

PROYEK AKHIR - VK 194833

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN PH
PADA TANGKI PENCAMPURAN UNTUK Mendukung
PRAKTIKUM INSTRUMENTASI DAN PENGENDALIAN
PROSES**

HALIMATUS SYA'DIAH

NRP 10411810000042

ANNISA DHEA WIDYANTI

NRP 10411810000044

Dosen Pembimbing

Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T.

NIP 199211062019031020

Program Studi Sarjana Terapan

Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Departemen Teknik Kimia Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



PROYEK AKHIR - VK 194833

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN PH
PADA TANGKI PENCAAMPURAN UNTUK Mendukung
PRAKTIKUM INSTRUMENTASI DAN PENGENDALIAN
PROSES**

HALIMATUS SYA'DIAH

NRP 10411810000042

ANNISA DHEA WIDYANTI

NRP 10411810000044

Dosen Pembimbing

Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T.

NIP 199211062019031020

Program Studi Sarjana Terapan

Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Departemen Teknik Kimia Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - VK 194833

**DESIGN A PH CONTROL SYSTEM ON MIXING TANK TO
SUPPORT INSTRUMENTATION AND PROCESS
CONTROL EXPERIMENT**

HALIMATUS SYA'DIAH

NRP 10411810000042

ANNISA DHEA WIDYANTI

NRP 10411810000044

Advisor

Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T.

NIP 199211062019031020

Study Program in Bachelor of Applied Science

Industrial Chemical Engineering Technology

Department of Industrial Chemical Engineering

Faculty of Vocational

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Proyek Akhir dengan Judul:
“Rancang Bangun Sistem Pengendalian pH pada Tangki Pencampuran untuk Mendukung Praktikum Instrumentasi dan Pengendalian Proses”

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
Di Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Halimatus Sya'diah

NRP: 1041181000042

Annisa Dhea Widyanti

NRP: 1041181000044

Disetujui Oleh:

Pembimbing:

1. Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T.
NIP 199211062019031020



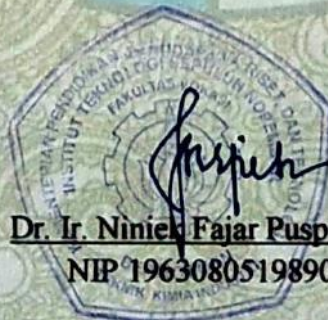
Penguji:

1. Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.
NIP 196308051989032002
2. Dr.Eng. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.
NIP 198410232009122009



Surabaya, 20 Juli 2022

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi



Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.
NIP 196308051989032002

APPROVAL SHEET

Final Project with Title:
"Design A pH Control System On Mixing Tank To Support Instrumentation And
Process Control Experiment"

Submitted to fulfill one of the requirements for obtaining a degree
Bachelor of Applied Engineering (S.Tr.T)
at Department of Industrial Chemical Engineering
Faculty of Vocational Studies
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By:
Halimatus Sya'diah NRP: 1041181000042
Annisa Dhea Widyanti NRP: 1041181000044


Approved by:
Advisor:

1. Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T.
NIP 199211062019031020



Examiner:

1. Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.
NIP 196308051989032002
2. Dr.Eng. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.
NIP 198410232009122009



Surabaya, 20 July 2022
Head of Industrial Chemical Engineering Department
Faculty of Vocational Studies



Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.
NIP 196308051989032002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:


Nama mahasiswa / NRP : Halimatus Sya'diah
NRP. 10411810000042
Annisa Dhea Widyanti
NRP. 10411810000044
Departemen : Teknik Kimia Industri
Dosen Pembimbing / NIP : Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T.
NIP 199211062019031020

Dengan ini menyatakan bahwa Proyek Akhir dengan judul "***Rancang Bangun Sistem Pengendalian pH Pada Tangki Pencampuran Untuk Mendukung Praktikum Instrumentasi Dan Pengendalian Proses***" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 20 Juli 2022

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Daril Ridho Zuchrillah S.T., M.T.
NIP 199211062019031020

Mahasiswa I



Halimatus Sya'diah
NRP 10411810000042

Mahasiswa II



Annisa Dhea Widyanti
NRP 10411810000044

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Halimatus Sya'diah
NRP. 10411810000042
Annisa Dhea Widyanti
NRP. 10411810000044
Department : Industrial Chemical Engineering
Advisor / NIP : Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T.
NIP 199211062019031020

Hereby declare that the Final Project with the title of "*Design A pH Control System On Mixing Tank To Support Instrumentation And Process Control Experiment*" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 20 July 2022

Acknowledged,
Advisor



Daril Ridho Zuchrillah S.T., M.T.
NIP 199211062019031020

Student I



Halimatus Sya'diah
NRP 10411810000042

Student II



Annisa Dhea Widyanti
NRP 10411810000044

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN PH PADA TANGKI PENCAMPURAN UNTUK Mendukung PRAKTIKUM INSTRUMENTASI DAN PENGENDALIAN PROSES

Nama Mahasiswa / NRP : 1. Halimatus Syadiah / 1041181000042
2. Annisa Dhea Widyanti / 1041181000044
Departemen : Teknik Kimia Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Daril Ridho Zuchrillah S.T., M.T.

Abstrak

Keakurasian pengukuran pH cairan merupakan aspek terpenting dalam beberapa proses aplikasi, seperti industri minyak, industri kimia. Departemen Teknik Kimia Industri terdapat mata kuliah Instrumentasi dan Pengendalian Proses (IPP) yang bertujuan untuk mengenalkan mahasiswa teknik kimia industri terhadap instrumentasi dan pengendalian proses. Hingga saat ini, pengenalan terhadap instrumentasi serta sistem pengendalian proses hanya terbatas pada teori dan perhitungan, serta percobaan pada Matlab Simulink tanpa menggunakan instrumentasi nyata. Sehingga dibuat sistem pengendalian pH pada tangki pencampuran untuk mendukung praktikum Instrumentasi dan Pengendalian Proses dengan menggunakan Mikrokontroler Arduino MEGA2560, sensor pH 4502-C dan *motorized ball valve* sebagai aktuator. Perancangan dilakukan dengan membuat *prototype* sistem kontrol pada tangki kemudian melakukan percobaan untuk mengetahui kinerja alat sistem pengendalian. Berdasarkan pengujian nilai K_p , K_i , K_d didapat respon sistem terbaik menggunakan pengendalian propotional-integral dengan nilai $K_p = 15$ dan $K_i = 1,5$ pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 15,43%, *undershoot* sebesar 8,57% serta *rise time* dan *settling time* masing masing sebesar 3s dan <50s.

