



TUGAS AKHIR – TF 145565

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL* DALAM
TANGKI 2 PADA SISTEM HIDROSTATIK SKALA LABORATORIUM

ZAHROTUL NAILUL IZAH

NRP.1051 1500 0000 57

Dosen Pembimbing I

Ir. Ya'umar

NIPN. 19540406 198103 1 003

Dosen Pembimbing II

Sefi Novendra Patrialova, S.Si., M.T.

NPP. 1991201712053

PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018


LEMBAR PENGESAHAN I
RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL*
DALAM TANGKI 2 PADA SISTEM HIDROSTATIK
SKALA LABORATORIUM


TUGAS AKHIR
Oleh :
Zahrotul Nailul Izah
NRP 1051 1500 0000 57

Surabaya, 25 Juli 2018
Mengetahui dan Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Ir. Y. Umar
NIPN. 19540406 198103 1 003


Sefi Novendra Patralova, S.Si., M.T.
NPP. 1991201712053

Kepala Departemen Teknik
Instrumentasi,

Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001



LEMBAR PENGESAHAN II
RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL
DALAM TANGKI 2 PADA SISTEM HIDROSTATIK
SKALA LABORATORIUM

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya
pada
Program Studi DIII Teknologi Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Zahrotul Nailul Izah
NRP 1051 1500 0000 57

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Ya'umar (Pembimbing I)
2. Sefi Novendra Patrialova, S.Si., M.T (Pembimbing II)
3. Ir. Tutug Dhanardono, M.T (Ketua Tim Penguji)

Surabaya, 25 Juli 2018

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL* DALAM TANGKI 2 PADA SISTEM HIDROSTATIK SKALA LABORATORIUM

Nama Mahasiswa : Zahrotul Nailul Izah
NRP : 1051 1500 0000 57
Program Studi : D3 Teknologi Instrumentasi
Departemen : Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing I : Ir. Ya'umar, S.T
Dosen Pembimbing II : Sefi Novendra P., S.T., M.T

Abstrak

Fluida merupakan zat yang mempunyai partikel mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Hukum fisika yang berhubungan dengan fluida adalah hukum hidrostatis dimana tekanan hidrostatis suatu tabung tertutup akan berpengaruh terhadap *level* air. Untuk mengukur *level* air secara otomatis dibutuhkannya sistem pengendalian *level*. Pada tangki 2 komponen yang digunakan yaitu sensor ultrasonik HC-SR04, aktuator pompa air, dan mikrokontroler ATmega1284p. Ada dua hasil yang didapat pada sistem pengendalian *level* tangki 2. Pertama yaitu pengisian tangki 1 lebih cepat dibandingkan dengan tangki 2 karena menggunakan aktuator MOV (*Motor Operated Valve*) dan alat ukur *orifice plate*. Kedua yaitu diperoleh hasil nilai respon sistem. Pada *setpoint* 25 cm didapatkan hasil dengan nilai *error steady state* sebesar 0,2%, maksimum *overshoot* (Mp) sebesar 3,7%, dan *settling time* sebesar 41 detik, dan pada *setpoint* 26 cm didapatkan hasil dengan nilai *error steady state* sebesar 0,1%, maksimum *overshoot* (Mp) sebesar 7,1%, dan *settling time* sebesar 52 detik.

Kata kunci : *level* air, aktuator, respon sistem

BUILD DESIGN LEVEL CONTROL SYSTEM IN TANK 2 OF HYDROSTATIC SYSTEM LABORATORY SCALE

Student Name : Zahrotul Nailul Izah
NRP : 1051 1500 0000 57
Study Program : DIII Instrumentation Technology
Departement : Instrumentation Engineering
Advisor Lecturer I : Ir. Ya'umar, S.T
Advisor Lecturer II : Sefi Novendra P., S.T., M.T

Abstract

A fluid is a substance that has a particles easy to move and change shape without separation of the masses. The laws of physics that deals with fluid is hydrostatic law where hydrostatic pressure in a closed tank will affect the height of the water. To measure water height automatically can be needed a level control system. The components which used in tank 2 are ultrasonic sensors HC-SR04, pump actuator and microcontroller of the ATMega1284p. There are two result which can be obtained in level control system tank 2. The first is tank 1 fill more faster than tank 2 because tank 1 use MOV (Motor Operated Valve) actuator and orifice plate measure. The second is obtained the result of response system. In 25 cm of setpoint are obtained error steady state 0,2%, maximum overshoot (Mp) 3,7% and settling time 41 second, and in 26 cm of setpoint are obtained error steady state 0,1%, maximum overshoot (Mp) 7,1% and settling time 52 second.

Key words: level control system, actuator, response system

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Rancang Bangun Sistem Pengendalian Level Dalam Tangki 2 Pada Sistem Hidrostatik Skala Laboratorium**” tepat waktu. terselesaikannya laporan ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini saya menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan saudara kakak laki-laki saya yang selalu memberikan dukungan kepada saya
2. Bapak Ir. Ya'umar, S.T selaku pembimbing I dan Ibu Sefi Novendra Patrianova, S.T., M.T selaku pembimbing II
3. Bapak Ridho Hantoro ST, MT. selaku Dosen Wali
4. Semua bapak atau ibu dosen dan staff teknik instrumentasi
5. Para tim kelompok yang selalu sabar menghadapi saya
6. Anggota *Zelena Electric Car* yang memberikan pengalaman luar biasa yang tak akan terlupakan
7. Teman-teman satu perjuangan D3 Teknik Instrumentasi dan satu angkatan F50 Transcendent Frontier yang memberikan pengalaman kepada saya
8. Ketua, wakil-wakil dan staff tercinta departemen Eksternal HMTF ITS 16/17 yang telah memberikan pengalaman yang menarik
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penyusun menyadari kurang sempurnanya laporan ini, karena terbatasnya pengalaman dan pengetahuan. Oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan. Akhir kata penyusun ucapkan terimakasih.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis maupun pembaca.

Surabaya, 19 Juli 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| ABSTRAK..... | v |
| ABSTRACT | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.5 Manfaat | 3 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Fluida..... | 5 |
| 2.2 Tekanan hidrostatik | 5 |
| 2.3 Perancangan sistem pengendalian | 7 |
| 2.4 Sistem pengendalian umpan balik..... | 7 |
| 2.4.1 Sistem pengendalian loop tertutup..... | 8 |
| 2.4.2 Sistem pengendalian loop terbuka | 8 |
| 2.5 Sistem pengendalian <i>level</i> | 9 |
| 2.5.1 Pengukuran <i>level</i> secara langsung | 9 |
| 2.5.2 Pengukuran <i>level</i> secara tidak langsung | 11 |
| | |
| BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT | 13 |
| 3.1 Peralatan yang digunakan..... | 13 |
| 3.1.1 Sensor ultrasonik HC-SR04..... | 13 |

| | |
|--|-------------|
| 3.1.2 Mikrokontroler Atmega1284p | 14 |
| 3.1.3 Pompa air | 15 |
| 3.1.4 Motor kapasitor | 15 |
| 3.1.5 <i>Ac voltage controller</i> | 16 |
| 3.2 Prosedur penelitian | 17 |
| 3.2.1 <i>Flowchart</i> pembuatan alat | 18 |
| BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN | 27 |
| 4.1 Analisa data | 27 |
| 4.1.1 Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 | 28 |
| 4.1.2 Pengujian <i>AC Voltage Controller</i> | 31 |
| 4.1.3 Hasil perhitungan kalibrasi alat sensor ultrasonik HC-SR04 | 36 |
| 4.1.4 Hasil perhitungan kalibrasi <i>AC Voltage Controller</i> .. | 40 |
| 4.1.5 Hasil pembuatan <i>software</i> sistem pengendalian pada <i>plant</i> | 44 |
| 4.1.6 Hasil integrasi sistem pengendalian level pada <i>plant</i> . 46 | |
| 4.1.6.1 Pengujian sensor sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan <i>AC Voltage Controller</i> | 46 |
| 4.1.6.2 Pengujian RPM motor pompa terhadap <i>level</i> air.. | 47 |
| 4.1.6.3 Hasil respon sistem | 48 |
| 4.1.6.4 Perhitungan respon sistem pengendalian <i>level</i> pada <i>setpoint</i> 25 cm dan 26 cm | 50 |
| 4.2 Pembahasan | 52 |
| BAB V PENUTUP | 55 |
| 5.1 Kesimpulan | 55 |
| 5.2 Saran | 55 |
| DAFTAR PUSTAKA | xv |
| BIODATA PENULIS | xvii |

| | |
|--|-----|
| LAMPIRAN A (Pengambilan data sensor ultrasonik HC-SR04) | A-1 |
| LAMPIRAN B (Data kalibrasi sensor ultrasonik HC-SR04)... | B-1 |
| LAMPIRAN C (Grafik data sensor ultrasonik HC-SR04)..... | C-1 |
| LAMPIRAN D (<i>Datasheet</i> sensor ultrasonik HC-SR04) | D-1 |
| LAMPIRAN E (Nilai respon sistem pada <i>setpoint</i> 25 cm)..... | E-1 |
| LAMPIRAN F (Nilai respon sistem pada <i>setpoint</i> 26 cm) | F-1 |
| LAMPIRAN G (<i>Listing program hydrostatic plant</i>)..... | G-1 |
| LAMPIRAN H (<i>Datasheet</i> ATMega1284p)..... | H-1 |
| LAMPIRAN I (Gambar skema <i>AC voltage controller</i>) | I-1 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Gambar 2.1 | Pressurized atau wadah tertutup | 10 |
| Gambar 2.2 | (a) pengukuran single-point level fluida dan (b) pengukuran level fluida secara berkala oleh refleksi waktu dari permukaan fluida | 11 |
| Gambar 3.1 | <i>Timing diagram</i> sensor | 13 |
| Gambar 3.2 | Pin mikrokontroler ATmega1284p | 15 |
| Gambar 3.3 | Motor kapasitor permanen | 16 |
| Gambar 3.4 | Rangkaian satu fasa <i>ac voltage controller</i> | 17 |
| Gambar 3.5 | <i>Flowchart</i> sistem pengendalian <i>level</i> dalam tangki 2 pada alat pembelajaran sistem hidrostatik skala laboratorium | 18 |
| Gambar 3.6 | BFD sistem pengendalian <i>level</i> dalam tangki 2 pada alat pembelajaran sistem hidrostatik skala laboratorium | 20 |
| Gambar 3.7 | PFD sistem pengendalian <i>level</i> dalam tangki 2 pada alat pembelajaran sistem hidrostatik skala laboratorium | 21 |
| Gambar 3.8 | P&ID sistem pengendalian <i>level</i> dalam tangki 2 pada alat pembelajaran sistem hidrostatik skala laboratorium | 22 |
| Gambar 3.9 | <i>Flowchart</i> aritmatika sistem pengendalian <i>level</i> dalam tangki 2 pada alat pembelajaran sistem hidrostatik skala laboratorium | 24 |
| Gambar 4.1 | <i>Hydrostatic Plant</i> | 27 |
| Gambar 4.2 | Grafik data uji sensor ultrasonik HC-SR04 | C-1 |
| Gambar 4.3 | Nilai histerisis sensor ultrasonik HC-SR04 | C-1 |
| Gambar 4.4 | Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 | 31 |
| Gambar 4.5 | Nilai histerisis <i>AC voltage controller</i> | 34 |
| Gambar 4.6 | Grafik pembacaan <i>AC voltage controller</i> | 35 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.7 Pengujian AC <i>voltage controller</i> | 36 |
| Gambar 4.8 Algoritma sistem pengendalian <i>level</i> | 44 |
| Gambar 4.9 <i>Listing program</i> sistem pengendalian <i>level</i> | 45 |
| Gambar 4.10 Grafik nilai tegangan terhadap <i>level</i> air..... | 47 |
| Gambar 4.11 Grafik nilai kecepatan pompa terhadap <i>level</i> air . | 48 |
| Gambar 4.12 Grafik respon sistem saat setpoint 25 cm | 49 |
| Gambar 4.13 Grafik respon sistem saat setpoint 26 cm | 50 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------------|--|-----|
| Tabel 4.1 | Pengambilan data sensor ultrasonik HC-SR04..... | A-1 |
| Tabel 4.2 | Data AC <i>voltage controller</i> | 32 |
| Tabel 4.3 | Data kalibrasi sensor ultrasonik HC-SR04 | B-1 |
| Tabel 4.4 | Data kalibrasi AC <i>voltage controller</i> | 40 |
| Tabel 4.5 | Pembacaan AC <i>voltage controller</i> terhadap <i>level</i> air | 46 |
| Tabel 4.6 | Pengujian RPM motor pompa terhadap <i>level</i> air | 47 |
| Tabel 4.7 | Nilai respon sistem pada <i>setpoint</i> 25 cm..... | E-1 |
| Tabel 4.8 | Nilai respon sistem pada <i>setpoint</i> 26 cm..... | F-1 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fluida merupakan zat mengalir yang mempunyai partikel mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa^[1] Prinsip hukum tekanan merupakan salah satu yang berlaku untuk fluida^[2]. Rumus dalam menentukan tekanan fluida salah satunya dapat menggunakan rumus sistem hidrostatis. Namun selain menggunakan rumus dapat diketahui pula dari pengukuran menggunakan alat ukur. Banyak alat ukur yang digunakan untuk mengetahui tekanan fluida dalam wadah tertutup salah satu contohnya yaitu *flowmeter*. Selain penggunaan alat ukur, penggunaan sensor juga dapat dimanfaatkan. Pada tugas akhir ini, digunakan sensor jarak ultrasonik HC-SR04 untuk mengetahui *level* pada tangki tertutup sehingga dapat pula diketahui tekanan hidrostatisnya dari pengukuran tersebut.

Alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari bawah ke atas adalah pompa. Pompa air adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat yang lain^[6]. Pompa yang dapat digunakan salah satunya merupakan pompa bermotor kapasitor. Motor kapasitor merupakan salah satu jenis motor induksi yang menggunakan kapasitor dalam konstruksinya^[7]. Motor pada pompalah yang dapat dikendalikan sehingga pompa yang pada awalnya menyedot air dengan pelan maka akan menjadi cepat begitu juga sebaliknya. Kecepatan motor dapat dikendalikan dengan menggunakan *variable speed drive* ataupun rangkaian pengendali motor.

Pengukuran *level* menggunakan sensor pada tugas akhir ini dilakukan pada tangki tertutup. Dari pembacaan pengukuran *level* dapat ditentukan tekanannya menggunakan rumus hukum hidrostatis. Pada perancangan alat *plant* tugas akhir ini menggunakan dua aktuator

pada tangki yang berbeda. Jika pada tangki 1 menggunakan aktuator *MOV* maka pada tangki 2 menggunakan aktuator motor pompa. Dari kedua aktuator dapat dikendalikan sesuai dengan yang diinginkan. Namun kecepatan untuk menaikkan aliran air pada setiap aktuator berbeda sehingga hal itu mempengaruhi waktu pengisian tangki. Namun selain itu, jika menghitung besarnya tekanan menggunakan rumus maka tekanan yang masuk pada tangki haruslah sama sehingga tekanan hidrostatik pada setiap tangki juga seharusnya sama. Oleh karena itu, pada perancangan tugas akhir ini dirancang untuk membuktikan penerapan hukum hidrostatik pada alat *plant* yang dibuat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang *hardware* sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium.
2. Bagaimana cara menentukan respon sistem dari pengendalian *level* air tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium.

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang *hardware* sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium
3. Menentukan respon sistem dari pengendalian *level* air tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium.

1.4 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang ini adalah sebagai berikut :

1. Kontroler yang digunakan pada sistem pengendalian *level*

ini hanya bersifat On-Off

2. Uji alat komponen hanya untuk karakteristik statis

1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini agar dapat digunakan sebagai alat pembelajaran praktikum yang diterapkan pada mata kuliah sistem pengendalian aliran, teknik otomasi dan sistem instrumentasi industri bagi mahasiswa aktif teknik instrumentasi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Fluida

Fluida merupakan zat yang dapat mengalir yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Ketahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang. Berdasarkan wujudnya, fluida dapat dibedakan menjadi dua yaitu: fluida cair dan fluida gas. Untuk mengerti aliran fluida maka harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Sifat-sifat dasar fluida tersebut yaitu; kekentalan, kerapatan, berat jenis, tekanan, temperatur.

Karakteristik struktur aliran internal (dalam pipa) sangat tergantung dari kecepatan rata-rata aliran dalam pipa, densitas, viskositas dan diameter pipa. Aliran fluida (fluida atau gas) dalam pipa mungkin merupakan aliran laminar atau turbulen. Pada aliran laminar, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan yang halus dan lancar dengan kecepatan fluida rendah dan viskositasnya tinggi. Sedangkan aliran turbulen, partikel-partikel fluida bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan fluida tinggi dan viskositasnya rendah. Hal tersebut ditunjukkan oleh percobaan *Osborne Reynolds*. Menurut hasil percobaan Reynold, untuk membedakan apakah aliran itu turbulen atau laminar dapat menggunakan bilangan tak berdimensi yang disebut dengan bilangan Reynold^[1]

2.2 Tekanan hidrostatik

Dalam ilmu fisika tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas^[2],:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

dimana :

P = Tekanan (N/ m²)

F = Gaya (Newton)

A = Luas permukaan benda (m^2)

Prinsip hukum tekanan juga berlaku untuk fluida. Dari fakta eksperimental ternyata fluida memberikan tekanan ke semua arah. Sifat penting lainnya dari fluida yang berada dalam keadaan diam adalah bahwa gaya yang disebabkan oleh tekanan fluida selalu bekerja tegak lurus terhadap permukaan yang bersentuhan dengannya. Tekanan yang disebabkan zat cair pada kedalaman (h) ini disebabkan oleh berat kolom zat cair di atasnya. Dengan demikian gaya yang bekerja pada luas daerah tersebut adalah^[2] :

$$F = mg = hg \quad (2.2),$$

dimana :

F = Gaya (Newton)

m = Massa benda (kg)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

h = Kedalaman (m)

Jika rumus tersebut dimasukkan pada rumus dasar tekanan,, maka akan seperti berikut :

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\rho Ahg}{A} \quad (2.3)$$

$$P = \rho gh \quad (2.4)$$

Dengan demikian,tekanan berbanding lurus dengan massa jenis zat cair, dan dengan kedalaman di dalam zat cair. Pada umumnya, tekanan pada kedalaman yang sama dalam zat cair yang serba sama adalah sama. Jika perubahan massa jenis hanya kecil saja, persamaan diatas dapat digunakan untuk menentukan perbedaan tekanan ΔP pada ketinggian yang berbeda, dimana ρ adalah massa jenis rata-rata^[2] :

$$\Delta P = \rho g \Delta h \quad (2.5)$$

Rumus tersebut merupakan rumus yang digunakan untuk menentukan tekanan hidrostatik dari suatu fluida yang dimasukkan kedalam tangki tertutup^[2].

2.3 Perancangan sistem pengendalian

Sistem pengendalain sebenarnya umumnya nonlinear. Bagaimanapun, jika mereka dapat diperkirakan oleh metode matematika linear, kita dapat menggunakan satu atau lebih dari metode pengembangan desain. Dalam praktiknya, spesifik kinerja memberikan saran pada sistem tertentu pada penggunaan metode. Jika spesifik kinerja yang diberikan dalam istilah dari karakteristik transient-response dan atau frequency-domain pengukuran kinerja, maka kita tidak punya pilihan tetapi menggunakan pendekatan konvensional berdasarkan pada the root-locus dan atau metode frequency-response. Ketika merancang desain sistem pengendalian melalui pendekatan the root-locus dan frequency-response adalah dengan cara teknik usaha, perancangan sistem dalam konteks teori pengendalian modern menggunakan formulasi matematika dari masalah dan pengaplikasian teori matematika untuk merancang masalah dalam sistem yang dapat memberikan banyak masukan dan banyak keluaran dan dapat tepat waktu. Dengan mengaplikasikan teori pengendalian modern, perancangan dapat dimulai dari index performansi, bersama dengan kendala-kendala yang diberikan pada sistem, dan untuk proses perancangan sistem yang stabil oleh prosedur analisis yang lengkap. Keuntungan dari perancangan berdasarkan teori pengendalian modern adalah bahwa itu memungkinkan perancangan sistem pengendalian yang optimal dengan memperhatikan indek kerja^[6]

2.4 Sistem pengendalian umpan balik

Sistem pengendalian umpan balik merupakan sistem yang mempertahankan hubungan yang ditetapkan diantara keluaran

dan referensi masukan yang dibandingkan dengan dan penggunaan perbedaan sebagai arti dari kontrol. Sistem pengendalian umpan balik tidak terbatas pada ilmu rekayasa tetapi dapat ditemukan pada berbagai ilmu tidak rekayasa^[6]

2.4.1 Sistem pengendalian loop tertutup

Sistem pengendalian umpan balik sering disebut sebagai sistem pengendalian loop tertutup. Dalam praktiknya, istilah pengendalian umpan balik dan pengendalian loop tertutup digunakan secara bergantian. Dalam kecepatan sinyal error pada sistem pengendalian loop tertutup mengalami perbedaan diantara sinyal masukan dengan sinyal umpan balik (yang memungkinkan sinyal keluaran itu sendiri atau fungsi dari sinyal keluaran dan itu derifatif dan atau integra) dimasukkan ke kontroler sebagai pengurangan error dan membawa keluaran dari sistem kepada nilai yang diinginkan. Istilah pengendalian loop tertutup menyiratkan kegunaan dari aksi pengendalian untuk mengurangi error sistem^[6]

2.4.2 Sistem pengendalian loop terbuka

sistem pengendalian loop terbuka merupakan sistem yang didalam keluarannya tidak memiliki dampak pada aksi pengendalian. Dengan kata lain, sistem pengendalian loop terbuka tidak diukur pada umpan balik untuk perbandingan dengan masukan. Dalam kasus keluaran sistem pengendalian loop terbuka yang lain tidak dapat dibandingkan dengan acuan masukan. Dengan demikian, kepada masukan acuan ada kondisi proses yang dicampur secara sesuai seperti sebuah hasil, akurasi sistem yang bergantung pada kalibrasi. Pada gangguan, sistem pengendalian loop terbuka tidak akan melakukan tugas yang diinginkan. Pengendalian loop terbuka

dapat digunakan pada praktiknya jika hanya ada hubungan diantara masukan dan keluaran yang diketahui adanya gangguan internal maupun eksternal^[6]

2.5 Sistem pengendalian level

Pengukuran *level* fluida dikategorikan dalam 2 kategori, yang pertama seperti pengukuran satu kali dan level monitoring secara berkala. Pada kasus pengukuran satu kali, *level* aktual dari bahan diketahui ketika itu mencapai keterbatasan *level*, jadi aksi pendekatan dapat diambil untuk mencegah meluap atau untuk mengisi wadah. Keberlanjutan *level monitoring* mengukur *level* dari fluida pada keadaan yang tak terganggu. Pada kasus ini *level* dari bahan akan secara konstan diawasi dan berlanjut, volume dapat dihitung jika area *cross-sectional* dari wadah diketahui^[7].

Tekanan sering digunakan sebagai metode tidak langsung dalam mengukur *level* fluida. Tekanan naik saat ketinggian naik dalam fluida pada wadah. Rumus tekanannya yaitu^[7] :

$$\Delta p = \gamma \Delta h \quad (2.6)$$

Dimana :

Δp = perubahan tekanan (Pa)

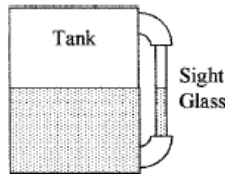
γ = berat jenis (kg/m^3)

Δh = ketinggian (m)

2.5.1 Pengukuran *level* secara langsung

Sight glass atau *gauge* adalah metode tersederhana untuk tampilan pembacaan secara langsung. *Sight glass* pada normalnya dipasang berdekatan secara vertikal pada wadah. *Level* fluida kemudian dapat diamati secara langsung pada *sight*

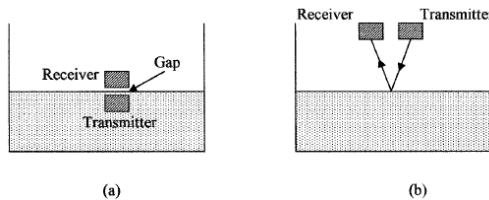
glass. Wadah yang digunakan dalam keadaan tertutup. Dalam kasus ini akhir dari *glass* dihubungkan ke atas dan bawah tangki, seperti dapat digunakan pada boiler atau sebuah wadah yang mudah menguap, mudah terbakar, bahan berbahaya, atau fluida murni. Pada kasus ini dimana tangki berisi fluida yang tidak dapat dipindahkan seperti air dan tekanan yang ditekan dibutuhkan, tangki dan *sight glass* keduanya dapat di buka ke udara. Atas dari *sight glass* harus mempunyai kondisi tekanan yang sama seperti permukaan fluida atau *level* fluida dalam tangki dan *sight glass* akan berbeda, Dalam kasus ini dimana *sight glass* terlalu panjang, maka selanjutnya fluida yang tidak dapat dipindahkan dengan kepadatan tinggi daripada fluida dalam wadah dapat digunakan dalam *sight glass*. Toleransi harus dibuat untuk membedakan kepadatan dari fluida. Jika *glass* dicampur atau bereaksi dengan wadah fluida akan sama saja dapat diambil alih atau perbedaan bahan dapat digunakan untuk *sight glass*^[7].



Gambar 2.1 *Pressurized* atau wadah tertutup^[7]

Ultrasonik dapat digunakan untuk point satu atau pengukuran *level* berkala dari fluida atau padatan. Satu pemancar ultrasonik dan penerima dapat diatur dengan jarak yang ditunjukkan pada gambar .Segera setelah fluida memenuhi jarak, gelombang ultrasonik akan memancarkan pancaran mencapai penerima yang ditunjukkan pada gambar . Gelombang ultrasonik dari pemancar dicerminkan oleh

permukaan dari fluida ke penerima, waktu untuk gelombang mencapai penerima diukur. Waktu tunda memberikan jarak dari pemancar dan penerima ke permukaan fluida, dari dimana *level* fluida dapat dihitung yang mengetahui kecepatan gelombang ultrasonik. Karena tidak ada kontak dengan fluida, metode ini dapat digunakan untuk padatan, bahan berkarat, dan fluida mudah terbakar. Dalam fluida, pemancar dan penerima juga dapat digantikan pada bawah wadah dan waktu pengukuran untuk sinyal dicerminkan dari permukaan fluida ke penerima untuk diukur ketinggian dari fluida^[7].



Gambar 2.2 (a) pengukuran single-point level fluida dan (b) pengukuran level fluida secara berkala oleh refleksi waktu dari permukaan fluida^[7]

2.5.2 Pengukuran level secara tidak langsung

Metode paling umum digunakan dari pengukuran *level* fluida secara tidak langsung adalah pengukuran tekanan hidrostatik dari bawah wadah. Ketinggian dapat diekstrapolasi dari tekanan dan berat jenis dari fluida dapat dihitung berdasarkan rumus (2.6). Tekanan dapat diukur oleh beberapa metode yang diberikan pada bagian tekanan. Sambungan pada *pressure gauge* dapat dikalibrasi secara langsung pada ketinggian fluida. Ketinggian fluida dapat juga diukur menggunakan pendingin, radiasi, *resistive tapes*, dan pengukuran berat^[7].

