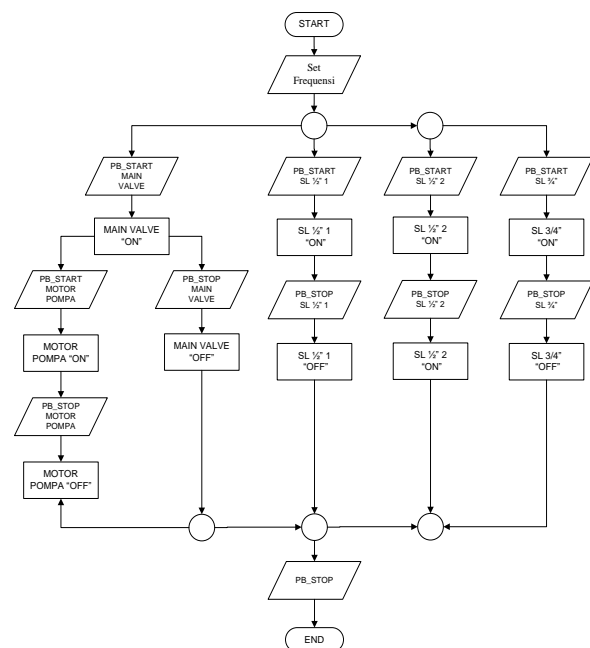
**Gambar 7.** Blok diagram sistem (Cahaya Sumirat PT, 2014)

Gambar 3 memperlihatkan mengenai blok diagram sistem kendali pengontrolan ketinggian air. *Input set-point* menjadi *referensi* dari kontrol untuk mencapai ketinggian air pada tangki utama. Pembacaan sensor akan memberikan informasi kepada kontrol berapa besar *error*. Kontrol sistem akan mengolah data besar *error* yang terjadi, dan kontrol sistem juga memberikan sinyal pada *aktuator* berapa besar *output* yang harus dicapai.