Kata Kunci : Pengendalian Proses, pH, Netralisasi, Tangki Pencampuran.

ABSTRACT

DESIGN A PH CONTROL SYSTEM ON MIXING TANK TO SUPPORT INSTRUMENTATION AND PROCESS CONTROL EXPERIMENT

Name/NRP : 1. Halimatus Syadiah / 10411810000042
2. Annisa Dhea Widyanti / 10411810000044
Departement : Industrial Chemical Engineering FV-ITS
Advisor Lecturer : Daril Ridho Zuchrillah S.T., M.T.

Abstract

The accuracy of liquid pH measurement is the most important aspect in some application processes, such as the oil industry, indutri kimia. The Department of Industrial Chemical Engineering has a course in Instrumentation and Process Control (IPP) which aims to introduce industrial chemical engineering students to instrumentation and process control. Until now, the introduction of instrumentation and process control systems has only been limited to theory and calculations, as well as experiments on Matlab Simulink without using real instrumentation, and only using plants made in Simulink. So that a liquid pH control system and system a pH control system module on the tank were made to support instrumentation and process control practicum using the Arduino MEGA2560 Microcontroller and pH sensor 4502-C. Design was carried out by making a prototype of the control system on the tank then conducting an experiment to find out the performance of the sensor of systems Based on testing the value of K_p , K_i , K_d obtained best system responses is propotional-integral with a variable value of $K_p = 15$ and $K_i = 1.5$ in the pH neutralization tool system from the initial pH of 5 to pH 7 having an overshoot of 15.43%, an undershoot of 8.57% and a rise time and settling time of 3s and <50s.

Keywords : *Process Control, pH, Neutralization, Mixing Tank*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan proposal proyek penelitian kami yang berjudul “**Rancang Bangun Sistem Pengendalian pH Pada Tangki Pencampuran Untuk Mendukung Praktikum Instrumentasi Dan Pengendalian Proses**”

Penyusunan Laporan Proyek akhir merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi D-4 Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat, Hidayah- Nya serta memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya
2. Kedua Orang Tua, dan Keluarga yang senantiasa telah mendoakan dan memberikan dukungan serta motivasi baik secara moril maupun material
3. Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
4. Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Proyek Akhir yang senantiasa membimbing dan membantu kami dalam penyusunan proyek akhir.
5. Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T. selaku Koordinator Proyek Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
6. Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M Pd selaku Dosen Wali kami di Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
7. Segenap Dosen, staff dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
8. Rekan rekan angkatan 2018 (Graphene18) Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
9. Serta semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat kami sebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa laporan proyek akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan, sehingga saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat kami perlukan. Semoga proposal proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
APPROVAL SHEET	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
STATEMENT OF ORIGINALITY	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	2
I.3. Tujuan Proyek Akhir	2
I.4. Manfaat Proyek Akhir	2
I.5. Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Teori pH	3
II.2 Pengukuran pH	3
II.3 Sistem Pengendalian Proses	3
II.3.1 Sistem Kontrol <i>Open-Loop</i>	4
II.3.2 Sistem Kontrol <i>Close-Loop</i>	5
II.4 Sistem Pengendalian PID	5
II.5 Mikrokontroler Arduino Mega 2560	6
II.6 Sensor pH-4502 C	7
II.7 Motorized Ball Valve	8
II.8 LCD (Liquid Crystal Display)	9
II.9 Relay	9
II.10 Catu Daya (<i>Power Supply</i>)	9
II.11 Arduino IDE	10
BAB III METODOLOGI PERANCANGAN ALAT	11
III.1 Diagram Alir Penelitian	11
III.2 Konsep	11
III.2.1 Studi Literatur	11
III.3 Perancangan Desain Alat dan Program Pengendalian pH	12
III.3.1 Perancangan Desain Alat dan Sistem Kerja	12
III.3.2 Konfigurasi Sistem Alat	12
III.3.3 Perancangan Sistem Hardware	12
III.3.4 Perancangan Sistem Software	13
III.4 Pembuatan Alat dan Program	13
III.5 Pengujian Alat	14
III.6 Analisa Data	14
III.7 Renaca Jadwal Proyek	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
IV.1 Peralatan Pengendalian pH	17
IV.1.1 Hasil Perancangan Alat	17
IV.1.2 Hasil <i>Prototype</i> Alat	19