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

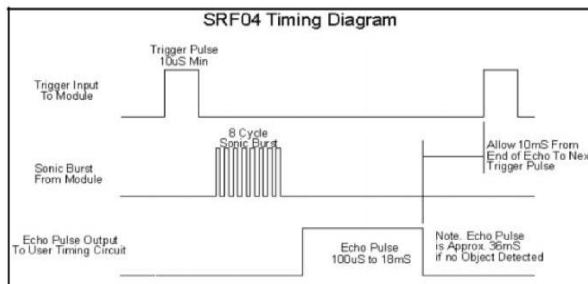
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Peralatan yang digunakan

Adapun peralatan yang digunakan pada rancang bangun sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium adalah sebagai berikut :

3.1.1 Sensor ultrasonik HC-SR04

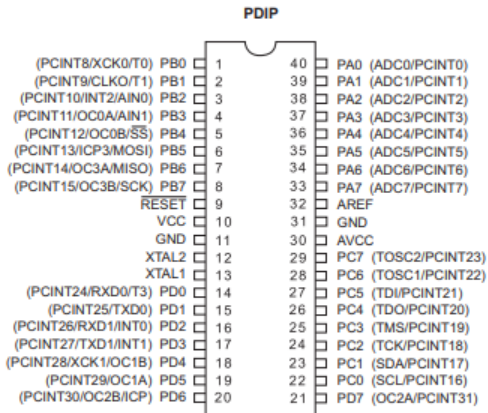
Prinsip kerja HCSRFB-04 adalah sebuah *transmitter* memancarkan seberkas sinyal ultrasonik (20 KHz) yang berbentuk pulsa, kemudian jika didepan sensor HC-SR04 ada objek padat maka *receiver* akan menerima pantulan sinyal ultrasonik tersebut. *Receiver* akan membaca lebar pulsa (dalam bentuk PWM) yang dipantulkan objek dan selisih waktu pemancaran. Sensor HC-SR04 memiliki nilai pengukuran jarak dengan *range* berkisar antara 2 cm – 4 m, nilai tegangan DC 5 volt, nilai arus 15 mA, dan nilai frekuensi 40 Hz. Dengan pengukuran tersebut, jarak objek didepan sensor dapat diketahui. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar 4 di bawah ini ^[7] :



Gambar 3.1 Timing diagram sensor^[7]

3.1.2 Mikrokontroler ATmega1284p

ATmega1284p merupakan mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah berdasarkan tingkatan Arsitektur RISC AVR. Dengan mengeksekusi intruksi yang kuat dalam satu putaran, ATmega1284p mencapai tingkatan mendekati 1 MIPS (*Million Intruction per Second*) per Mhz ang memungkinkan design sistem untuk mengoptimalkan konsumsi tenaga melawan proses kecepatannya. ATmega1284p menyediakan fitur seperti berikut : 128K bit dalam sistem *flash* program dengan kemampuan *Read-While-Write*, 4K bit EEPROM, 16K bit SRAM, 32 I/O *line*, 32 *register working*, *Real Time Counter* (RTC), tiga fleksibel *Timer/Counters* dengan perbandingan mode dan PWM, 2 USARTs, orientasi bit *2-wire Serial Interface*, *8-channel*, 10-bit ADC dengan optimasi tahap masukan yang berbeda dengan programmable gain, program *Watchdog Timer* dengan *Internal Oscillator*, *SPI serial port*, standar IEEE 1149.1 pada tampilan pengujian *compliant JTAG*, juga digunakan untuk mengakses sistem dan program *On-Chip Debug* dan enam perangkat lunak yang dipilih untuk mode penyimpanan tenaga. ATmega1284p AVR didukung lengkap dengan alat-alat pengembangan program dan sistem termasuk : C *compiler*, perakitan makro, program *debugger/Simulator* dan evaluasi Kit. Berikut gambar susunan pinnya sebagai berikut^[8] :



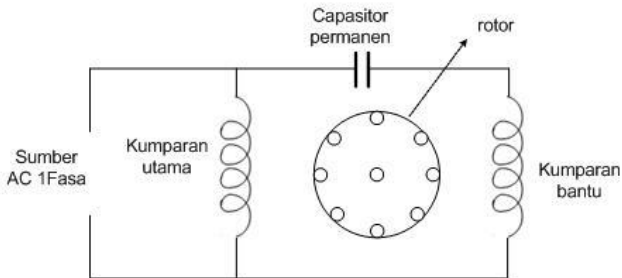
Gambar 3.2 Pin mikrokontroler ATmega1284p^[8]

3.1.3 Pompa air

Pompa air adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui media pipa (saluran) dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*). Perbedaan tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah mekanisme misalkan putaran roda impeler yang membuat keadaan sisi hisap nyaris vakum. Perbedaan tekanan inilah yang mengisap cairan sehingga dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain. Spesifikasi pompa yang digunakan memiliki daya 60-65 Watt dengan tegangan 12V DC arus 5A. Memiliki maksimal tekanan 0,68Mpa^[9]

3.1.4 Motor kapasitor

Motor kapasitor merupakan salah satu jenis motor induksi yang menggunakan kapasitor dalam konstruksinya. Salah satu contoh motor kapasitor adalah pompa air. Pompa air ini pada umumnya disuplai dengan tegangan 220 VAC. Motor kapasitor permanen merupakan salah satu jenis dari motor induksi satu fasa. Pada dasarnya, motor kapasitor permanen ini mirip dengan motor *Split-Phase*, tetapi menggunakan kapasitor dalam konstruksinya. Motor kapasitor ini termasuk motor yang menggunakan rotor sangkar (*Squirrel Cage rotor*), terdiri dari sejumlah batang tembaga yang dimasukkan ke dalam alur rotor, pada ujung-ujungnya dihubungkan oleh cincin tembaga sehingga terdapat sirkuit tertutup. Sedangkan belitan statornya terdiri dari dua belitan yaitu belitan utama (*main winding*) dan belitan bantu (*auxiliary winding*)^[10]. Berikut ini gambar dari rangkaian motor kapasitor permanen :

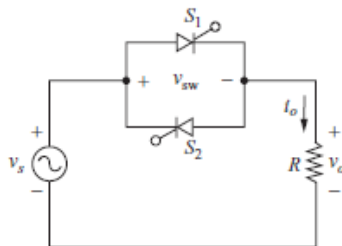


Gambar 3.3 Motor kapasitor permanen^[10]

3.1.5 AC voltage controller

AC voltage controller merupakan adalah konverter yang mengontrol tegangan, arus, dan rata-rata daya yang

dikirimkan ke beban tegangan ac ke sumber tegangan ac. Saklar merupakan alat yang menghubungkan dan memutuskan sumber dan beban pada secara berkala. Pada skema *switching* disebut fase kontrol, *switching* mengambil tempat selama setiap proses siklus dari sumber daya yang memberikan dampak penghapusan beberapa dari bentuk gelombang sumber sebelum itu mencapai beban. Jenis tipe lain dari kontrol adalah kontrol *integral-cycle*, dimana sumber dihubungkan dan diputuskan untuk beberapa siklus pada waktu yang tepat. *AC voltage controller* fase kontrol memiliki beberapa kegunaan praktis termasuk sirkuit light-dimmer dan kecepatan kontrol dari motor induksi. Masukan sumber tegangan adalah sumber AC dan keluaran adalah AC (meskipun bukan sinusoida), jadi sirkuit diklasifikasikan sebagai *ac-ac converter*^[11]. Berikut adalah gambar rangkaian satu fasa *ac voltage controller* :



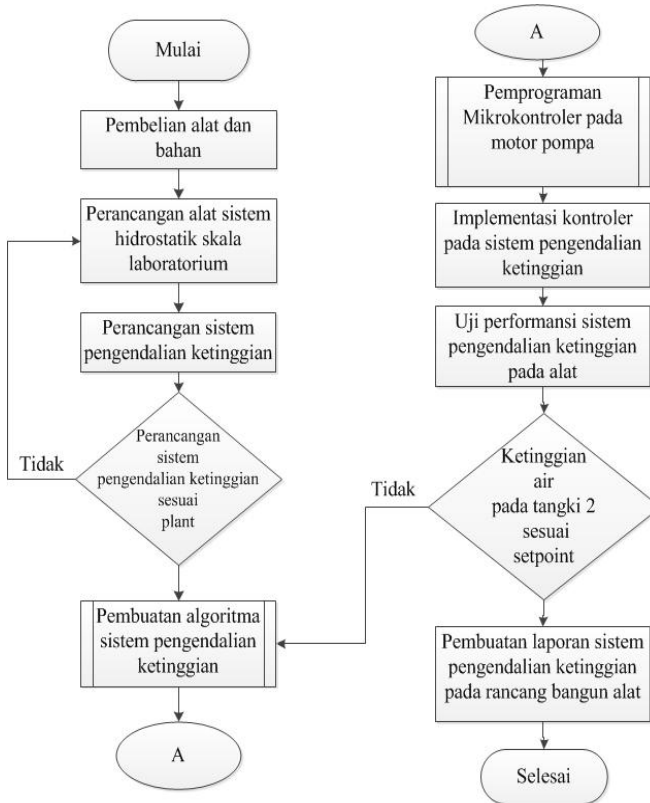
Gambar 3.4 Rangkain satu fasa *ac voltage controller*^[11]

3.2 Prosedur penelitian

Adapun prosedur penelitian pada rancang bangun sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium adalah sebagai berikut :

3.2.1 *Flowchart* pembuatan alat

Berikut ini merupakan *flowchart* dari perancangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 *Flowchart* sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium

Adapun penjelasan dari *flowchart* metodologi penelitian tugas akhir berjudul rancang bangun sistem

pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium ini adalah sebagai berikut :

a. Pembelian alat dan bahan

Pada tahap ini dilakukan pembelian alat dan bahan yang sesuai dengan spesifikasi alat pada *plant*. Pemilihan alat dan bahan haruslah sesuai agar sesuai dengan desain.

b. Perancangan alat

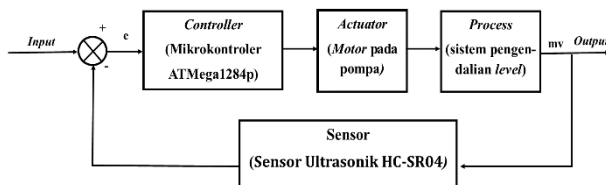
Memasang semua komponen alat yang dibeli pada *plant* sesuai dengan desain P&ID alat. Namun sebelum semua komponen alat dipasang, setiap komponen haruslah diuji karakteristik statiknya sehingga dalam pemasangan alat akan sesuai dengan apa yang diinginkan.

c. Perancangan Sistem Pengendalian *Level*

Berikut merupakan rincian desain perancangan sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium :

i. Block Flow Diagram (BFD)

Berikut merupakan BFD dari rancang bangun sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium :



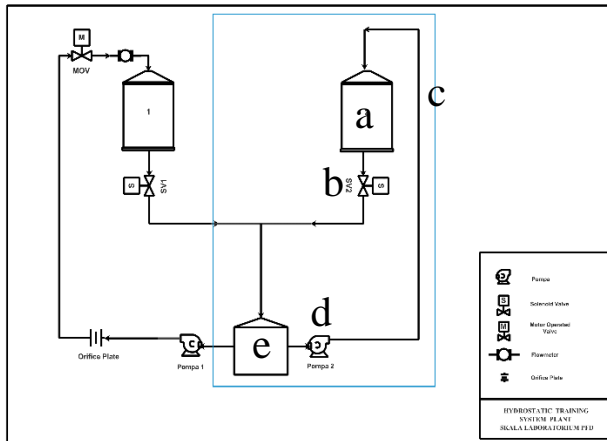
Gambar 3.6 BFD sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium

Penjelasan tentang BFD alat adalah sebagai berikut :

- i. Sensor yang digunakan yaitu sensor Ultrasonik HC-SR04 yang mempunyai rentang pengukuran 2cm – 2,5m, dimana digunakan untuk mengukur *level* dalam tangki 2
- ii. Kontroler yang digunakan yaitu Mikrokontroler ATmega1284p dimana berfungsi sebagai pengatur jalannya proses pengendalian *level* pada sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium. Jika sensor memberikan sinyal bahwa *level* yang ada pada tangki 2 tidak sesuai dengan *setpoint* maka kontroler akan memberikan sinyal pada aktuator untuk melakukan aksi agar sesuai dengan *set point*
- iii. Aktuator yang digunakan yaitu motor pada pompa air yang berfungsi jika diberikan sinyal oleh kontroler untuk melakukan aksi agar sesuai dengan *setpoint*
- iv. Proses yang terjadi yaitu pengendalian *level* pada dalam tangki 2. Jika dalam pengendalian *level* air tidak sesuai dengan *setpoint* maka kontroler akan memberikan sinyal pada *AC voltage controller* untuk menaikkan atau menurunkan tegangan sehingga kecepatan motor pompa air akan ikut naik atau turun.

ii. *Process Flow Diagram (PFD)*

Berikut merupakan gambar PFD dari alat pembelajaran sistem hidrostatik skala laboratorium :

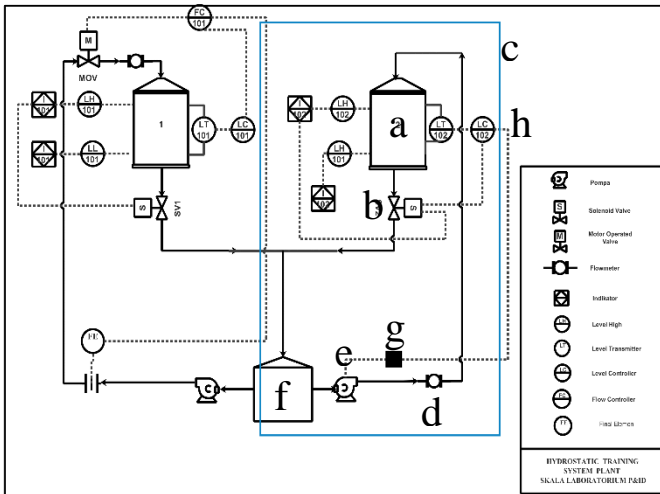


Gambar 3.7 PFD sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium dimana :