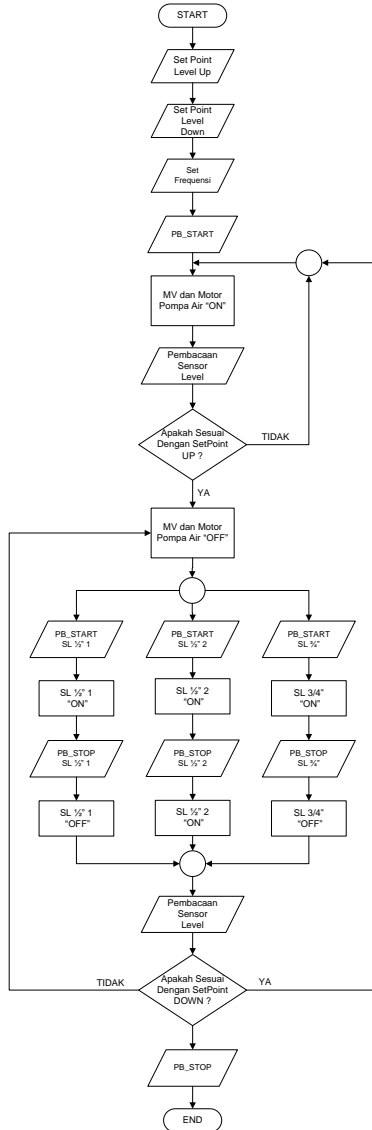
**Flowchart Sistem**



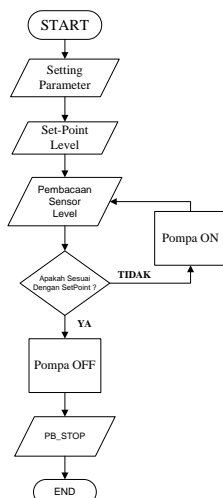
**Gambar 8.** Flowchart control system



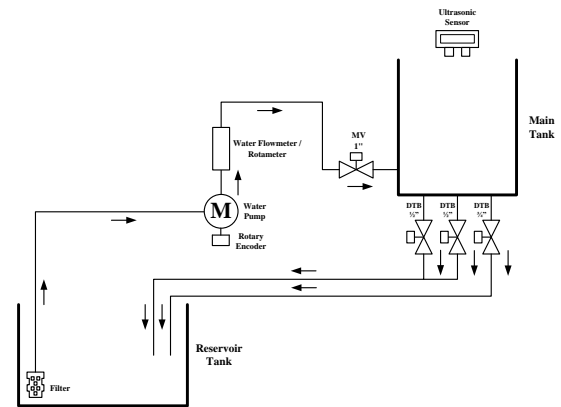
**Gambar 9.** Flowchart manual control system



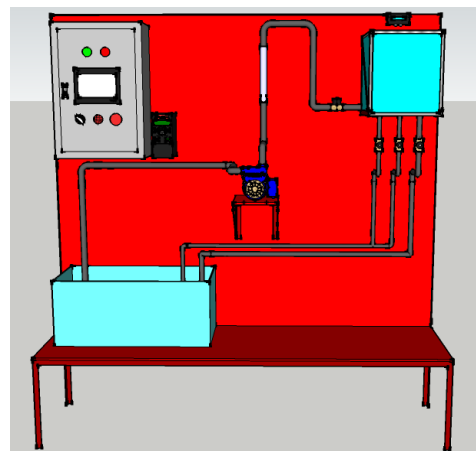
Gambar 10. Flowchart automatic control system



Gambar 11. Flowchart pid control system sketsa plant



Gambar 12. Diagram skematik sistem pengendalian ketinggian air



Gambar 13. Desain sistem pengendalian ketinggian air tampak depan

**Perancangan Parameter Inverter**

Dalam penggunaan inverter, setting parameter sangatlah penting. Hal ini dilakukan untuk mengoperasikan inverter tersebut. Tabel merupakan parameter yang disetting pada inverter:

Tabel 1. Pengaturan parameter inverter

No	Parameter	Name	Setting
1	2	Operator site	0
2	4	Actie Setup	5
3	13	Loc ctrl/config.	2
4	18	Data change lock	1
5	20	Hand operation	0
6	100	Configuration	0
7	101	Torque charact	3
8	102	Motor power	0,42
9	103	Motor voltage	380
10	104	Motor frequency	50
11	105	Motor Current	2,35

12	106	Motor nom. Speed	3000
13	120	Start delay	0
14	200	Out freq mg/rot	0
15	201	Min Output freq	0
16	202	Max Output Freq	50
17	203	Reference range	0
18	204	Min reference	0
19	205	Max referance	50
20	302	Digital input 18	7
21	303	Digital input 19	10
22	304	Digital input 27	11
23	308	Analog input 53 (V)	1
24	309	Analog input scale low	0
25	310	Analog input scale high	10
26	314	Analog input 60 (mA)	0

**Perancangan Sistem Kendali HMI**

1. *Display attention*

Bagian ini merupakan tampilan awal dari HMI untuk pemberitahuan yang akan menjalankan alat.



**Gambar 14.** Perancangan *display attention* pada HMI

2. *Display cover*

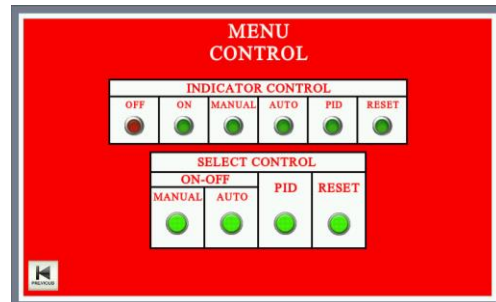
Bagian ini merupakan tampilan *cover* dari *system control water level using ultrasonic sensor based PLC*.