IV.2 Uji Kinerja Alat	22
IV.2.1 Kalibrasi Sensor	22
IV.2.2 Pengujian Sistem Open-Loop.....	25
IV.2.3 Pengujian Sistem Close-Loop	25
IV.3 Analisa Data	30
IV.3.1 Analisa Pengendalian <i>Propotional</i>	30
IV.3.2 Analisa Pengendalian <i>Propotional-Integral</i>	30
IV.3.1 Analisa Pengendalian <i>Propotional-Integral-Derrivative</i>	31
BAB V KESIMPULAN	33
V.1 Kesimpulan.....	33
V.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	xii
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Diagram <i>Open-Loop</i>	5
Gambar 2.2 Blok Diagram <i>Close-Loop</i>	5
Gambar 2.3 Blok Diagram Kontrol PID	6
Gambar 2.4 Mikrokontroler Arduino MEGA2560	7
Gambar 2.5 Sensor pH-4502C	8
Gambar 2.6 Elektroda sensor pH	8
Gambar 2.7 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	9
Gambar 2.8 Catu Daya (<i>Power Supply</i>).....	10
Gambar 2.9 Arduino IDE.....	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	11
Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Alat dan Program pada Sistem Pengendalian pH....	12
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem <i>Hardware</i>	13
Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem <i>Software</i>	13
Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan Alat Pengendalian pH	14
Gambar 4.1 Blok Diagram Proses Pengendalian pH	17
Gambar 4.2 P&ID Sistem Kontrol pH.....	17
Gambar 4.3 Desain 3D Peralatan Sistem Pengendalian pH	18
Gambar 4.4 Diagram Alir Proses <i>Monitoring</i> dan <i>Controlling</i> Tangki Pencampuran	18
Gambar 4.5 Peralatan Proses Pengendalian pH	20
Gambar 4.6 Tangki Asam dan Basa	20
Gambar 4.7 Sensor pH pada Tangki Pencampuran	21
Gambar 4.8 Sistem <i>Wiring Hardware</i> Pengendalian pH.....	21
Gambar 4.9 Program pada Arduino IDE	22
Gambar 4.10 Display pada LCD.....	22
Gambar 4.11 Pembacaan Sensor pada Buffer pH 4.....	24
Gambar 4.12 Pembacaan Sensor pada Buffer pH 7.....	24
Gambar 4.13 Pembacaan Sensor pada Buffer pH 10.....	24
Gambar 4.14 Pembacaan Sensor pada Sistem <i>Open loop</i>	25
Gambar 4.15 Pembacaan Sensor saat Kp 15.....	26
Gambar 4.16 Pembacaan Sensor saat Kp 17.....	26
Gambar 4.17 Pembacaan Sensor saat Kp 19.....	26
Gambar 4.18 Pembacaan Sensor saat Kp 15; Ki 0,5	27
Gambar 4.19 Pembacaan Sensor saat Kp 15; Ki 1	28
Gambar 4.20 Pembacaan Sensor saat Kp 15; Ki 1,5	28
Gambar 4.21 Pembacaan Sensor saat Kp 15; Ki 1,5 ; Kd 0,001	29
Gambar 4.22 Pembacaan Sensor saat Kp 15; Ki 1,5 ; Kd 0,01	29
Gambar 4.23 Pembacaan Sensor saat Kp 15; Ki 1,5; Kd 0,05	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino MEGA2560	7
Tabel 3.1 Rencana Jadwal Proyek	14
Tabel 4.1 Spesifikasi Komponen yang digunakan.....	19
Tabel 4.2 Hasil Pembacaan Sensor pada Larutan Buffer pH 4, 7, dan 10.....	23
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Nilai Kp	27
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Nilai Kp dan Ki	28
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Nilai Kp, Ki dan Kd	29

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Mixing adalah operasi unit di mana-mana dalam industri makanan dan digunakan tidak hanya untuk menggabungkan beberapa bahan, tetapi juga untuk mengontrol reaksi dan mengubah struktur. Proses pencampuran dapat dilakukan di dalam sebuah tangki yang disebut *mixing tank* (Cullen dkk., 2017). Proses pencampuran (*mixing process*) itu sendiri merupakan salah satu bagian penting dalam dunia industri. Pada proses *mixing*, terdapat beberapa parameter, seperti: *level*, *flow*, suhu, dan tekanan. Parameter ini harus dijaga agar output dari proses *mixing* sesuai dengan yang diinginkan (Bowler dkk., 2020). Proses pengendalian pH asam dengan basa berperan signifikan dalam berbagai dunia industri. Proses pengendalian ini dapat ditemukan pada pengolahan air limbah industri (*waste water treatment*), *biochemical process*, *cooling water* dan lain-lain. Nilai pH merupakan suatu indeks kadar ion hidrogen (H^+) yang mencirikan keseimbangan asam dan basa (Yulis, 2018). Kontrol pH merupakan gabungan dari banyak bidang dalam teknik kimia dan bioteknologi, seperti pada proses netralisasi air limbah yang bertujuan untuk memastikan bahwa air limbah yang akan dibuang memiliki pH sesuai (Hermansson & Syafiie, 2015). Proses kontrol pH juga digunakan untuk keperluan fermentasi, industri minuman, koagulasi sebagai bagian dari pengolahan air dan pertumbuhan alga dalam produksi biomassa (Cho dkk., 2015; Sun dkk., 2019; Tsai dkk., 2014; Yusuf dkk., 2018).

pH adalah parameter kimia penting yang pemantauan dan kontrolnya penting untuk berbagai bidang aplikasi, termasuk kimia, tekstil, farmasi, biomedis, sektor penelitian lingkungan, dan industri pengolahan makanan. Kontrol pH cukup sulit dilakukan karena tingginya nonlinieritas proses di sekitar titik netralisasi. Nonlinieritas muncul dalam kurva titrasi yang terkait dengan proses pH. Perolehan *Gain* proses secara drastis di area perantara kurva di sekitar titik netralisasi. Selain itu, bentuk kurva titrasi terdistorsi ketika status umpan berubah. Situasi ini meningkatkan kompleksitas sistem kontrol untuk pH (Ali, 2001). Karena alasan ini beberapa peneliti melakukan percobaan terhadap kontrol pH. Pada tahun 2018, Yusuf dkk. Merancang alat pendeteksi pH pada minuman menggunakan mikrokontroler Arduino Uno ATMEGA328 dengan sensor pH. Sensor pH yang digunakan dapat mendeteksi kadar keasaman dengan rata-rata selisih pH 0,1 dan *monitoring* dilakukan dengan menggunakan laptop. Penelitian lainnya dilakukan oleh Fuad & Zuhrie pada tahun 2019, dimana peneliti membuat rancangan sistem pengendalian pH pada hidroponik plant menggunakan pengendali PID berbasis Arduino Uno, dari penelitian tersebut didapatkan performansi sistem terbaik dengan menggunakan nilai $K_p = 2,082$; $K_i = 1$; dan $K_d = 0,2462$ pada *setpoint* 6 dan didapatkan *time settling* 283 detik dan *error steady state* = 0,67%.