- a = tabung tangki 2
- b = *selenoid valve*
- c = pipa akrilik
- d = pompa air
- e = *reservoir*

iii. *Piping and Instrument Diagram (P&ID)*

Berikut merupakan P&ID sistem pengendalian *level* dari alat alat pembelajaran sistem hidrostatik skala laboratorium :



Gambar 3.8 P&ID sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada alat pembelajaran sistem hidrostatik skala laboratorium

dimana :

a = tabung tangki 2

b = solenoid valve

c = pipa akrilik

d = *flowmeter*

e = pompa air

f = *storage*

g = rangkaian AC *voltage controller*

h = *level indicator*

Langkah kerja rancang bangun sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium yaitu sebagai berikut :

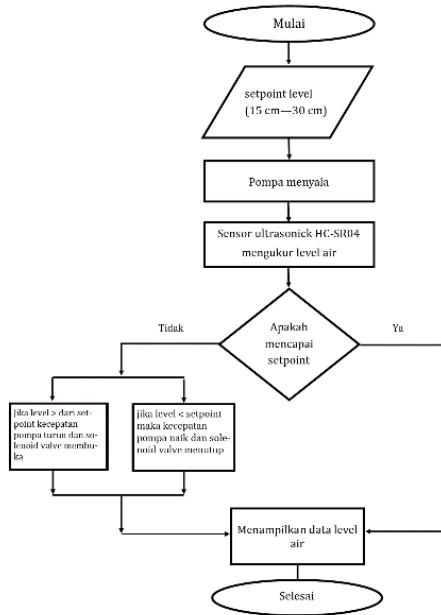
- i. Memasukkan nilai *setpoint* yang diinginkan, kemudian sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur *level* air pada tabung 2 sehingga proses sistem pengendalian *level* berjalan.
- ii. Jika *level* air sudah mencapai *setpoint* maka sensor akan memberikan sinyal analog kepada kontroler ATmega1284p yang kemudian dilanjutkan ke rangkaian AC *voltage controller* lalu ke aktuator pompa air untuk memberikan aksi menurunkan kecepatan motor pompa air.
- iii. Ketika sistem pengendalian berjalan, jika air lebih dari *setpoint* maka motor pompa air akan menurunkan kecepatan dan *solenoid valve* akan membuka, jika air kurang dari *setpoint* maka pompa akan menaikkan tegangan dan *solenoid valve* akan menutup. Sistem pengendalian berjalan jika sistem dapat mempertahankan *setpoint*.

d. Perancangan sistem pengendalian *level* sesuai *plant*

Pada tahap ini akan dilakukan pengecekan secara keseluruhan apakah sistem pengendalian *level* sesuai dengan desain *plant* yang telah dibuat, jika tidak sesuai maka akan dilakukan pengecekan kembali pada perancangan alat.

e. Pembuatan algoritma sistem pengendalian *level*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan algoritma sistem pengendalian *level* agar sesuai dengan desain. Berikut merupakan algoritma rancang bangun sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium :



Gambar 3.9 *Flowchart* algoritma sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium

f. Pemrograman mikrokontroler

Tahap ini akan dilakukan pemrograman pada mikrokontroler yang akan disesuaikan dengan alat. Integrasi pemrograman mikrokontroler dilakukan pada sensor dan motor pompa.

g. Implementasi Kontroler pada sistem pengendalian *level*

Setelah pembuatan kontroler selesai maka kontroler tersebut akan diimplementasikan pada alat secara

keseluruhan agar dapat terintegrasikan satu dengan yang lain.

h. Uji Performansi sistem pengendalian *level*

Pada tahap ini akan dilakukan uji performansi setelah semua komponen pada alat sudah terintegrasikan. Pada pengujian ini tanpa melibatkan perusakan material pada bahan fluida yang akan diukur. Data yang dihasilkan akan dianalisa apakah sudah sesuai dengan kriteria performansi atau belum. Jika belum sesuai maka akan kembali ke pembuatan algoritma, sedangkan jika sudah sesuai maka akan ke proses selanjutnya yaitu pembuatan laporan.

i. *Level air pada tangki 2* sesuai dengan *setpoint*

Pada tahap ini akan dilakukan analisa terhadap sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 apakah sudah sesuai dengan desain yang dibuat dan bekerja sesuai dengan set point yang diberikan. Jika pembacaan tidak sesuai dengan *setpoint* maka akan dilakukan pengecekan ulang terhadap pembuatan algoritmanya.

j. Pembuatan Laporan sistem pengendalian *level*

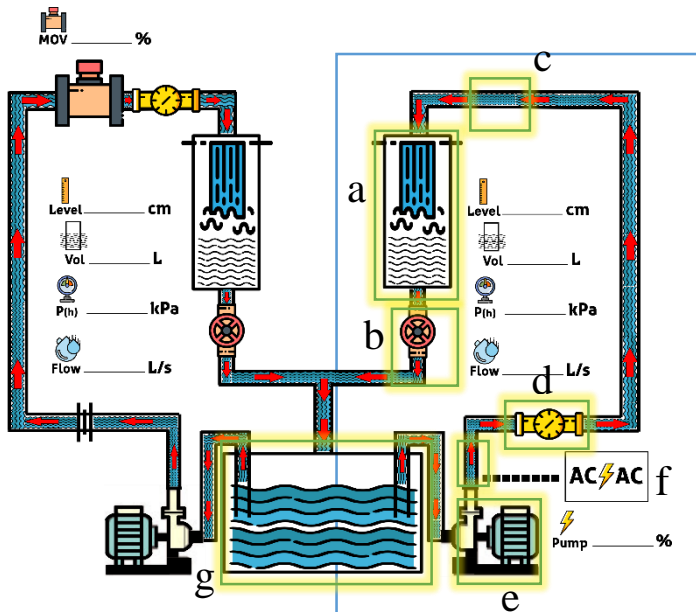
Pada tahap ini dilakukan analisa data apakah sudah sesuai kriteria atau belum dengan membandingkan dengan perhitungan sesuai rumus yang dilakukan diawal. Jika tidak sesuai maka akan dianalisa bagian mana yang menyebabkan tidak sesuainya. Setelah dianalisa kemudian didapatkan kesimpulan dan dituliskan dalam laporan tugas akhir.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian

Pembahasan pada tugas akhir ini tentang membandingkan nilai tekanan hidrostatik, *flowrate*, debit air, dan *level* air pada tangki 2 dengan tangki 1 dan kinerja perbandingan dari aktuatur pada tangki 1 dan 2. Penelitian perbandingan tekanan hidrostatik pada tugas akhir ini mengacu pada tekanan berbanding lurus dengan massa jenis zat cair, dan dengan kedalaman di dalam zat cair. Pada umumnya, tekanan pada kedalaman yang sama dalam zat cair yang serba sama adalah sama^[2]. Adapun hasil pada penelitian tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 *Hydrostatic Plant*

dimana :

a = tangki 2

b = *solenoid valve*

c = pipa akrilik

d = *flowmeter*

e = pompa tangki 2

f = *AC voltage controller*

g = *reservoir*

Berdasarkan **Gambar 4.1** diketahui bahwa *hydrostatic plant* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan hidrostatik pada tangki 1 dan tangki 2. Pada alat tersebut menggunakan aktuator yang berbeda yang terdiri dari tangki 1 MOV (*Motor Operated Valve*) dan tangki 2 (Pompa air). Dari perbedaan kedua aktuator akan diketahui perbedaan waktu kecepatan pengisian tangki. Jika dihitung menggunakan rumus atau teori maka pengisian tangki 1 akan lebih cepat karena adanya *orifice*. Pada laporan tugas akhir ini, akan dibahas mengenai sistem pengendalian tangki 2 yang terdiri dari beberapa komponen yaitu *storage*, pompa air, rangkaian *AC voltage controller*, sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler ATMega1284p, tabung tangki 2, *flowmeter*, dan *solenoid valve*.

4.1.1 Hasil pengujian sensor ultasonik HC-SR04

Setelah desain dan pembelian komponen alat selesai, maka dilakukan pengujian komponen alat masing-masing yang akan digunakan dengan mencari data dari *input* dan *output* alat sebagai nilai pengonversian dari nilai keluaran sensor menjadi nilai yang sesuai dengan besaran fisis yang diukur. Pengujian alat menghasilkan data hasil karakteristik statis. Pengujian alat dilakukan dengan memasang sensor pada atas tabung kemudian pada layar LCD ditunjukkan nilai pembacaan. Pembacaan nilai yang ditunjukkan akan dibandingkan dengan pembacaan nilai

menggunakan penggaris. Penggaris diletakkan disamping tabung agar pembacaan dapat terlihat. Penggaris digunakan untuk mengukur air sebagai alat ukur standar. Berdasarkan **Tabel 4.1** Pengambilan data sensor ultrasonik HC-SR04, menunjukkan bahwa data pengujian alat standar yang dibandingkan dengan alat ukur dapat dijadikan acuan konversi keluaran sensor yang dipakai. Sehingga dari hasil pengujian alat tersebut dapat diketahui persamaan grafik pengujian sensor yang bernilai $y = 0,988x + 0,248$. Sehingga didapatkan hasil grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 4.2** Grafik data uji sensor ultrasonik HC-SR04. Berdasarkan pengambilan data pada tabel dari pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dapat diketahui karakteristik statis sebagai berikut :

i. *Range*

Pada datasheet *range* sensor berkisar antara 2 cm – 4 m, namun pada saat pengujian sensor *range* berkisar antara 2 cm – 2,5 m

ii. *Span*

Pada datasheet bernilai 398 cm sedangkan pada uji sensor bernilai 248 cm

iii. Resolusi sensor bernilai 0.01

iv. Sensitivitas (K)

$$K = \frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \quad (4.1)$$

$$= \frac{50,568 - 0}{50 - 0}$$

$$= 1$$

v. Non-Linearitas

$$\text{Non-Linearitas (N(I))} = O(I) - (KI+a) \quad (4.2)$$

*(berdasarkan data naik)

dimana :

$$a = O_{\min} - KI_{\min} \quad (4.3)$$

$$= 0 - (1,003 * 0)$$

$$= 0$$

Sehingga :

$$\text{Non-Linearitas maks. per unit} = \frac{\bar{N}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\% \quad (4.4)$$

$$\text{Non-Linearitas maks. per unit} = \frac{0,7556}{50,568 - 0} \times 100 \%$$

$$= 1\%$$

vi. Histerisis

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow} \quad (4.5)$$

$$\hat{H} = H(I)_{\max} \quad (4.6)$$

$$\% \text{ Maksimum Histerisis} = \frac{\bar{H}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\% \quad (4.7)$$

$$= \frac{0,07}{50,568 - 0} \times 100 \%$$

$$= 0,14\%$$

Berdasarkan nilai yang dihasilkan dari perhitungan histerisis, didapatkan grafik nilai data naik dan data turun pada pengujian alat yang ditunjukkan pada lampiran **Gambar 4.3** Nilai histerisis sensor ultrasonik HC-SR04.

vii. Akurasi

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{X_n} \right| \quad (4.8)$$

$$A = 1 - |-0,0088|$$

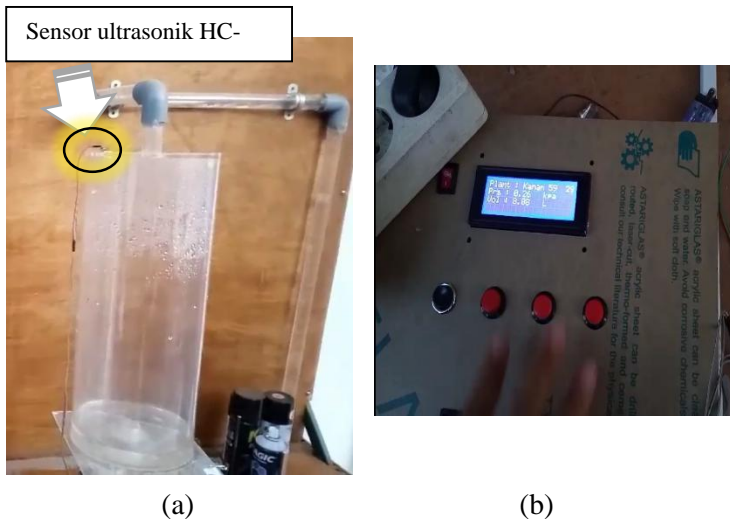
$$A = 0,9912$$

dimana :

Y_n = pembacaan standar

- viii. X_n = pembacaan alat
 Presentase kelasahan (*error*)
- $$e = 1 - A \quad (4.9)$$
- $$e = 1 - 0,9912$$
- $$e = 0,0088 * 100\%$$
- $$e = 1\%$$

Berikut merupakan dokumentasi gambar saat proses pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 :



Gambar 4.4 Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04

Berdasarkan gambar diatas pada gambar (a) menunjukkan saat pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dan gambar (b) menunjukkan hasil pembacaan alat yang ditampilkan pada LCD.