**Gambar 15.** Perancangan *display cover* pada HMI

3. *Display menu control*

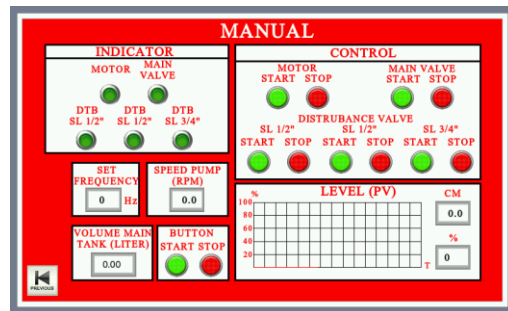
Bagian ini merupakan tampilan *menu control* dari *system control water level using ultrasonic sensor based PLC*. Terdapat *indicator control* dan *select control* dibagian tampilan ini. Operator diharuskan memilih salah satu *option control* untuk mengoperasikan alat ini.



**Gambar 16.** Perancangan *display menu control* pada HMI

4. *Display manual control*

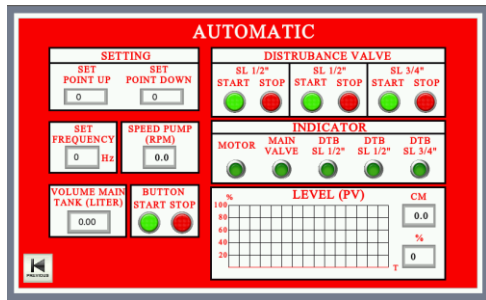
Bagian ini merupakan tampilan *manual control* dari *system control water level using ultrasonic sensor based PLC*. Terdapat *indicator control*, *setting frequency*, *control*, tampilan ketinggian air (cm, %, dan volume), tampilan kecepatan motor pompa, dan grafik level air. Operator dapat mengatur *frequency* setelah/sebelum kontrol aktif.



**Gambar 17.** Perancangan *display manual control* pada HMI

5. *Display automatic control*

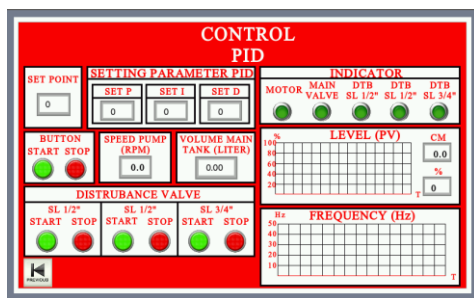
Bagian ini merupakan tampilan *automatic control* dari *system control water level using ultrasonic sensor based PLC*. Terdapat *indicator control*, *set point up*, *set point down*, *setting frequency*, *control disturbance valve*, tampilan ketinggian air (cm, %, dan volume), tampilan kecepatan motor pompa, dan grafik level air.



**Gambar 18.** Perancangan *display automatic control* pada HMI

6. *Display control PID*

Bagian ini merupakan tampilan *PID control* dari *system control water level using ultrasonic sensor based PLC*. Terdapat *indicator control*, *set point*, *setting parameter PID*, *control disturbance valve*, tampilan ketinggian air (cm, %, dan volume), tampilan kecepatan motor pompa, grafik level air, dan grafik *frequency* motor pompa air.



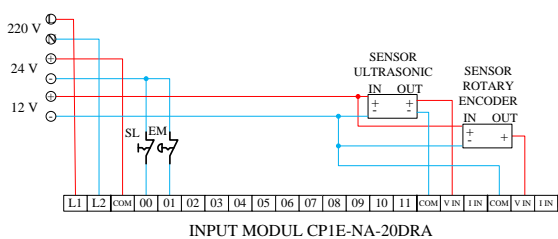
**Gambar 19.** Perancangan *display pid control* pada HMI

**Perancangan Sistem Kendali PLC**

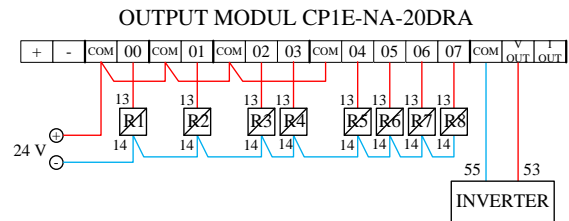
Sistem kontrol pada sistem pengendalian ketinggian air ini penulis menggunakan PLC Omron CP1E-NA20DR-A. CP1E Tipe NA (*Built in Analog*) tersedia dalam 20 I/O dengan 12 *Input* (10 *input digital* dan 2 *input analog*) dan 8 *Output* (7 *output digital* dan 1 *output Analog*).