Departemen Teknik Kimia Industri (DTKI) merupakan salah satu departemen yang berada di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), dibawah Program Diploma ITS. Departemen ini menyediakan program studi Diploma 4 (sarjana terapan) di bidang teknologi rekayasa. Program pendidikan Sarjana Terapan terdiri dari 40% untuk kegiatan yang bersifat teoritis dan 60% untuk kegiatan yang berupa praktek. Terdapat mata kuliah Instrumentasi dan Pengendalian Proses (IPP) yang bertujuan untuk mengenalkan mahasiswa Teknik Kimia Industri mengenai instrumentasi dan pengendalian proses. Mata kuliah Instrumentasi dan Pengendalian Proses membahas mengenai instrumentasi yang 2 digunakan untuk pengendalian proses seperti sensor, *controller*, *transmitter*, perhitungan *laplace transform*, dll, serta sistem pengendalian proses khususnya dalam hal *monitoring* dan *controlling*. Hingga saat ini, pengenalan terhadap instrumentasi serta sistem pengendalian proses hanya terbatas pada teori dan perhitungan, serta percobaan pada matlab mengenai *respond time* PID *Controller* antara

kontrol level dan kontrol suhu. Percobaan pada matlab tersebut hanya terbatas pada pembuatan plant di Matlab Simulink tanpa menggunakan instrumentasi secara langsung. Sehingga dibuat sistem kontrol pengendalian pH cairan pada tangki berbasis kontrol PID. Peralatan sistem pengendalian pH pada tangki pencampuran ini dapat membantu mahasiswa Teknik Kimia Industri untuk mengetahui cara kerja sistem pengendalian pH cairan secara nyata.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah pada program ini adalah :

1. Perancangan sistem pengendalian pH pada tangki pencampuran sehingga alat ini dapat menunjang pembelajaran mata kuliah Instrumentasi Pengendalian Proses
2. Bagaimana Pengaruh kontrol PID khususnya dengan perubahan nilai Kp, Ki, Kd terhadap respon sistem pengendalian pH?

I.3. Tujuan Proyek Akhir

Berdasarkan rumusan masalah yang diperoleh, tujuan pada proyek akhir ini adalah :

1. Untuk mendapatkan rancangan sistem pengendalian pH pada tangki pencampuran sehingga alat ini dapat menunjang pembelajaran mata kuliah Instrumentasi Pengendalian Proses
2. Untuk mengetahui pengaruh kontrol PID mengenai perubahan nilai Kp, Ki, Kd terhadap respon sistem pengendalian pH.

I.4. Manfaat Proyek Akhir

Manfaat Proyek Akhir bagi Departemen Teknik Kimia industri adalah terciptanya *prototype* tangki pencampuran dengan pengendalian pH yang dapat digunakan sebagai peralatan penunjang praktikum Mata Kuliah Instrumentasi dan Pengendalian Proses (IPP), serta dapat bermanfaat sebagai alat netralisasi limbah cair hasil praktikum.

Manfaat Proyek Akhir ini bagi mahasiswa adalah dapat mengetahui pengendalian proses secara nyata menggunakan *prototype* system pengendalian pH pada tangki pencampuran.

I.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan sistem kontrol pH pada tangki *mixing* yang memiliki fungsi untuk pengendalian pH pada tangki *mixing* menggunakan sensor pH 4502-C, mikrokontroler Arduino Mega 2560, dan aktuator *motorized ball valve* dengan sistem pengendalian PID.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Teori pH

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal atau netral memiliki nilai 7, sementara bila nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan keasaman (Yusuf dkk., 2018). Karena konsentrasi ion-ion H^+ dan OH^- dalam larutan air seringkali sangat kecil, diusulkan oleh Soren Sorensen (1909) suatu pengukuran yang lebih praktis yang disebut pH yang didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen (dalam mol/L).

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (2.1)$$

Dengan demikian, pH merupakan cara yang sederhana untuk menyatakan konsentrasi ion hidrogen yang sangat kecil. Dengan naiknya pH konsentrasi ion H^+ menurun. Perubahan konsentrasi H^+ akan merubah konsentrasi OH^- dan sebaliknya. Kedua ion ada dalam sistem larutan air. Keasaman dan kebasaaan pada 25°C dapat diidentifikasi melalui nilai pH-nya :

- a. Larutan asam : $[\text{H}^+] > 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$, $\text{pH} < 7,0$
- b. Larutan basa : $[\text{H}^+] < 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$, $\text{pH} > 7,0$
- c. Larutan netral : $[\text{H}^+] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$, $\text{pH} = 7,0$

pH adalah nilai logaritmik aktivitas ion hidrogen (αH^+ dalam mol/l) dalam larutan yang didefinisikan sebagai

$$\text{pH} = -\log_{10} \alpha\text{H}^+ \quad (2.1)$$

Di mana aktivitas hidrogen-ion didefinisikan sebagai

$$\alpha\text{H}^+ = \gamma_{\text{H}^+} \cdot [\text{H}^+] \quad (2.2)$$

di mana γ adalah koefisien aktivitas dan $[\text{H}^+]$ adalah konsentrasi ion hidrogen. Aktivitas dan konsentrasi ion hidrogen harus dibedakan seperti dalam larutan dengan konsentrasi ionik tinggi, aktivitas ion hidrogen kurang dari konsentrasi ion hidrogen yang sebenarnya, sedangkan dalam larutan ionik encer mereka dapat dianggap sama, maka $\gamma \approx 1$ (Hermansson & Syafie, 2015).

II.2 Pengukuran pH

Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hidrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektrokimia dari ion hidrogen atau diistilahkan dengan potential of hidrogen. Sensor pH akan mengukur potensial antara *mercury chloride* (HgCl) pada elektroda pembanding dan *potassium chloride* (KCl) yang merupakan larutan didalam gelas electrode serta potensial antara larutan dan elektroda perak. Tetapi potensial antara sampel yang tidak diketahui dengan elektroda gelas dapat berubah tergantung sampelnya, oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan larutan yang ekuivalen yang lainnya untuk menetapkan nilai dari pH. Elektroda pembanding calomel terdiri dari tabung gelas yang berisi *potassium chloride* (KCl) yang merupakan elektrolit yang mana terjadi kontak dengan *mercury chloride* (HgCl) diujung larutan KCl . Tabung gelas ini mudah pecah sehingga untuk menghubungkannya digunakan ceramic berpori atau bahan sejenisnya.

II.3 Sistem Pengendalian Proses

Sistem pengendalian atau sistem kontrol adalah susunan beberapa komponen yang terangkai membentuk aksi pengendalian. Sistem pengendalian yang diterapkan dalam teknologi proses disebut sistem pengendalian proses. Dalam bidang ini, pengendalian proses diterapkan

pada reaktor, penukar panas (*heat exchanger*), kolom pemisahan (misalnya distilasi, absorpsi, ekstraksi), tangki penampung cairan, aliran fluida, dan masih banyak lagi. Didalam suatu proses banyak parameter yang harus dikendalikan. Diantaranya yaitu ketinggian (*level*) suhu (*temperature*), aliran (*flow*), tekanan (*pressure*) dan sebagainya terutama pada bidang teknik kimia (Heriyanto, 2010).