4.1.2 Pengujian AC Voltage Controller

Selain menguji sensor pada *plant*, pengujian juga dilakukan pada rangkaian yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan aktuator agar sesuai dengan yang diinginkan. Dalam hal ini rangkaian yang digunakan yaitu rangkaian *AC voltage controller*. Pengujian dilakukan dengan menyambungkan

rangkaian ke pompa. Kemudian diberikan nilai dac dari nilai paling rendah ke tinggi. Setelah nilai dac diberikan, nilai tegangan dilihat dari voltmeter yang dipasang dirangkaian. Kemudian cara yang sama dilakukan saat pompa dimasukkan kedalam air. Pengujian pertama dijadikan sebagai pembacaan standar sedangkan pembacaan kedua dijadikan pembacaan alat. Berikut merupakan tabel data saat pengujiannya :

Tabel 4.2 Data AC voltage controller

| No | Tegangan (V) | | | | H(I) | (std-alat)/std | Non-Linearitas per unit |
|-------------|------------------|---------------|------------------|----------------|------|----------------|-------------------------|
| | Data standar (V) | Data naik (V) | Data standar (V) | Data turun (V) | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 75.4 | 66.5 | 75.4 | 72.2 | 5.7 | 0.11 | -5.50 |
| 3 | 88.4 | 81.2 | 88.4 | 82.1 | 0.9 | 0.08 | -3.22 |
| 4 | 104.9 | 101.2 | 104.9 | 102.1 | 0.9 | 0.035 | 1.02 |
| 5 | 133.2 | 129.2 | 133.2 | 110.4 | -19 | 0.03 | 1.99 |
| 6 | 141.2 | 138.5 | 141.2 | 125.4 | -13 | 0.01 | 3.65 |
| 7 | 149.7 | 135 | 149.7 | 129 | -6 | 0.09 | -7.96 |
| 8 | 159.1 | 151.2 | 159.1 | 145.4 | -5.8 | 0.05 | -0.74 |
| 9 | 172 | 170.2 | 172 | 150.1 | -20 | 0.01 | 5.94 |
| 10 | 187 | 182.3 | 187 | 162.4 | -20 | 0.02 | 3.71 |
| 11 | 205.4 | 190.3 | 205.4 | 172.4 | -18 | 0.07 | -5.85 |
| 12 | 220 | 192.2 | 220 | 182.4 | -9.8 | 0.12 | -17.9 |
| 13 | 220 | 210.1 | 220 | 190.2 | -20 | 0.04 | 0 |
| Jumlah | 1856.3 | 1748 | 1856.3 | 1624.1 | -124 | | |
| Rata - rata | 142.79 | 134.5 | 142.792 | 124.93 | -9.5 | | |

Berdasarkan nilai yang ditunjukkan pada grafik pengujian alat dapat ditentukan nilai karakteristik statisnya. Berikut merupakan perhitungan data pengujian alat :

- i. *Range*

- ii. *Range* pengukuran alat sebesar 0 – 210.1 volt
Span
Span pengukuran alat sebesar 210.1 Volt
iii. Resolusi sensor bernilai 0.01
iv. Sensitivitas (K)

$$K = \frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \quad (4.10)$$

$$= \frac{210.1 - 0}{220 - 0}$$

$$= 0,995$$

- v. Non-Linearitas
Non-Linearitas (N(I)) = $O(I) - (KI+a)$ (4.11)
*(berdasarkan data naik)

dimana :

$$a = O_{\min} - KI_{\min} \quad (4.12)$$

$$= 0 - (0,995 * 0)$$

$$= 0$$

Sehingga :

$$\text{Non-Linearitas maks.} = \frac{\bar{N}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\% \quad (4.13)$$

per unit

$$= \frac{5,94}{210.1 - 0} \times 100\%$$

$$= 3\%$$

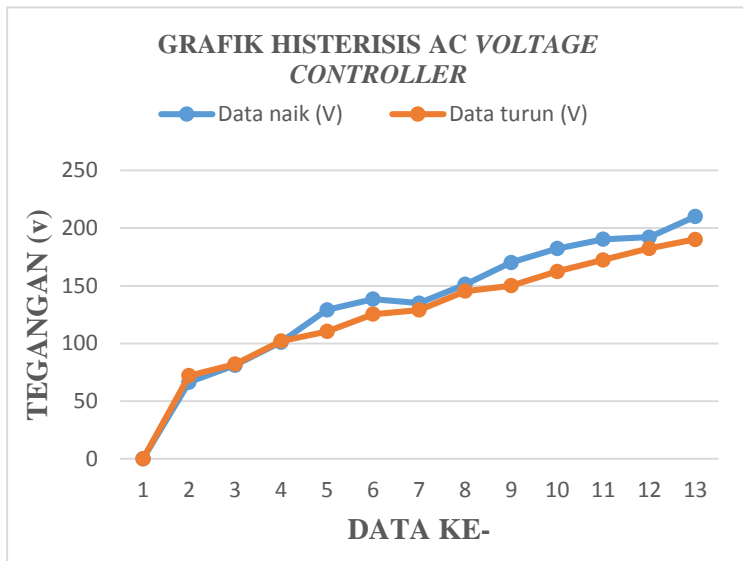
- vi. Histerisis
 $H(I) = O(I)_{\downarrow} - O(I)_{\uparrow}$ (4.14)
 $\hat{H} = H(I)_{\max}$ (4.15)

$$\% \text{ Maksimum Histerisis} = \frac{\bar{H}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\% \quad (4.16)$$

$$= \frac{5,7}{210,1 - 0} \times 100 \%$$

$$= 2\%$$

Berdasarkan nilai yang dihasilkan dari perhitungan histerisi, berikut merupakan grafik nilai data naik dan data turun pada pengujian alat :



Gambar 4.5 Nilai histerisis AC voltage controller

vii. Akurasi

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{X_n} \right| \quad (4.17)$$

$$A = 1 - |0,009|$$

$$A = 0,991$$

dimana :

Y_n = pembacaan standar

X_n = pembacaan alat

viii. Presentase kelasahan (*error*)

$$e = 1 - A$$

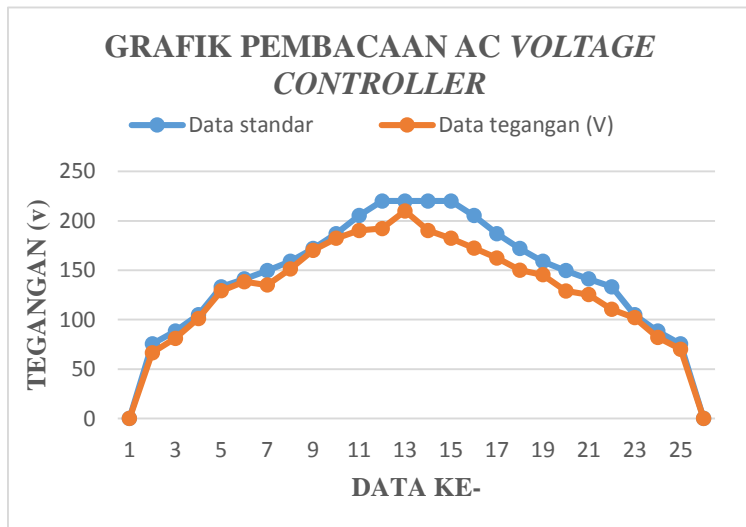
(4.18)

$$e = 1 - 0,991$$

$$e = 0,991 * 100\%$$

$$e = 1\%$$

Berdasarkan data diatas didapatkan hasil grafik pengujian alat yang ditunjukkan seperti dibawah ini :



Gambar 4.6 Grafik pembacaan AC *voltage controller*

Pada gambar 4.6 menunjukkan perbandingan pembacaan standar dengan pembacaan data naik dan turun alat. Pada pembacaan alat naik berbeda dengan pembacaan turun. Meskipun selisih yang dihasilkan tidak terlalu besar namun pada data ke 15 terlihat selisih yang besar dibandingkan data yang lainnya.

Berikut merupakan gambar saat pengujian alat *AC voltage controller* :



(a) (b) (c)

Gambar 4.7 Pengujian *AC voltage controller*

Berdasarkan gambar 4.5 hasil pengujian *AC voltage controller* gambar (a) saat mengukur tegangan pada *AC voltage controller*, gambar (b) pengujian pompa air, dan gambar (c) penunjukan *level* air saat pengujian pompa.

4.1.3 Hasil perhitungan kalibrasi alat sensor ultrasonik HC-SR04

Hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur sensor ultrasonik HC-SR04 dapat dilihat pada lampiran **Tabel 4.3** Data kalibrasi sensor ultrasonik HC-SR04. Sehingga dari tabel tersebut dapat dicari perhitungan nilai ketidakpastiannya.

Berikut perhitungannya :

- i. Ketidakpastian tipe A
 - a. Standar deviasi koreksi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n - 1} \quad (4.19)$$

$$= \frac{3,15668}{10}$$

$$= 0,315668$$

b. U_{A1}

$$U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.20)$$

$$= \frac{0,315668}{\sqrt{11}}$$

$$= 0,09517$$

c. Ketidakpastian regresi U_{A2}

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad (4.21)$$

$$= 1,245$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = Σ SR (*Square Residual*)

SR = R^2 (*Residu*)

Y_i (Nilai koreksi) = Pembacaan std (t) – pembacaan alat (x)

Y_{regesi} = $a + (b * t_i)$ (4.22)

dimana :

$$b = \frac{n \cdot \Sigma t_i y_i - \Sigma t \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma t_i^2 - (\Sigma t)^2} \quad (4.23)$$

$$= \frac{11 \cdot (-368,72) - (275) (-4,44)}{11 \cdot 9625 - 75625}$$

$$= \frac{-116,2}{20625}$$

$$= 0,01298$$

$$\begin{aligned}
 a &= \bar{y} + (b * \bar{t}) & (4.24) \\
 &= -2,08 + (-0,02624 * 27,5) \\
 &= 0,2670
 \end{aligned}$$

Jadi persamaan Yregesi = $0,2670 + (0,01298 * t_i)$

Yang menghasilkan nilai SSR = 13.9709

ii. Ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B dibedakan menjadi 2 parameter ketidakpastian yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian alat standar multimeter (U_{B2}). Berikut perhitungannya :

$$a. \quad U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \quad (4.25)$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,003$$

$$b. \quad U_{B2} = \frac{a}{k} \quad (4.26)$$

dikarenakan pada alat srandar tidak ada setifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasinya) dianggap mendekati 0 dan nilai faktor cakupan dianggap 2. Sehingga hasil $U_{B2} = 0$

iii. Ketidakpastian kombinasi U_c

$$\begin{aligned}
 U_c &= \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} & (4.27) \\
 &= \sqrt{0,09517^2 + 1,245^2 + 0,003^2 + 0^2}
 \end{aligned}$$

$$= 1,2495$$

dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$$V_1 = 9, V_2 = 9, V_3 = \infty, V_4 = 60$$

dengan nilai V_{eff} (nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum^{(U_i)^4/v_i}} \quad (4.28)$$

$$= \frac{(1,2495)^4}{(0,09517)^4 + (1,245/9)^4 + (0,003/\infty)^4 + (0)^4}$$

$$= 9,10$$

$V_{eff} = 9,10$, jika dibulatkan menjadi 9 dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2,44.

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar:

$$U_{exp} = k \times U_c \quad (4.29)$$

$$= 2,44 \times 1,2495$$

$$= 30,49$$

Berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas dapat menghasilkan nilai ketidakpastian alat yaitu sebesar 30,49 dengan nilai tingkat kepercayaan 95% dari tabel T-student. Nilai ketidakpastian tersebut akan dapat dijadikan acuan pembacaan alat ukur pada saat alat ukur digunakan.

4.1.4 Hasil perhitungan kalibrasi AC *voltage controller*

Pada perhitungan pengujian sensor telah diketahui nilai karakteristik statis dan nilai data kalibrasi alat, sehingga untuk alat AC *voltage controller* juga harus dicari perhitungan kalibrasinya agar dapat menjadi acuan pembacaan alat. Berikut merupakan perhitungan alat AC *voltage controller* :

Tabel 4.4 Data kalibrasi AC *voltage controller*

| No | Pembacaan standar (t) | Rata-rata pembacaan (x) | Koreksi (y) | Yregesi | Residu (R) | SR |
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------|---------|------------|----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 75.4 | 66.5 | 8.9 | 23.3 | 14.4 | 208.5 |
| 3 | 88.4 | 81.2 | 7.2 | 24.1 | 16.9 | 288.7 |
| 4 | 104.9 | 101.2 | 3.7 | 25.2 | 21.5 | 465.4 |
| 5 | 133.2 | 129.2 | 4 | 27.1 | 23.1 | 535.0 |
| 6 | 141.2 | 138.5 | 2.7 | 27.6 | 24.9 | 622.7 |
| 7 | 149.7 | 135 | 14.7 | 28.2 | 13.5 | 182.5 |
| 8 | 159.1 | 151.2 | 7.9 | 28.8 | 20.9 | 438.0 |
| 9 | 172 | 170.2 | 1.8 | 29.6 | 27.8 | 776.9 |
| 10 | 187 | 182.3 | 4.7 | 30.6 | 25.9 | 673.8 |
| 11 | 205.4 | 190.3 | 15.1 | 31.8 | 16.7 | 281.0 |
| 12 | 220 | 192.2 | 27.8 | 32.8 | 5.0 | 25.2 |
| 13 | 220 | 210.1 | 9.9 | 32.8 | 22.9 | 525.4 |
| Jumlah | 1856.3 | 1747.9 | 108.4 | 342.4 | 234.0 | 5023.6 |
| Rata-rata | 142.7 | 134.45 | 9.03333 | 28.5 | 19.5 | 418.6 |
| Akar kuadrat | 3E+06 | 3E+06 | 11750.6 | 117290 | 54792.0 | 25237238 |

Berdasarkan data pada tabel 4.4 dapat dihitung nilai ketidakpastian alat. Berikut perhitungannya :

iv. Ketidakpastian tipe A

d. Standar deviasi koreksi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n - 1} \quad (4.30)$$

$$= \frac{24,321}{12}$$

$$= 2,02$$

e. U_{A1}

$$U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.31)$$

$$= \frac{2,02}{\sqrt{13}}$$

$$= 0,56$$

f. Ketidakpastian regresi U_{a2}

$$U_{A2} = \frac{\sqrt{SSR}}{\sqrt{n - 2}} \quad (4.32)$$

$$= 21,37$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = \sum SR (*Square Residual*)

SR = R^2 (*Residu*)

Yi (Nilai koreksi) = Pembacaan std (t) – pembacaan alat (x)

Yregesi = $a + (b * t_i)$ (4.33)

dimana :

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum t_i \cdot \sum y}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t)^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{13 \cdot (18651,23) - (1856) (108,4)}{13 \cdot 313448,5 - 3445850} \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \bar{y} + (b * \bar{t}) & (4.34) \\
 &= 108,4 + (0,06 * 142,8) \\
 &= 18,39
 \end{aligned}$$

Jadi persamaan Yregesi = $18,39 + (0,06 * t_i)$

Yang menghasilkan nilai SSR = 5023,66

- v. Ketidakpastian tipe B
 Pada ketidakpastian tipe B dibedakan menjadi 2 parameter ketidakpastian yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian alat standar multimeter (U_{B2}). Berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 \text{c. } U_{B1} &= \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} & (4.35) \\
 &= \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} \\
 &= 0,003
 \end{aligned}$$

$$\text{d. } U_{B2} = \frac{a}{k} \quad (4.36)$$

dikarenakan pada alat srandar tidak ada setifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasinya) dianggap mendekati 0 dan nilai faktor cakupan dianggap 2. Sehingga hasil $U_{B2} = 0$

- vi. Ketidakpastian kombinasi U_c

$$\begin{aligned}
 U_c &= \sqrt{UA_1^2 + UA_2^2 + UB_1^2 + UB_2^2} & (4.37) \\
 &= \sqrt{2,02^2 + 21,37^2 + 0,003^2 + 0^2} \\
 &= 21,38
 \end{aligned}$$

dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$V_1 = 12, V_2 = 9, V_3 = \infty, V_4 = 60$

dengan nilai V_{eff} (nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{eff} &= \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4/v_i} & (4.38) \\
 &= \frac{(21,38)^4}{(2,02/12)^4 + (21,37/12)^4 + (0,003/\infty)^4 + (0/60)^4} \\
 &= 12,01
 \end{aligned}$$

$V_{eff} = 12,01$, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 5,20.