Langkah – langkah perancangan sistem kendali PLC sebagai berikut:

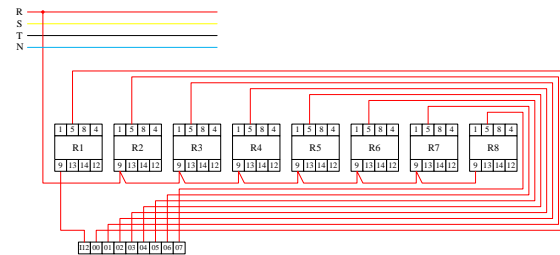
1. Identifikasi penggunaan I/O
2. Pengalamatan PLC
3. *Desain Wiring* PLC



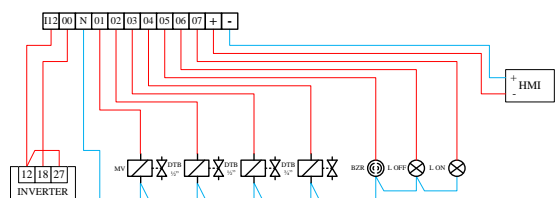
**Gambar 20.** *Wiring input* PLC



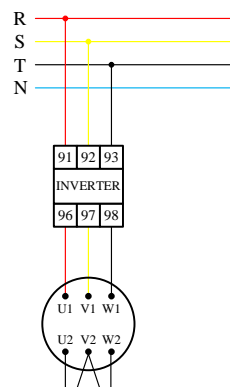
**Gambar 21.** *Wiring output* PLC



**Gambar 22.** *Wiring rangkaian daya relay*



**Gambar 22.** *Wiring output* sistem



**Gambar 23.** *Wiring daya* motor

**IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN**  
**Implementasi Sistem Pengendalian Ketinggian Air**

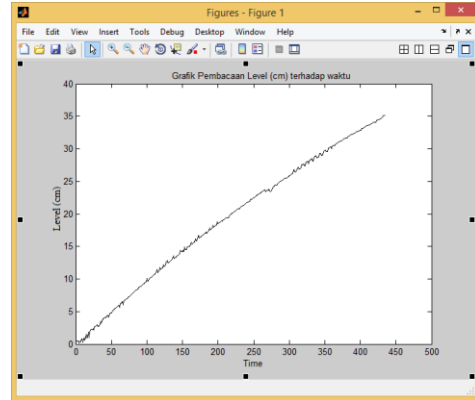


**Gambar 24.** Sistem pengendalian ketinggian air

### Implementasi Kontrol PID

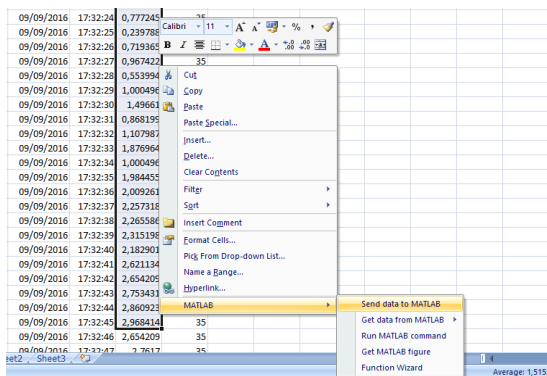
#### Pengambilan data pada plant

Pengambilan data pada tahap perancangan merupakan tahapan awal yang harus dilakukan karena perbaikan sistem membutuhkan karakteristik dari sistem, maka dari data tersebut akan diolah menjadi nilai matematik. Pengambilan data yang dilakukan oleh penulis menggunakan bantuan software cx-Supervisor, dimana data diambil dari *data loggin*. Data yang diambil merupakan data sistem *open loop* yang diberikan *set input*, *input* berupa kecepatan aliran air dimana kecepatan diatur 25 Hz maka akan terjadi perubahan ketinggian air pada sistem dengan perubahan ketinggian dari 0 cm sampai 35 cm. Kemudian *data logging* yang tersimpan kemudian dirubah ke data excel yang kemudian di kirim ke software MATLAB.