Gabungan serta kerja alat – alat pengendalian otomatis itulah yang dinamakan sistem pengendalian proses (*process control system*). Sedangkan semua peralatannya yang membentuk sistem pengendalian disebut instrumentasi pengendalian proses (*process control instrumentation*). Kedua hal tersebut berhubungan satu sama lain, namun keduanya mempunyai hakikat yang berbeda. Ilmu *process control instrumentation* lebih terfokus pada penjelasan kerja alat sedangkan *process control system* lebih terpusat pada kerja sistem tersebut (Gunterus, 1994).

Istilah-istilah yang perlu diketahui dalam sistem pengendalian proses otomatis adalah sebagai berikut:

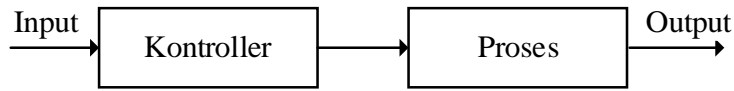
- a. Proses : pengonversian suatu bahan hingga menjadi produk menggunakan operasi kimia maupun fisika. Istilah proses cenderung digunakan untuk operasi pemrosesan dan peralatan pemrosesan
- b. *Controlled Variable* : Variabel Proses yang dikendalikan
- c. *Manipulated Variable* : variabel proses yang dapat disesuaikan untuk menjaga variabel yang dikendalikan agar sesuai setpoint
- d. *Disturbance Variable* : Variabel proses yang mempengaruhi *Controlled variable* tetapi tidak dapat dimanipulasi.
- e. *Sensing Element* : (elemen perasa atau pengindra) adalah peralatan yang merespon rangsangan fisik seperti sensor. Sensor berhubungan langsung atau yang paling dekat berhubungan dengan variabel proses.
- f. *Transmitter* : perangkat yang berfungsi mengubah energi atau informasi yang datang dari sensor menjadi sinyal standar.
- g. *Measurement Variable* : sinyal yang keluar dari transmitter.
- h. *Actuator* : peralatan yang dapat melakukan aksi fisik. Fungsinya mengubah sinyal kendali menjadi pengaturan fisik untuk pengendalian variabel proses
- i. *Set Point* : besar *process variable* yang dikehendaki
- j. *Controller* : piranti yang melakukan perhitungan atau evaluasi nilai error menurut algoritma kendali seperti, penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian, integrasi dan diferensiasi. Hasil evaluasi berupa sinyal kendali yang akan dikirim ke unit kendali akhir..
- k. *Final Control Element* : bagian akhir dari instrumentasi sistem pengendalian yang berfungsi mengubah *measurement variable* dengan cara *manipulated variable* berdasarkan perintah kontroler.

Sistem pengendalian dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu sistem *open loop* (lup terbuka) dan sistem *close loop* (lup tertutup). Perbedaan dari kedua sistem tersebut terdapat pada perilaku dan pengolahan hasil dari output dari masing-masing sistem. *Close loop* merupakan sistem kontrol berbasis otomatisasi yang memiliki umpan balik (*feedback*) sedangkan *open loop* merupakan sistem kontrol terbuka yang tidak memiliki umpan balik (*feedback*) terhadap sistem kontrol.

II.3.1 Sistem Kontrol Open-Loop

Sistem *open loop* (lup terbuka) merupakan sistem yang menghasilkan output tetapi tidak memiliki pengaruh dari aksi pengontrolan. Pada sistem kontrol ini output tidak mempunyai umpan balik terhadap sistem kontrol, sehingga hasil yang didapatkan

hanya dapat dianalisa atau diamati tanpa ada tindakan lebih lanjut dari aksi kontrol. Blok diagram dari sistem *open-loop* diperlihatkan seperti **Gambar 2.1**

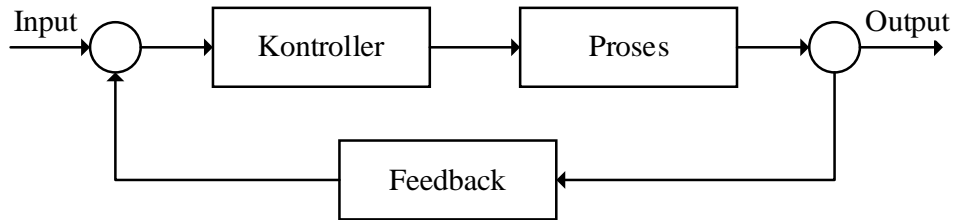


Gambar 2.1 Blok Diagram *Open-Loop*

Sumber : (Effendi, 2013)

Bila sebuah sistem input mendeteksi adanya suatu nilai terbaca, maka sistem akan memproses data tersebut jika hal itu memang diperlukan. Sistem dapat diberikan *setpoint* untuk memberikan pengaruh dari nilai output yang akan dihasilkan, sebelumnya kontroller akan menganalisa data tersebut apakah data berada dalam kapasitas yang diizinkan sebagai output. Sistem *open-loop* merupakan sistem yang tidak memiliki umpan balik, oleh karena itu hasil nilai dari output tidak akan mempengaruhi aksi yang akan dilakukan oleh kontroller (Effendi, 2013).

II.3.2 Sistem Kontrol *Close-Loop*



Gambar 2.2 Blok Diagram *Close-Loop*

Sumber : (Nurhayata dkk., 2017)

Kontrol *close-loop* atau kontrol loop tertutup merupakan suatu sistem kontrol dimana sebagian sinyal keluarannya dibalikkan kembali menjadi sinyal masukan bagi kontroller seperti tampak pada **Gambar 2.2**. Tujuan adanya *feedback* untuk mengatur kinerja kontroller agar kondisi sinyal keluaran sebagai hasil dari suatu proses sesuai dengan sinyal input yang diinginkan. Untuk membalikkan sebagian sinyal keluaran dibutuhkan suatu rangkaian yang berfungsi sebagai *feedback*. Dalam rangkaian ini merupakan sebuah sensor yang memantau parameter dari sinyal keluaran dan mengubah nilainya menjadi sinyal input (Nurhayata dkk., 2017).