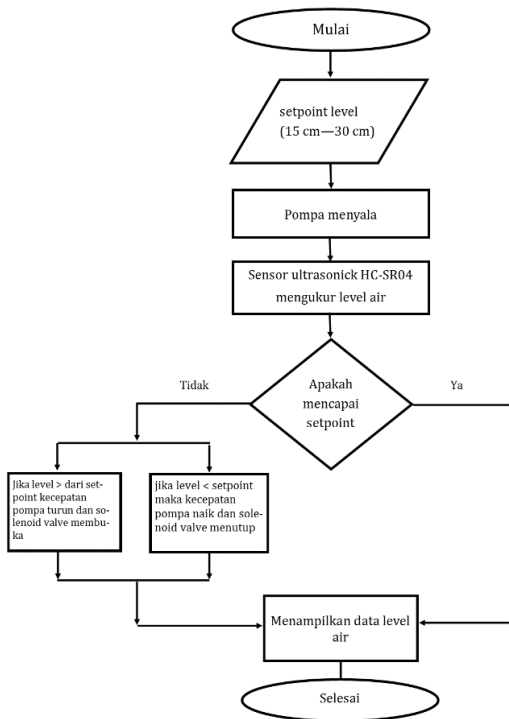
Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar

$$\begin{aligned}
 U_{exp} &= k \times U_c & (4.39) \\
 &= 5,20 \times 21,38 \\
 &= 111,16
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas dapat menghasilkan nilai ketidakpastian alat yaitu sebesar 18,41 dengan nilai tingkat kepercayaan 95% dari tabel T-student. Nilai ketidakpastian tersebut akan dapat dijadikan acuan pembacaan alat ukur pada saat alat ukur digunakan.

4.1.5 Hasil pembuatan *software* sistem pengendalian pada *plant*

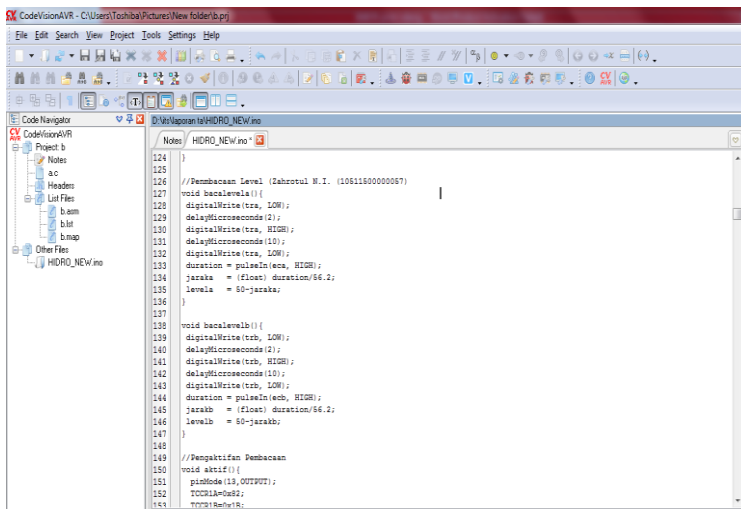
Pada tahap selanjutnya setelah mengkalibrasi alat maka dilakukan pembuatan *software* berdasarkan algoritma yang dibuat sebelumnya agar alat sesuai dengan apa yang diinginkan. Berikut ini merupakan algoritma sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium :



Gambar 4.8 Algoritma sistem pengendalian *level*

Berdasarkan **Gambar 4.8**, algoritma yang dibuat yaitu saat *plant* mulai berjalan maka akan keluar tampilan awal menu *plant* kemudian akan muncul menu pilihan memasukkan nilai *setpoint* yang diinginkan. Selanjutnya *plant* dijalankan dan pompa menyala

mengisi tabung tangki 2 yang kemudian sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur *level* air. Saat sudah mencapai *setpoint* maka data *level* akan ditampilkan, namun jika *level* air lebih dari *setpoint* maka kecepatan pompa akan menurun dan *solenoid valve* akan membuka. Begitu juga sebaliknya ketika *level* air kurang dari *setpoint* maka kecepatan akan bertambah dan *solenoid valve* akan menutup kemudian data ditampilkan. Selanjutnya setelah membuat algoritma, maka membuat *listing program* sistem pengendalian *level* tangki 2. Berikut merupakan screenshot dari *listing program* nya :



```

124 }
125
126 //Pembacaan Level (Zahrosul H.I. (10611800000067)
127 void bacaLevel()
128 {
129     digitalWrite(tcba, LOW);
130     delayMicroseconds(2);
131     digitalWrite(trsa, HIGH);
132     delayMicroseconds(10);
133     digitalWrite(tcba, LOW);
134     duration = pulseIn(eaba, HIGH);
135     jarak = (float) duration/56.2;
136     levela = 50-jarak;
137 }
138
139 void bacaLevelb()
140 {
141     digitalWrite(tcbb, LOW);
142     delayMicroseconds(2);
143     digitalWrite(trsb, HIGH);
144     delayMicroseconds(10);
145     digitalWrite(tcbb, LOW);
146     duration = pulseIn(eabb, HIGH);
147     jarakb = (float) duration/56.2;
148     levelb = 50-jarakb;
149 }
150
151 //Pengkondisian Pembacaan
152 void aksi()
153 {
154     pinMode(13, OUTPUT);
155     digitalWrite(13, HIGH);
156 }

```

Gambar 4.9 *Listing program* sistem pengendalian *level*

Berdasarkan **Gambar 4.9**, merupakan listing program sistem pengendalian *level* air dalam tangki 2 pada sistem hidrostatis skala laboratorium sesuai dengan algoritma yang dibuat. Kemudian listing program setiap sistem disatukan sehingga dapat diintegrasikan dalam plant.

4.1.6 Hasil integrasi sistem pengendalian *level* pada *plant*

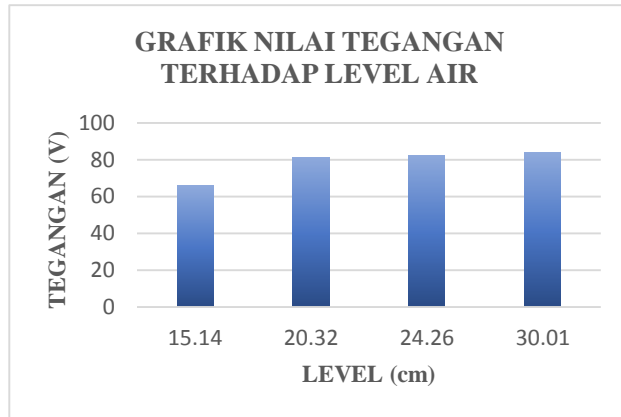
4.1.6.1 Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan AC *voltage controller*

Pada pengujian rangkaian AC *voltage controller* ini dilakukan untuk mengetahui nilai rangkaian yang disambungkan ke pompa agar merubah nilai tegangan untuk menaikkan dan menurunkan kecepatan pompa. Berikut data yang dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Pembacaan AC *voltage controller* terhadap *level* air

| Setpoint (cm) | Pembacaan AC voltage controller (V) | | | | Pembacaan sensor ultrasonik (cm) | | | |
|---------------|-------------------------------------|--------|---------|-----------|----------------------------------|---------|----------|-----------|
| | I (V) | II (V) | III (V) | Rata-rata | I (cm) | II (cm) | III (cm) | Rata-rata |
| 15 | 65.4 | 67.1 | 65.1 | 65.87 | 15.23 | 15 | 15.2 | 15.143 |
| 20 | 81.5 | 81.4 | 81.3 | 81.4 | 19.93 | 20.39 | 20.66 | 20.327 |
| 25 | 82.2 | 82.7 | 82.1 | 82.33 | 23.33 | 25.41 | 24.04 | 24.26 |
| 30 | 83.5 | 84.7 | 83.2 | 83.8 | 29.54 | 30.59 | 29.91 | 30.013 |

Berdasarkan tabel diatas telah dilakukan pengujian pada tangki 2 dengan pengujian beberapa *setpoint*. Tabel diatas menunjukkan nilai tegangan pada rangkaian AC *voltage controller* saat mencapai *setpoint*. Berikut gambar grafiknya:



Gambar 4.10 Grafik nilai tegangan terhadap *level* air

Pada saat memulai *plant*, tegangan yang diberikan pada pompa yaitu tegangan maximum kemudian menurun saat setelah mencapai *setpoint*.

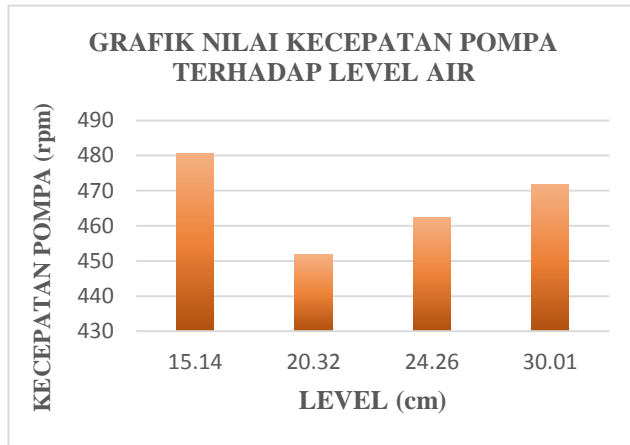
4.1.6.2 Pengujian RPM motor pompa terhadap *level* air

Pada pengujian rpm motor ini dilakukan untuk mengetahui rpm kecepatan pompa saat sudah mencapai *setpoint*. Berikut data yang dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 4.6 Rpm kecepatan pompa terhadap *level* air

| Setpoint (cm) | Pembacaan kecepatan pompa (rpm) | | | | Pembacaan sensor ultrasonik (cm) | | | |
|---------------|---------------------------------|----------|-----------|-----------|----------------------------------|---------|----------|-----------|
| | I (rpm) | II (rpm) | III (rpm) | Rata-rata | I (cm) | II (cm) | III (cm) | Rata-rata |
| 15 | 471.8 | 482.6 | 487.5 | 480.6 | 15.23 | 15 | 15.2 | 15.143 |
| 20 | 447.5 | 456.5 | 451.2 | 451.7 | 19.93 | 20.39 | 20.66 | 20.327 |
| 25 | 459.3 | 465.9 | 461.7 | 462.3 | 23.33 | 25.41 | 24.04 | 24.26 |
| 30 | 461.7 | 475.3 | 478.1 | 471.7 | 29.54 | 30.59 | 29.91 | 30.013 |

Berdasarkan tabel diatas telah dilakukan pengujian pada tangki 2 dengan pengujian beberapa *setpoint*. Tabel diatas menunjukkan nilai rpm kecepatan pompa saat mencapai *setpoint*. Berikut gambar grafiknya:



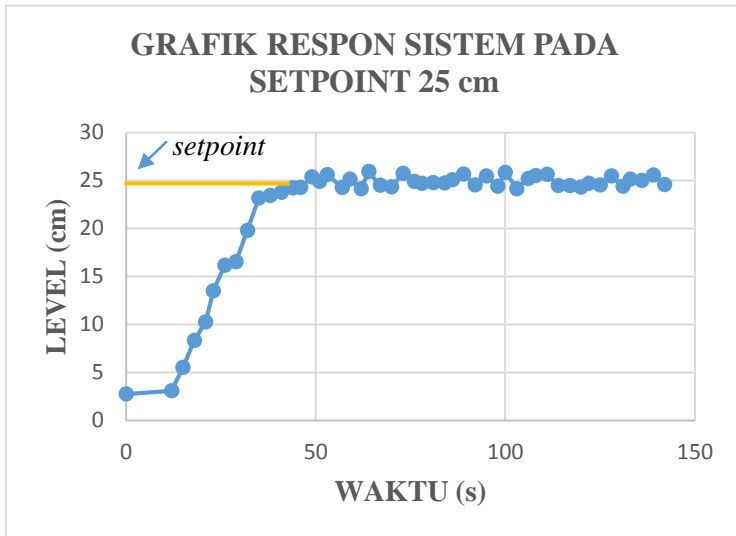
Gambar 4.11 Grafik nilai rpm kecepatan pompa terhadap *level* air

Pada saat memulai *plant*, tegangan yang diberikan pada pompa yaitu tegangan maximum sehingga rpm kecepatan pompa juga maximum sebesar 1283,4 rpm kemudian menurun saat setelah mencapai *setpoint*.