Gambar 26. Grafik hasil pengambilan data *level* terhadap waktu

Berdasarkan data tersebut, dengan menggunakan *system identification toolbox* didapat grafik dengan kesesuaian data hasil rekaman adalah 98,09%. Berdasarkan data tersebut juga penulis menemukan model matematis *plant*.



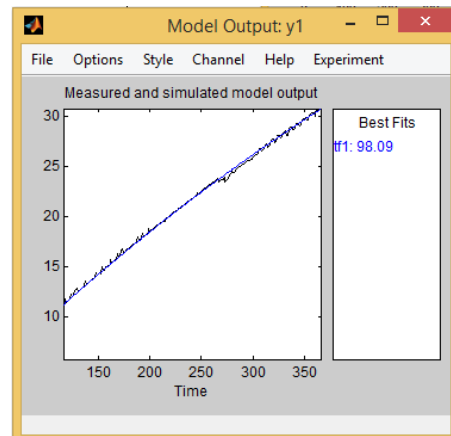
Gambar 25. Pengambilan data dari *plant*

#### Pemodelan Matematik dan Perancangan Model Kontrol

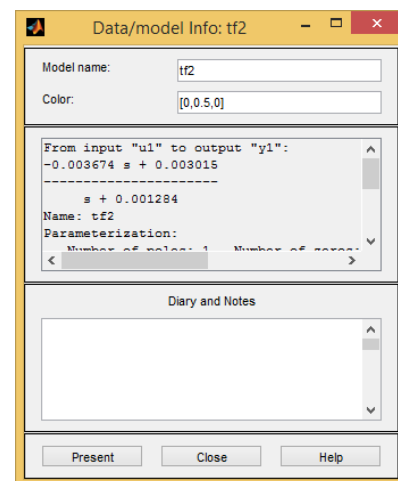
Thomas Hartanto & Agung, (2003), menyatakan bahwa Pemodelan matematik dapat dikatakan pula sebagai identifikasi sistem dimana kita mencari nilai matematik yang nantinya akan digunakan sebagai perancangan model kontrol tahapan tersebut dilakukan untuk memudahkan mencari nilai – nilai dan karakter *plant* yang dirancang.

#### Identifikasi Sistem

Berdasarkan data dari hasil perekaman, data yang direkam merupakan data hubungan antara step level terhadap perubahan waktu. Berikut merupakan grafik data yang berhasil direkam



Gambar 27. Kesesuaian data model *output*



Gambar 28. Model matematis *plant*



Berikut persamaan timing grafik, menurut Hartanto & Agung (2003):

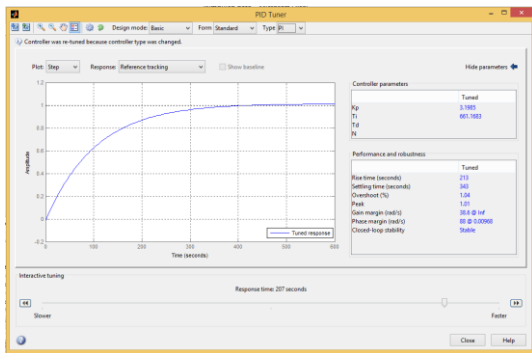
$$G_s = \frac{-0.003674 s + 0.003015}{s + 0.001284} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan telah di temukannya transfer function maka dapat di *tuning* dengan *otomatik tuning* PID *controller*.

**Automatic Tuning PID Controller.**

*Automatic tuning PID controller* merupakan salah satu fitur yang dapat membantu menentukan nilai Kp, Ti, Td. Pada fitur ini controller dapat memilih control mana yang cocok pada plant.