II.4 Sistem Pengendalian PID

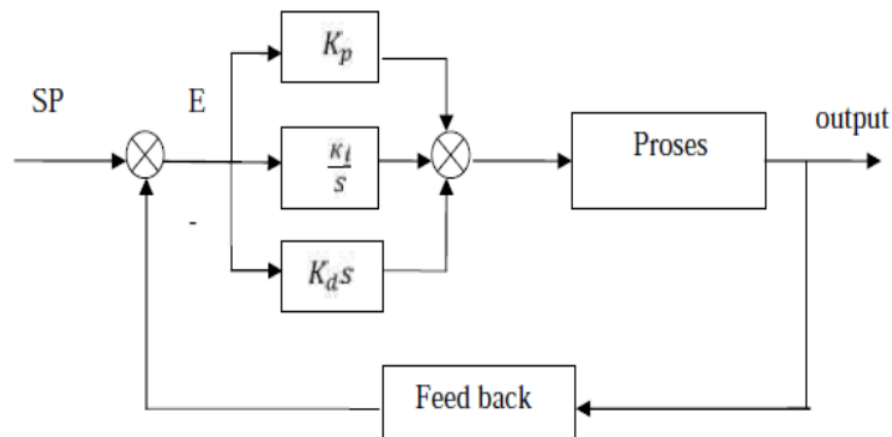
Kontrol *Proportional* (P), *Integral* (I), dan *Derivatif* (D) dapat digunakan bersamaan secara paralel ataupun digunakan terpisah dengan tidak menggunakan salah satu komponen P, I atau D.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

- u(t) : Sinyal keluaran
- K_p : Konstanta proporsional
- K_i : Konstanta integral
- K_d : Konstanta derivatif
- e(t) : *error*
- dt/t : waktu sampling

Pada persamaan 2.1 merupakan bentuk dari sistem pengendalian PID. Parameter pada setiap elemen pengendali saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Secara diagram blok dapat juga dilihat pada



Gambar 2.3 Blok Diagram Kontrol PID

Sumber : (Iswanto & Jamaluddin, 2017)

Menurut Montolalu *et al.*, (2015) Penggabungan antara kontrol proporsional, integral, dan *Derivative* pada sistem kendali PID memiliki tujuan tertentu. Kontrol proporsional yang unggul dalam *rise time* yang cepat, kontrol integral yang dapat menghilangkan error, dan kontrol *Derivative* yang dapat meredam *overshoot*. Untuk mendapatkan suatu sistem kendali dengan hasil pengendalian yang memiliki waktu naik yang cepat, kesalahan yang kecil dan kestabilan yang baik, dapat dilakukan dengan menggabungkan ketiga aksi kendali tersebut menjadi aksi kendali PID (Aziz & Suprianto, 2019).

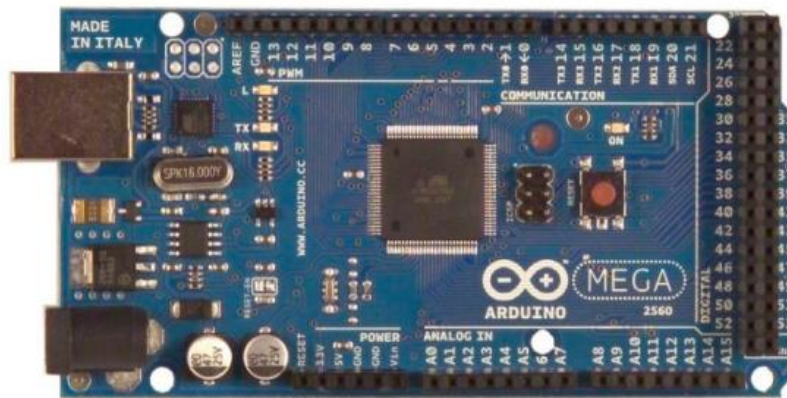
Berikut merupakan kriteria performansi yang digunakan dalam kendali PID :

1. *Rise time* merupakan waktu yang diperlukan untuk perubahan dari 0% menjadi 100% nilai akhir.
2. *Overshoot* merupakan puncak gelombang maksimum dari respon, dinyatakan dalam presentase selisih antara nilai aktuan puncak dengan setpoint.
3. *Settling time* merupakan waktu yang diperlukan oleh respon mencapai nilai akhir dan bertahan hingga 2% atau 5% dari setpoint.

II.5 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler adalah *system microprocessor* lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. *Mikrokontroler* berbeda dari *microprocessor* serbaguna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman Input-Output. Mikrokontroler dapat deprogram untuk melakukan penghitungan, menerima input dan menghasilkan output. Mikrokontroler mengandung sebuah inti prosesor, memori dan pemrograman Input-Output. (Oktariawan dkk., 2013).

Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler yang digunakan untuk membangun aplikasi ekstensif dibandingkan dengan mikrokontroler oleh Arduino lain. Arduino Mega2560 merupakan suatu mikrokontroler yang berbasis arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board mini ini memiliki 54 pin digital input/ouput digital. Dimana 15 pin digunakan sebagai output PWM, 16 pin analog input, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), didalamnya terdapat 16 MHz kristal osilator, sebuah port USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol reset yang sesuai untuk project yang membutuhkan banyak input/output dan memori (Ananda dkk., 2021).