4.1.6.3 Hasil respon sistem

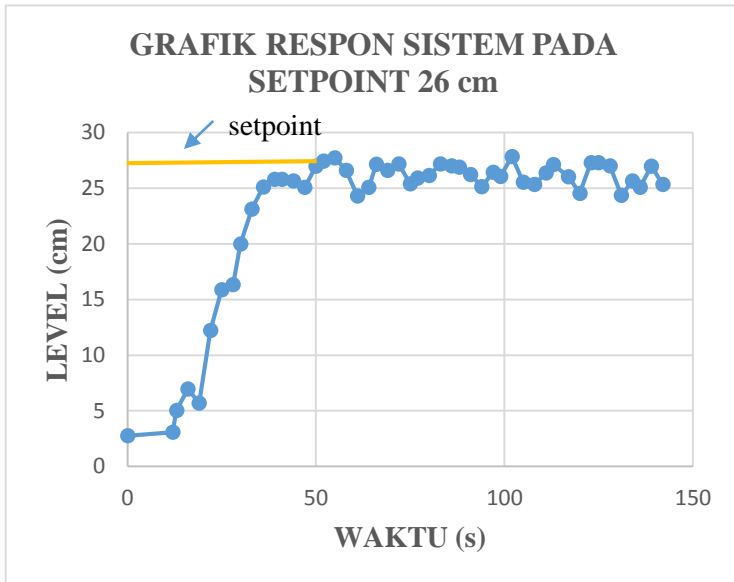
Sistem pengendalian *level* dikatakan dapat berhasil ketika sistem pengendalian dapat menjaga nilai *level* yang diberikan saat *setpoint*. Untuk mencapai nilai *setpoint* yang diberikan dibutuhkan waktu sampai *setpoint*. Waktu tersebut merupakan nilai yang dibutuhkan untuk mencari nilai respon sistem ketika waktu sistem pengendalian mencapai *setpoint* dan mempertahankan *setpoint*. Nilai data pengujian dapat dilihat pada lampiran E-1 **Tabel 4.7** Nilai respon sistem pada *setpoint* 25 cm. Berdasarkan **Tabel 4.7**

didapatkan nilai grafik respon sistem saat sudah mencapai *setpoint*. Berikut grafiknya :



Gambar 4.12 Grafik respon sistem saat *setpoint* 25 cm

Pada grafik diatas menunjukkan waktu yang diperlukan untuk mencapai *setpoint* dan saat waktu mempertahankan nilai *setpoint* yang diberikan. Data menunjukkan sistem membutuhkan waktu 49 detik untuk mencapai *setpoint*. Grafik data diatas menghasilkan nilai respon sistem dari sistem pengendalian level tangki 2. Selanjutnya dilakukan pengujian lagi namun dengan memasukkan nilai *setpoint* 26 cm untuk membandingkan *error steady state* yang dihasilkan. Data pengujian level air pada *setpoint* 26 dapat dilihat pada lampiran F-1 **Tabel 4.8** Nilai respon sistem pada *setpoint* 26 cm. Berdasarkan data yang didapat, didapatkan nilai grafik respon sistem saat sudah mencapai *setpoint*. Berikut grafiknya :



Gambar 4.13 Grafik respon sistem saat *setpoint* 26 cm

Pada grafik diatas menunjukkan waktu yang diperlukan untuk mencapai *setpoint* dan saat waktu mempertahankan nilai *setpoint* yang diberikan. Data menunjukkan sistem membutuhkan waktu 50 detik untuk mencapai *setpoint*. Grafik data diatas menghasilkan nilai respon sistem dari sistem pengendalian *level* tangki 2.

4.1.6.4 Perhitungan respon sistem pengendalian *level* pada *setpoint* 25 cm dan 26 cm

Pada pengambilan data kali ini, diambil dengan dua metode yaitu secara manual dan otomatis. Metode manual dengan meteran ukur yang dipasangkan pada tabung dan metode otomatis menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang kemudian diolah oleh mikrokontroler yang kemudian datanya ditampilkan pada LCD. Pengambilan data dilakukan pada nilai *setpoint* 25 cm dan

setpoint 26 cm. Berdasarkan grafik respon sistem yang telah diperoleh, berikut merupakan perhitungannya :

i. Nilai *error steady state*

a. *setpoint* 25 cm

$$\left| \frac{25-24,94}{25} \right| \times 100\% = 0,2\%$$

b. *setpoint* 26 cm

$$\left| \frac{26-26,25}{26} \right| \times 100\% = 0,1\%$$

ii. Nilai maksimum *overshoot* (Mp)

a. *setpoint* 25 cm

$$Mp = \frac{Y_{mp} - Y_{sp}}{Y_{sp}} \times 100\%$$

$$= \frac{25,94 - 25}{25} \times 100\%$$

$$= 3,7\%$$

b. *setpoint* 26 cm

$$Mp = \frac{Y_{mp} - Y_{sp}}{Y_{sp}} \times 100\%$$

$$= \frac{28,31 - 26}{26} \times 100\%$$

$$= 7,1\%$$

iii. Nilai *Settling Time* (Ts)

a. *setpoint* 25 cm

nilai *settling time* menggunakan 5% dari nilai *setpoint* dengan nilai 26,25 cm batas atas dan 23,75 cm batas bawah, sehingga waktu yang dibutuhkan sebesar 41 detik.

- b. *setpoint* 26 cm
nilai *settling time* menggunakan 5% dari nilai *setpoint* dengan nilai 27,30 cm batas atas dan 24,70 cm batas bawah, sehingga waktu yang dibutuhkan sebesar 52 detik

4.2 Pembahasan

Pada pengujian rancang bangun sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatik skala laboratorium didapatkan nilai tekanan yang sama dengan tangki 1 yaitu sebesar 0,04 bar. Namun nilai laju alirannya berbeda, tangki 1 mempunyai laju aliran lebih besar dibandingkan tangki 2 karena pada tangki 1 terdapat *orifice plate* yang mempercepat laju aliran.

Pengujian aktuator yang digunakan pada setiap tangki memberikan aksi yang sama ketika diberikan sinyal dari mikrokontroler. Namun pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 pada setiap tangki memiliki nilai yang berbeda. Sehingga nilai respon sistem yang dihasilkan juga berbeda karena tangki 1 lebih cepat pengisiannya dari pada tangki 2. Namun pada tangki 2 sistem pengendalian *level* dapat dikendalikan lebih baik sehingga mendapatkan nilai *error steady state* sebesar 0,2% untuk *setpoint* 25 cm dan 0,1% untuk *setpoint* 26 cm. Hal tersebut berbeda dengan tangki 1 yang sistem pengendaliannya tidak sebaik tangki 2.

Pada saat alat dijalankan sensor ultrasonik HC-SR04 akan mengukur *level* air yang kemudian sinyalnya akan diberikan pada mikrokontroler. Pada beberapa pengujian pembacaan sensor ultrasonik tidak mengukur *level* air sesuai dengan pembacaan meteran ukur karena adanya gelombang pada tabung sehingga nilai *level* untuk mempertahankan *setpoint* tidak dapat tepat sama dengan nilai *setpoint* dan hal tersebut juga mempengaruhi aksi

aktuator karena aksi aktuator bergantung dengan sinyal yang diberikan mikrokontroler untuk menjalankan aksi.

Kendala yang didapatkan pada pengujian data adalah pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 yang tidak selalu tepat sehingga mempengaruhi aksi aktuator, tegangan dan arus yang dihasilkan pada setiap komponen mempunyai nilai yang besar sehingga hal tersebut mempengaruhi kinerja setiap komponen yang menyebabkan kabel yang digunakan menjadi panas dan rusak dan waktu pertama kali menjalankan *plant*, *plant* tidak akan langsung dapat berjalan sehingga membutuhkan waktu dan pengujian berulang sampai sistem pada *plant* dapat berjalan sesuai dengan yang diberikan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perancangan *hardware* sistem pengendalian *level* dalam tangki 2 pada sistem hidrostatis skala laboratorium sesuai dengan desain yang dirancang yang pada pengendalian *setpoint* 25 cm yang diukur dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dapat mempertahankan pengendaliannya dengan mengatur kecepatan aktuator (motor pompa air) menggunakan rangkaian *AC voltage controller* yang dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega1284p. .
2. Pada sistem pengendalian *level* didapatkan nilai respon sistem. Pada *setpoint* 25 cm didapatkan hasil dengan nilai *error steady state* sebesar 0,2%, maksimum *overshoot* (Mp) sebesar 3,7%, dan *settling time* sebesar 41 detik. Dan pada *setpoint* 26 cm didapatkan hasil dengan nilai *error steady state* sebesar 0,1%, maksimum *overshoot* (Mp) sebesar 7,1%, dan *settling time* sebesar 52 detik.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan mekanik pada *plant* ini seharusnya keseluruhan menggunakan pipa akrilik agar mengetahui ada tidaknya gelembung dan bahan kabel yang digunakan pada *plant* lebih tahan saat dialiri arus besar.
2. Meletakkan sensor ultrasonik HC-SR04 pada tabung kecil yang dimasukkan ke tabung besar agar jika ada gelombang maka pembacaan sensor tidak akan terlalu jauh dari pembacaan standar.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arijanto, dkk.2015.*Analisa Pengaruh Kekentalan Fluida Air dan Minyak Kelapa Pada Performansi Pompa Sentrifugal*.Semarang : Universitas Diponegoro
- [2] Hamid, Abdul. 2011. *Modul 3: Mekanika Fluida 1*. Jakarta: Universitas Mercu Buana
- [3] Nadiya, Shofiya.2016.*Pemanfaatan Sensor Ultrasonik Dalam Pengukuran Debit Air Pada Saluran Irigasi Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Menggunakan Media Penyimpanan SD CARD*.Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- [4] Kurniawan, Yuda. 2010. *Implementasi Ultrasonic Level Detector pada Sistem Monitoring Tanki Pendam pada SPBU*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- [5] Arasada, Bakhtiyar.2017.*Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno*.Surabaya: Universitas Negeri Surabaya
- [6] Ogata, Katsuhiko.1997.*Modern Control Engineering 3rd Edition*.University of Minnesota
- [7] Dunn, William C.2005.*Fundamental of Industrial Instrumentation and Process Control*.The McGraw-Hill Companies, Inc: United States of America
- [8] Atmel.2009.8-bit Microcontroller with 128K bytes in System Programmable Flash ATmega1284p.Atmel Corporation

- [9] Arifin, Ilfan.2015.*Automatic Water Ketinggian Control Berbasis Mikrocontroller Dengan Sensor Ultrasonik*.Semarang: Universitas Negeri Semarang
- [10] Adisa, dkk.2016.*Pemodelan dan Simulasi Motor Kapasitor pada Kondisi Variable Speed*.Riau: Universitas Riau
- [11] Hart, Daniel W.2011.*Power Electronics*.McGraw-Hill Companies, Inc: New York



Nama lengkap penulis Zahrotul Nailul Izah, lahir di Jombang dari ayah bernama Heri Santoso dan ibu bernama Sariani. Penulis merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara. Mempunyai kakak laki-laki bernama Muchamad Afif Felani. Alamat kos penulis di Surabaya yaitu Jl. Keputih gang IA H.Nurhasyim No.34, Sukolilo Surabaya. Hobbi penulis adalah mendengarkan musik dan membaca komik. Tidak ada yang

menarik jika penulis menilai diri sendiri, akan lebih baik pembaca mengenal penulis secara langsung jika ingin mengetahui penulis. Akan sangat terbuka dan penulis berterima kasih jika pembaca berkenan membagikan pengalaman dan saran tentang penelitian tugas akhir ini kepada penulis. Pembaca bisa menghubungi penulis di kontak dibawah ini :

Email : zahrotulnailulizah@gmail.com

No.WA : +6285745554743

LAMPIRAN A

Tabel 4.1 Pengambilan data sensor ultrasonik HC-SR04

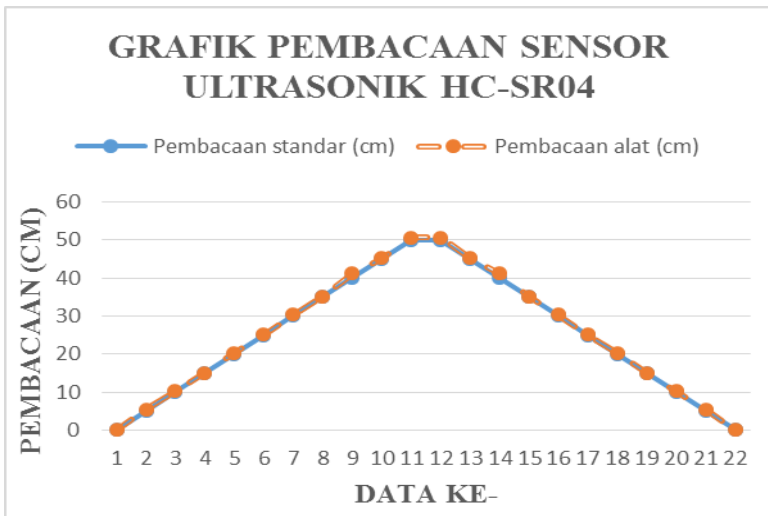
| No | Data Naik | | Data Turun | | H(I) | (std- alat)/std | Non- Linearitas per unit |
|----|-------------|--------------|-------------|--------------|-------|--------------------|--------------------------------|
| | std (cm) | alat (cm) | std (cm) | alat (cm) | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 5 | 5.41 | 5 | 5.41 | 0 | -0.082 | 0.3532 |
| 3 | 10 | 10.25 | 10 | 10.257 | 0.07 | -0.025 | 0.1364 |
| 4 | 15 | 15.052 | 15 | 15.052 | 0 | - 0.003467 | -0.1184 |
| 5 | 20 | 20.34 | 20 | 20.34 | 0 | -0.017 | 0.1128 |
| 6 | 25 | 25.123 | 25 | 25.125 | 0.05 | -0.00492 | -0.161 |
| 7 | 30 | 30.266 | 30 | 30.266 | 0 | - 0.008867 | -0.0748 |
| 8 | 35 | 35.077 | 35 | 35.077 | 0 | -0.0022 | -0.3206 |
| 9 | 40 | 41.21 | 40 | 41.21 | 0 | -0.03025 | 0.7556 |
| 10 | 45 | 45.2 | 45 | 45.201 | 0.045 | - 0.004444 | -0.3112 |
| 11 | 50 | 50.568 | 50 | 50.568 | 0 | -0.01136 | -7.11E- 15 |