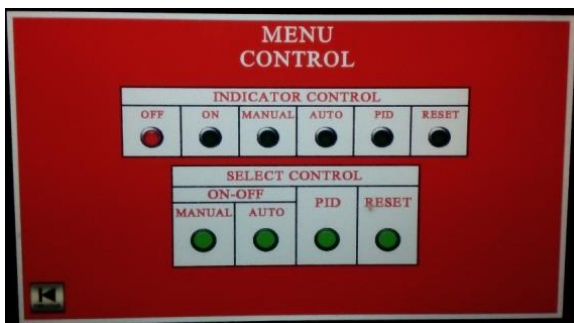
Dalam plant ini penulis memakai kontrol PI dengan nilai dan grafik seperti pada gambar.



Gambar 29. Automatic Tuning PID

**Pengujian Sistem Pengujian pemilihan mode control**

Pada pengujian ini, *menu control* difungsikan untuk memilih *mode control* mana yang akan dipakai. Pada pengujian ini juga menguji indikator kontrol.



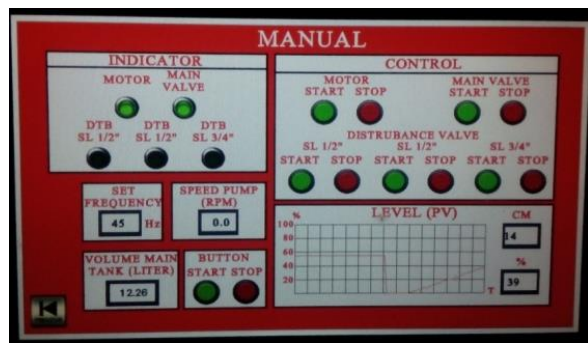
Gambar 30. Pengujian menu kontrol

Tabel 2. Pengujian menu kontrol

No	Component	Action	Reaction
1	Tombol <i>manual</i>	Ditekan	Pindah pada tampilan <i>manual control</i>
2	Tombol <i>auto</i>	Ditekan	Pindah pada tampilan <i>automatic control</i>
3	Tombol PID	Ditekan	Pindah pada tampilan <i>PID control</i>
4	Tombol <i>reset</i>	Ditekan	1. meriset sitem keseluruhan 2. <i>indicator reset active</i>
5	<i>Selector switch</i>	Diputar	1. <i>Master on active</i> 2. <i>Indicator OFF active</i>
6	<i>Emergency switch</i>	Ditekan	1. Semua sistem dimatikan 2. <i>Indicator off blinking</i>

**Pengujian Sistem Kontrol ON-OFF Manual**

Pada pengujian ini, sistem kontrol *ON-OFF manual* difungsikan untuk menjalankan mesin secara manual.

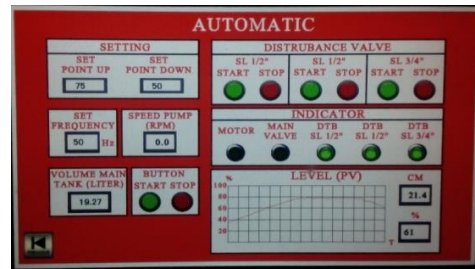


Gambar 31. Pengujian manual kontrol

Tabel 3. Pengujian manual kontrol

No	Component	Action	Reaction
1	Tombol <i>start</i>	Ditekan	1. <i>Control ON-OFF manual active.</i> 2. <i>Indicator manual</i> pada tampilan <i>menu control active.</i> 3. <i>Set frequency active.</i> 4. <i>Level cm, level %, level volume, speed pump, grafik level active</i> sesuai pembacaan <i>real.</i>
2	Tombol <i>stop</i>	Ditekan	1. <i>Control manual non-active.</i> 2. <i>Indicator manual</i> pada tampilan <i>menu control non-active.</i> 3. <i>Set frequency, level</i>