Gambar 2.4 Mikrokontroler Arduino MEGA2560

Tiap jenis Arduino memiliki spesifikasi yang berbeda-beda. Pada **Tabel 2.1** berikut adalah spesifikasi Mikrokontroler Arduino MEGA2560 :

Tabel 2.1 Spesifikasi Mikrokontroller Arduino MEGA2560)

<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-9V
<i>Input Voltage (limits)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (of which 14 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory 256 KB</i>	(8 KB used by bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM 4 KB	(ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

II.6 Sensor pH-4502 C

Sensor pH akan mengukur potensial antara *merkuri Chloride* (HgCl) pada elektroda pembanding dan *potassium chloride* (KCl) yang merupakan larutan didalam gelas *electrode* serta potensial antara larutan dan elektroda perak. Tetapi potensial antara sampel yang tidak diketahui dengan elektroda gelas dapat berubah tergantung sampelnya, oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan larutan yang ekuivalen yang lainnya untuk menetapkan nilai dari pH. Elektroda pembanding calomel terdiri dari tabung gelas yang berisi *potassium kloride* (KCl) yang merupakan elektrolit yang mana terjadi kontak dengan *mercuri chloride* (HgCl) diujung larutan KCl. Tabung gelas ini mudah pecah sehingga untuk menghubungkannya digunakan ceramic berpori atau bahan sejenisnya. Elektroda semacam ini tidak mudah terkontaminasi oleh logam dan unsure natrium. Elektroda gelas terdiri dari tabung kaca yang kokoh yang tersambung dengan gelembung kaca tipis yang didalamnya terdapat larutan KCl sebagai buffer pH 7. Elektroda perak yang ujungnya merupakan perak kloride (AgCl₂) dihubungkan kedalam larutan tersebut. Untuk meminimalisir pengaruh elektrik yang tidak diinginkan, alat tersebut dilindungi oleh suatu lapisan kertas pelindung yang biasanya terdapat dibagian dalam elektroda gelas (Wicaksana & Suprianto, 2020).

Sensor pH adalah sensor yang digunakan untuk mengetahui derajat. Prinsip utama kerja pH meter adalah terletak pada sensor probe berupa elektroda kaca (*glass electrode*) dengan jalan mengukur jumlah ion H₃O⁺ di dalam larutan. Dalam penggunaannya, sensor pH perlu dikalibrasi berkala agar keakuratannya dapat terjaga. Beberapa produsen sensor pH pada umumnya menyertakan instrumen untuk melakukan kalibrasi secara manual. Jika sensor pH

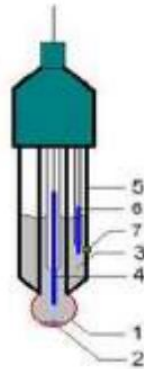
dihubungkan dengan Arduino Uno, kalibrasi dapat dilakukan melalui program antarmuka kalibrasi sensor pH (pengembangan dari library sensor pH yang sudah tersedia). Hasil kalibrasi tersebut kemudian disimpan dalam EEPROM agar dapat digunakan untuk pengukuran normal (Mufida dkk., 2020).



Gambar 2.5 Sensor pH-4502C

Sumber : (Mufida dkk., 2020)

Salah satu contoh bentuk elektroda gelas dari jenis sensor pH dapat dilihat pada **Gambar 2.6**



Gambar 2.6 Elektroda sensor pH

Sumber : (Kristianto & Setiawan, 2012)

Bagian-bagian dari elektroda sensor pH tersebut sebagai berikut:

1. Bagian perasa elektroda yang terbuat dari kaca yang spesifik.
2. Larutan buffer.
3. Cairan KCL.
4. Elektroda ukur yang dilapisi perak.
5. Tabung gelas elektroda.
6. Elektroda referensi.
7. Ujung kawat yang terbuat dari keramik

II.7 Motorized Ball Valve

Motor servo memiliki tiga posisi utama, yaitu 0° , 90° , dan 180° . Untuk mengatur motor servo pada posisi – posisi tersebut diberikan pulsa digital dengan lebar yang berbeda – beda. Apabila pulsa dengan lebar 1.5ms diberikan maka motor servo akan berputar 90° . Bila menginginkan posisi motor servo pada 180° , maka diberikan pulsa dengan lebar 1.75ms, sedangkan pulsa dengan lebar 1.25ms akan membuat motor servo bergerak menuju posisi 0° . Terdapat pula motor servo continuous yang porosnya mampu bekerja hingga 360° . Apabila pulsa yang diberikan adalah 1.25 ms, motor servo akan berputar searah jarum jam dan berputar melawan arah jarum jam bila diberi pulsa 1.75 ms. Bila diberi 1,5 ms motor servo akan diam tidak bergerak.

II.8 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang, misalnya dalam alat-alat elektronik, seperti televisi, kalkulator ataupun layar komputer. Pada LCD berwarna semacam monitor, terdapat banyak sekali titik cahaya (pixel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai suatu titik cahaya (Yuliaminuddin dkk., 2020).

LCD sebagai media penampil informasi berbentuk huruf maupun angka. LCD dapat menampung empat baris, dimana masing-masing baris dapat menampung 20 karakter. Bagian kedua merupakan sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler, yang ditempelkan di balik panel LCD. Bagian ini berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi LCD dengan mikrokontroler. Sobar



Gambar 2.7 *Liquid Crystal Display (LCD)*

II.9 Relay

Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

II.10 Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya atau *power supply* merupakan suatu rangkaian elektronik yang mengubah arus listrik bolak-balik menjadi arus listrik searah. Hampir semua peralatan elektronik membutuhkan catu daya agar dapat berfungsi. Catu daya atau *power supply* adalah rangkaian yang berfungsi untuk menyediakan daya pada peralatan elektronik. *Power supply* berfungsi untuk memberikan daya serta tegangan kepada alat elektronik yang anda gunakan. Ada banyak rangkaian catu daya yang bisa anda temui di pasaran. Dan ada 2 jenis catu daya yang bisa anda temukan. Yang pertama adalah catu daya tetap. Rangkaian catu daya tegangan tetap memiliki nilai tegangan yang tidak bisa diatur. Dan nilainya sudah ditetapkan oleh rangkaian tersebut. Sementara rangkaian catu daya yang kedua adalah rangkaian catu daya variabel. Berbanding terbalik dengan catu daya tetap, rangkaian catu daya variabel ini nilai tegangannya bisa diubah-ubah. Rangkaian catu daya yang baik tentu saja memiliki regulator pada rangkaian tersebut. Dan pemasangan regulator tersebut difungsikan untuk memberikan kestabilan pada tegangan yang keluar jika terjadi perubahan nilai tegangan yang diterima oleh rangkaian catu daya tersebut. LM 7805 merupakan salah satu jenis atau tipe dari regulator untuk tegangan tetap. Regulator LM 7805 ini memiliki 3 terminal yaitu Vin, GND dan juga Vout (Langi dkk., 2014).