LAMPIRAN B

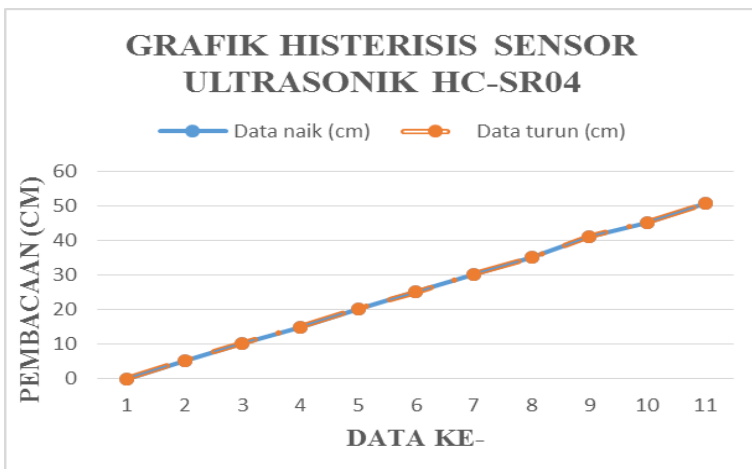
Tabel 4.3 Data kalibrasi sensor ultrasonik HC-SR04

| No | Pembacaan standar (t) | Rata-rata pembacaan (x) | Koreksi (y) | Yregesi | Residu (R) | SR |
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------|---------|------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 5 | 5.41 | -0.41 | 0.332 | 0.742 | 0.5505 |
| 3 | 10 | 10.25 | -0.25 | 0.397 | 0.647 | 0.4185 |
| 4 | 15 | 15.052 | -0.052 | 0.462 | 0.514 | 0.264 |
| 5 | 20 | 20.34 | -0.34 | 0.527 | 0.867 | 0.7513 |
| 6 | 25 | 25.123 | -0.123 | 0.592 | 0.715 | 0.5109 |
| 7 | 30 | 30.266 | -0.266 | 0.657 | 0.923 | 0.8514 |
| 8 | 35 | 35.077 | -0.077 | 0.722 | 0.799 | 0.6378 |
| 9 | 40 | 41.21 | -1.21 | 0.787 | 1.997 | 3.9863 |
| 10 | 45 | 42.2 | 2.8 | 0.852 | -1.948 | 3.7965 |
| 11 | 50 | 50.568 | -0.568 | 0.916 | 1.484 | 2.2037 |
| Jumlah | 275 | 275.496 | -0.496 | 6.242 | 6.738 | 13.971 |
| Rata-rata | 27.5 | 27.5496 | -0.09 | 0.624 | 0.674 | 1.3971 |
| Akar kuadrat | 75625 | 75898.046 | 0.246 | 38.96 | 45.4 | 195.19 |

LAMPIRAN C



Gambar 4.2 Grafik data uji sensor ultrasonik HC-SR04



Gambar 4.3 Nilai histerisis sensor ultrasonik HC-SR04

LAMPIRAN D

Datasheet sensor ultrasonik HC-SR04



Tech Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal.
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time * velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

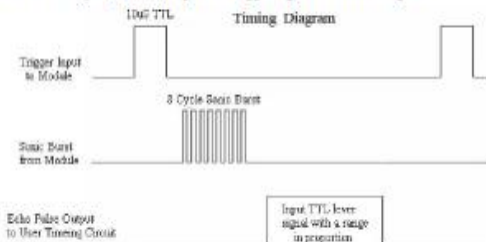
Electric Parameter

| | |
|----------------------|--|
| Working Voltage | DC 5 V |
| Working Current | 15mA |
| Working Frequency | 40Hz |
| Max Range | 4m |
| Min Range | 2cm |
| Measuring Angle | 15 degree |
| Trigger Input Signal | 10uS TTL pulse |
| Echo Output Signal | Input TTL lever signal and the range in proportion |
| Dimension | 45*20*15mm |



Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10 μ s pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{s} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{s} / 148 = \text{inch}$; or the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



LAMPIRAN E

Tabel 4.7 Nilai respon sistem pada setpoint 25 cm

| Setpoint (cm) | Waktu (s) | Level (cm) |
|---------------|-----------|------------|
| 25 | 0 | 2.76 |
| | 26 | 5.52 |
| | 28 | 8.33 |
| | 31 | 10.27 |
| | 34 | 13.51 |
| | 37 | 16.17 |
| | 39 | 16.55 |
| | 42 | 19.82 |
| | 45 | 23.17 |
| | 47 | 23.43 |
| | 50 | 23.79 |
| | 53 | 24.26 |
| | 56 | 24.29 |
| | 59 | 25.38 |
| | 61 | 24.9 |
| | 64 | 25.63 |
| | 67 | 24.27 |
| | 69 | 25.16 |
| | 73 | 24.16 |
| | 75 | 25.94 |
| 78 | 24.51 | |
| 80 | 24.34 | |
| 83 | 25.76 | |
| 86 | 24.9 | |

Lanjutan **Tabel 4.7** Nilai respon sistem pada setpoint 25 cm

| Setpoint (cm) | Waktu (s) | Level (cm) |
|---------------|-----------|------------|
| 25 | 89 | 24.73 |
| | 92 | 24.79 |
| | 94 | 24.75 |
| | 97 | 25.09 |
| | 100 | 25.68 |
| | 102 | 24.54 |
| | 103 | 25.48 |
| | 105 | 24.43 |
| | 108 | 25.85 |
| | 111 | 24.15 |
| | 113 | 25.21 |
| | 116 | 25.53 |
| | 119 | 25.64 |
| | 121 | 24.48 |
| | 124 | 24.48 |
| | 127 | 24.32 |
| | 130 | 24.73 |
| | 133 | 24.54 |
| | 135 | 25.48 |
| | 138 | 24.43 |
| 141 | 25.16 | |
| 144 | 25 | |
| 146 | 25.59 | |
| 149 | 24.57 | |
| 152 | 24.54 | |

LAMPIRAN F

Tabel 4.8 Nilai respon sistem pada setpoint 26 cm

| Setpoint (cm) | Waktu (s) | Level (cm) |
|---------------|-----------|------------|
| 26 | 0 | 2.76 |
| | 24 | 3.08 |
| | 27 | 5.05 |
| | 30 | 6.96 |
| | 32 | 5.69 |
| | 35 | 12.22 |
| | 38 | 15.87 |
| | 41 | 16.33 |
| | 44 | 20 |
| | 46 | 23.13 |
| | 49 | 25.12 |
| | 52 | 25.8 |
| | 55 | 25.8 |
| | 57 | 25.66 |
| | 60 | 25.07 |
| | 63 | 26.99 |
| | 66 | 27.45 |
| | 68 | 27.74 |
| | 71 | 26.6 |
| | 74 | 24.32 |
| 77 | 25.07 | |
| 80 | 28.15 | |
| 82 | 26.6 | |
| 85 | 27.17 | |

Lanjutan **Tabel 4.8** Nilai respon sistem pada setpoint 26 cm

| Setpoint (cm) | Waktu (s) | Level (cm) |
|------------------|--------------|---------------|
| 26 | 88 | 25.39 |
| | 91 | 25.91 |
| | 93 | 26.14 |
| | 96 | 27.17 |
| | 99 | 27.01 |
| | 101 | 26.9 |
| | 103 | 26.23 |
| | 105 | 25.14 |
| | 108 | 26.44 |
| | 111 | 26.07 |
| | 113 | 27.85 |
| | 116 | 25.55 |
| | 119 | 25.34 |
| | 122 | 26.37 |
| | 125 | 27.12 |
| | 127 | 26.03 |
| | 130 | 24.54 |
| | 133 | 27.3 |
| | 136 | 28.31 |
| | 138 | 27.01 |
| 141 | 24.36 | |
| 144 | 25.66 | |
| 147 | 25.07 | |
| 149 | 26.99 | |
| 152 | 25.34 | |

LAMPIRAN G

Listing Program sistem pengendalian *level* dalam tangki 2

```
#include <mega1284p.h>
#include <alcd.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
void bacalevelka();
void bacalevelki();
void setpin();
void setMov(unsigned int persen);
void setPmp(unsigned int persena);
void tespmp();
void tesmov();
void aktifmov();
void nonaktifmov();
void aktifpmp();
void nonaktifpmp();
void menu();
void setting();
void setWifi();
void kontrol();
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
    counterki++;
}
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)
{
    counterka++;
}
```

```

interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
TCNT0=0x64;
mili++;
if(mili>10){
    flowka = (float) counterka*0.1/4.8;
    flowki = (float) counterki*0.1/4.8;
    bacalevelka();
    bacalevelki();
    vola  = (float) 3.14*0.01*levelka*10;
    presa = (float) leveka/100;
    voli  = (float) 3.14*0.01*levelki*10;
    presi = (float) levelki/100;
    kontrol();
    mili=0;
    msdetik++;
    if(msdetik>=10){
        detik++;
        i++;
        if(detik>=periode){
            flowka=saveFlowKa[i];
            flowki=saveFlowKi[i];
            levelka=saveLevelKa[i];
            levelki=saveLevelKi[i];
            detik=0;
        }
    }
}
void bacalevelka(){
    tra=1;
    delay_us(10);
    tra=0;
    for(;;){
        if(eca==1){

```

```

        cntlvlka=0;
        break;
    }
}
for(;;){
    cntlvlka++;
    if(eca==0){
        break;
    }
}
time = (float) 0.0000000625*cntlvlka;
jaraka = (float) (time*343)/2;
jarakaCm = (float) (cntlvlka*31.133+26.98)/1000;
levelka = (float) 50-jarakaCm;
if(levelka<0){ levelka=0;}
}
void setPmp(unsigned int persena){
    data2 = persena*2.5+250;
    OCR1BH = (unsigned char)((((data2 & (unsigned
int)0xFF00))>>8);
    OCR1BL = (unsigned char) (data2 & (unsigned
int)0x00FF);
}
void aktifpmp(){
    DDRD.4=1;
    TCCR1A=0x22;
    TCCR1B=0x1B;
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;
    ICR1H=0x13;
    ICR1L=0x87;
}
void nonaktifpmp(){

```

```

PORTD.4=1;
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
}
  if(!dn){
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Valve kanan");
    delay_ms(300);
    vala=konek;
    valb=putus;
  }
}
void tespmp(){
  i=35;
  aktifpmp();
  for(;;){
    if(!up){ i++; delay_ms(100);}
    if(!dn){ i--; delay_ms(100);}
    if(!ok){ delay_ms(200); lcd_clear(); break; }
    if(i>100) {i=10; delay_ms(10);}
    if(i<10) {i=100; delay_ms(10);}
    data2 = i*2.5+250;
    //OCR1BH = (unsigned char)(((data & (unsigned
int)0xFF00)>>8);
    //OCR1BL = (unsigned char) (data & (unsigned
int)0x00FF);
    setPmp(i);
    sprintf(buff,"MTR : %4d %%",i);
    lcd_gotoxy(0,0);

```

```

    lcd_puts(buff);
    sprintf(buff,"PWM : %4d ",data2);
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_puts(buff); }
    nonaktifpmp(); }
// Kontrol kanan
if(levelki > splvl+5){
pmp=savePmp;
pmp=10;
aktifpmp();
setPmp(10);delay_ms(500);
nonaktifpmp();
}
if(levelki < splvl+5 && levelki >= splvl+2){
pmp = savePmp;
pmp=30;
aktifpmp();
setPmp(30);delay_ms(500);
nonaktifpmp();
}
if(levelki < splvl+2 && levelki >= splvl-2){
pmp = savePmp;
aktifpmp();
setPmp(pmp);delay_ms(500);
nonaktifpmp();
}
if(levelki <= splvl-5){
pmp=90;
aktifpmp();
setPmp(90);
delay_ms(500);
nonaktifpmp();
}
}

```


LAMPIRAN H

Datasheet ATmega1284p

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPs Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 128K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 4K Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 16K Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE Std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - Two 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - Differential mode with selectable gain at 1x, 10x or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Two Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 1.8 - 5.5V for ATmega1284P
- Speed Grades
 - 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V
 - 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V
 - 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 26°C
 - Active: 0.4 mA
 - Power-down Mode: 0.1 µA
 - Power-save Mode: 0.7 µA (Including 32 kHz RTC)



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 128K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega1284P

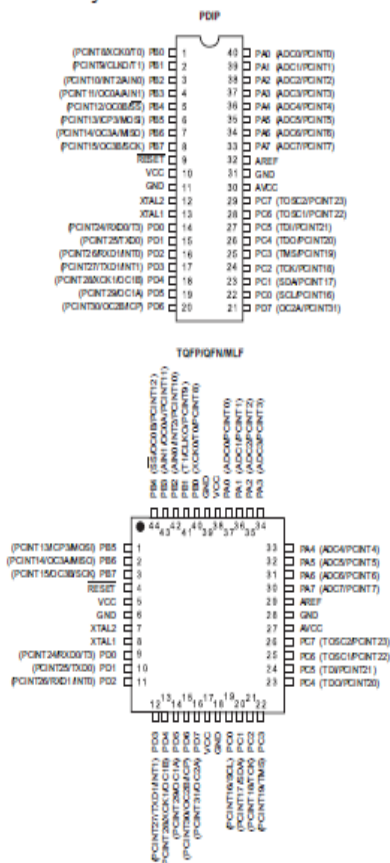
Preliminary

0250C-AV11-1/03



1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega1284P



Note: The large center pad underneath the QFN/NMFL package should be soldered to ground on the board to ensure good mechanical stability.