			% , level cm, level volume, grafik level non-active.
3	Tombol motor start	Ditekan	1. Water pump active. 2. Indicator motor active.
4	Tombol motor stop	Ditekan	1. Water pump non-active. 2. Indicator motor non-active.
5	Tombol main valve start	Ditekan	1. Main start active. 2. Indicator main valve active.
6	Tombol main valve stop	Ditekan	1. Main valve non-active. 2. Indicator main valve non-active.
7	Tombol disturbance valve 1/2" start	Ditekan	1. Disturbance valve 1/2" active. 2. Indicator disturbance valve 1/2" valve active.
8	Tombol disturbance valve 1/2" stop	Ditekan	1. Disturbance valve 1/2" non-active. 2. Indicator disturbance valve 1/2" valve non-active.
9	Tombol disturbance valve 1/2" start	Ditekan	1. Disturbance valve 1/2" active. 2. Indicator disturbance valve 1/2" valve active.
10	Tombol disturbance valve 1/2" stop	Ditekan	1. Disturbance valve 1/2" non-active. 2. Indicator disturbance valve 1/2" valve non-active.
11	Tombol disturbance valve 3/4" start	Ditekan	1. Disturbance valve 3/4" active. 2. Indicator disturbance valve 3/4" valve active.
12	Tombol disturbance valve 3/4" stop	Ditekan	1. Disturbance valve 3/4" non-active. 2. Indicator disturbance valve 3/4" valve non-active.
13	Set frequency	Input angka	Motor akan berputar dengan frequency yang di input.



Gambar 32. Pengujian Automatic kontrol

Tabel 4. Pengujian automatic kontrol

No	Component	Action	Reaction
1	Tombol start	Ditekan	1. Control ON-OFF automatic active. 2. Indicator auto pada tampilan menu control active. 3. Set frequency active. 4. Level cm, level %, level volume, speed pump, grafik level active sesuai pembacaan real.
2	Tombol stop	Ditekan	1. Control ON-OFF automatic non-active. 2. Indicator auto pada tampilan menu control non-active. 3. Set frequency, level %, level cm, level volume, grafik level non-active.
3	Set point up	Input angka	Level air pada saat mencapai batas atas : 1. Motor pompa non-active. 2. Main valve non-active. 3. indicator motor dan main valve non-active.
4	Set point down	Input angka	Level air pada saat kurang dari/sama dengan set point bawah : 1. Motor pompa active. 2. Main valve active. 3. indicator motor dan main valve active.
5	Set frequency	Input angka	Motor akan berputar dengan frequency yang di input.
6	Tombol disturbance valve 1/2" start	Ditekan	1. Disturbance valve 1/2" active. 2. Indicator disturbance valve

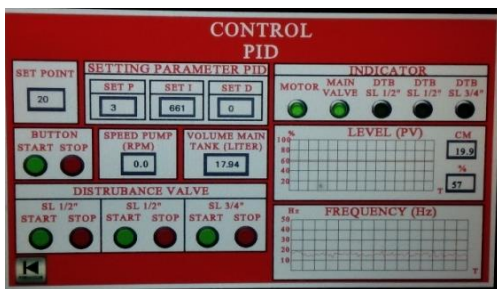
**Pengujian Sistem Kontrol ON-OFF AUTO**

Pada pengujian ini, sistem kontrol ON-OFF auto difungsikan untuk menjalankan mesin secara auto.

			<i>1/2" valve active.</i>
7	Tombol <i>disturbance valve 1/2" stop</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 1/2" non-active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 1/2" valve non-active.</i>
8	Tombol <i>disturbance valve 1/2" start</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 1/2" active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 1/2" valve active.</i>
9	Tombol <i>disturbance valve 1/2" stop</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 1/2" non-active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 1/2" valve non-active.</i>
10	Tombol <i>disturbance valve 3/4" start</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 3/4" active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 3/4" valve active.</i>
11	Tombol <i>disturbance valve 3/4" stop</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 3/4" non-active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 3/4" valve non-active.</i>

**Pengujian Sistem Kontrol PID**

Pada pengujian ini, sistem kontrol PID berfungsi untuk menentukan nilai suatu sistem yang di inginkan penulis agar sesuai instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem ini. Sistem PID pada mesin sesuai dengan yang diinginkan penulis atau berjalan dengan baik.



**Gambar 33.** Pengujian PID kontrol

**Tabel 5.** Pengujian PID kontrol

No	Component	Action	Reaction
1	Tombol <i>start</i>	Ditekan	1. <i>Control PID active.</i> 2. <i>Indicator PID pada tampilan menu control active.</i> 3. <i>Set point active.</i> 4. <i>Level cm, level %, level volume, speed pump, grafik level active sesuai</i>

			pembacaan <i>real.</i> 5. <i>Grafik frequency active sesuai frequency keluaran inverter.</i>
2	Tombol <i>stop</i>	Ditekan	1. <i>Control PID non-active.</i> 2. <i>Indicator PID pada tampilan menu control non-active.</i> 3. <i>Set point non-active.</i> 4. <i>Level cm, level %, level volume, speed pump, grafik level, grafik frequency non-active.</i>
3	Set point	<i>Input angka</i>	<i>Level air sebelum mencapai set point :</i> 1. <i>Motor pompa active.</i> 2. <i>Main valve active.</i> 3. <i>indicator motor dan main valve active.</i> <i>Level air setelah mencapai set point :</i> 1. <i>Motor pompa non-active.</i> 2. <i>Main valve non-active.</i> 3. <i>indicator motor dan main valve non-active.</i>
4	Tombol <i>disturbance valve 1/2" start</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 1/2" active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 1/2" valve active.</i>
5	Tombol <i>disturbance valve 1/2" stop</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 1/2" non-active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 1/2" valve non-active.</i>
6	Tombol <i>disturbance valve 1/2" start</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 1/2" active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 1/2" valve active.</i>
7	Tombol <i>disturbance valve 1/2" stop</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 1/2" non-active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 1/2" valve non-active.</i>
8	Tombol <i>disturbance valve 3/4" start</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 3/4" active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 3/4" valve active.</i>
9	Tombol <i>disturbance valve 3/4" stop</i>	Ditekan	1. <i>Disturbance valve 3/4" non-active.</i> 2. <i>Indicator disturbance valve 3/4" valve non-active.</i>

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

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

1. Dari hasil data pengisian air dalam bak penampung dengan ketinggian 35 cm, didapat waktu sekitar 450 dt dengan pengaturan frekuensi sebesar 25 Hz.
2. Berdasar pada aplikasi pengisian data *identification toolbox* didapat grafik dengan kesesuaian data hasil rekaman adalah 98,09%.
3. Dalam pengujian kontrol, mode kontrol tidak bisa berkerja bersamaan. *Tuning auto* yang digunakan pada PID kontrol, dapat beroperasi dengan baik.

### Saran

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

1. Apabila para pembaca yang ingin menyempurnakan plan ini dapat menyempurnakan dengan menambahkan *flow sensor* sehingga kecepatan aliran dapat terdeteksi secara akurat dan *real time*.
2. Penyempurnaan pengolahan data pembacaan pengukuran kecepatan motor pompa dengan rotary encoder lebih akurat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arnis Siti Nurjanah (2013). *Sistem Pengendalian Ketinggian Air Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis PLC*, Tugas Akhir: Politeknik TEDC Bandung.
- Cahaya Sumirat PT. (2014). *PID Controller Tuning*. September.
- Danfoss, (2019). *VLT 2800 series, Design Guide Software version 2,8X*.
- Suhendra, Doni and Surapati, Alex and Rodiah, Yuli (2014). *Perancangan Alat Pengontrolan Frekuensi Dalam Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Kontrol Pid*. Undergraduated Thesis, Universitas Bengkulu,
- Geterus, Frans. (1994). *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*. Elex Media Komputindo.
- Thomas Wahyu Dwi Hartanto & Y. Wahyu Agung Prasetyo. (2003). *Analisis Dan Desain Sistem Kontrol Dengsn MATLAB*.
- Omron Corp. (2014). *Industrial Automation Company*, Lane Desborough and Randy Miller, (2002). *Increasing Customer Value of Industrial Control Performance Monitoring—Honeywell's Experience*. 6th International Conference Chemical Process Control, AIChE Symp., Series 326 p.172-192.