Gambar 2.8 Catu Daya (*Power Supply*)

II.11 Arduino IDE

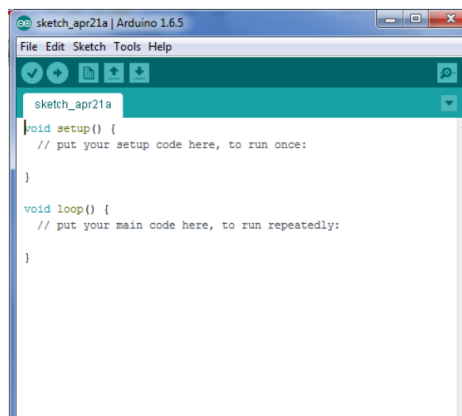
Menurut Abdullah and Wibowo (2014) Arduino IDE merupakan editor lengkap digunakan untuk menulis kode program, meng-compile, kemudian mengunggah ke mikrokontroler (Arduino). terdiri dari editor teks untuk menulis kode, area pesan, console teks, toolbar dengan tombol-tombol untuk fungsi umum, dan sederetan menu lainnya. Kode program yang ditulis menggunakan Arduino dinamakan Sketches. penulisan Sketches hanya perlu mendefinisikan dua fungsi untuk membuat program dapat dijalankan, yaitu:

1. *void Setup ()* : pendefinisian mode pin sebagai i/o atau memulai komunikasi serial.
2. *void Loop ()* : mengeksekusi bagian program berulang-ulang secara berurutan

Bahasa pemrograman Arduino dapat dikatakan mirip dengan bahasa pemrograman C. Arduino menggunakan perangkat lunak IDE (*Integreted Deveolpment Environment*) yang membuat pengguna menjadi lebih mudah untuk merancang sistem menggunakan mikrokontroler mulai dari menuliskan *source program*, *compile program*, unggah hasil kompilasi, dan uji coba. Arduino IDE juga digunaka untuk mengupload program yang sudah di-*compile* ke memori program Arduino *board*. Arduino IDE juga digunakan untuk mengupload program (Desnanjaya & Iswara, 2018).

Fitur-fitur yang terdapat pada Arduino IDE antara lain (Louis, 2016):

1. File proyek atau sketsa untuk proyek disimpan dengan *file extension*.
2. Fitur seperti *cut / copy / paste* dapat digunakan dalam IDE.
3. Ada juga fasilitas untuk menemukan kata tertentu dan menggantinya dengan yang lain dengan menekan tombol Ctrl + F pada keyboard.
4. Bagian yang paling dasar atau kerangka dari semua kode Arduino akan memiliki dua fungsi lain.

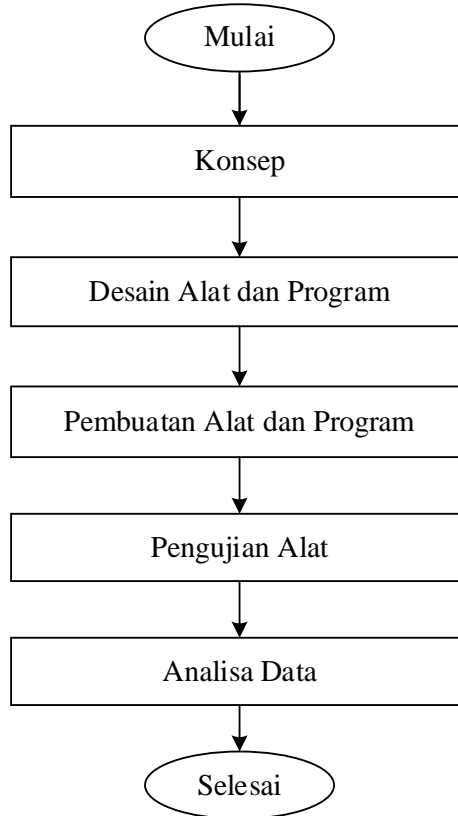


Gambar 2.9 Arduino IDE

Sumber : (Desnanjaya & Iswara, 2018)

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN ALAT

III.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

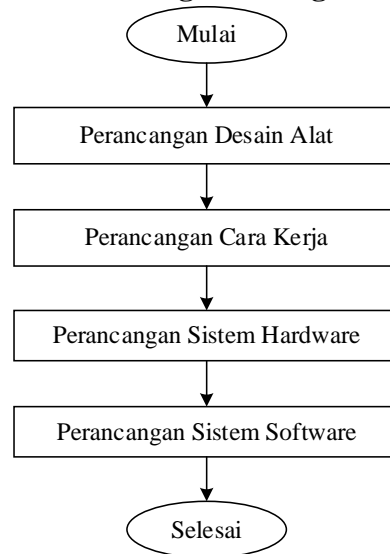
Prosedur perancangan sistem pengendalian pH cairan pada tangki pencampuran dimulai dari studi literatur untuk menentukan sistem cara kerja alat yang disertai penentuan komponen disesuaikan dengan kapasitas penggunaan alat dan dilakukan perancangan desain alat yang berupa *Proses Blok Diagram* (PBD) dan *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID) serta desain 3D. Kemudian dilakukan konfigurasi sistem alat, perancangan sistem *hardware* berdasarkan komponen yang dipilih dari studi literatur yang telah dilakukan. Selanjutnya perancangan *software* untuk menentukan pemrograman yang sesuai antara *software developer* dan *hardware* serta mengurangi persentase kegagalan program dan error. Prosedur secara lengkap ditunjukkan seperti diagram alir diatas.

III.2 Konsep

III.2.1 Studi Literatur

Kegiatan ini dilakukan dengan mencari materi penunjang dari buku, jurnal dan artikel pada media cetak maupun online. Mencari dasar teori yang tepat dalam sistem pengendalian pH cairan mulai dari komponen seperti jenis sensor, jenis controller, komponen *hardware* yang sesuai serta *software* yang kompatibel dengan sistem *hardware* dari sistem pengendalian pH cairan pada tangki sebagai penunjang praktikum pada maata kuliah instrumentasi dan pengendalian proses.

III.3 Perancangan Desain Alat dan Program Pengendalian pH



Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Alat dan Program pada Sistem Pengendalian pH

III.3.1 Perancangan Desain Alat dan Sistem Kerja

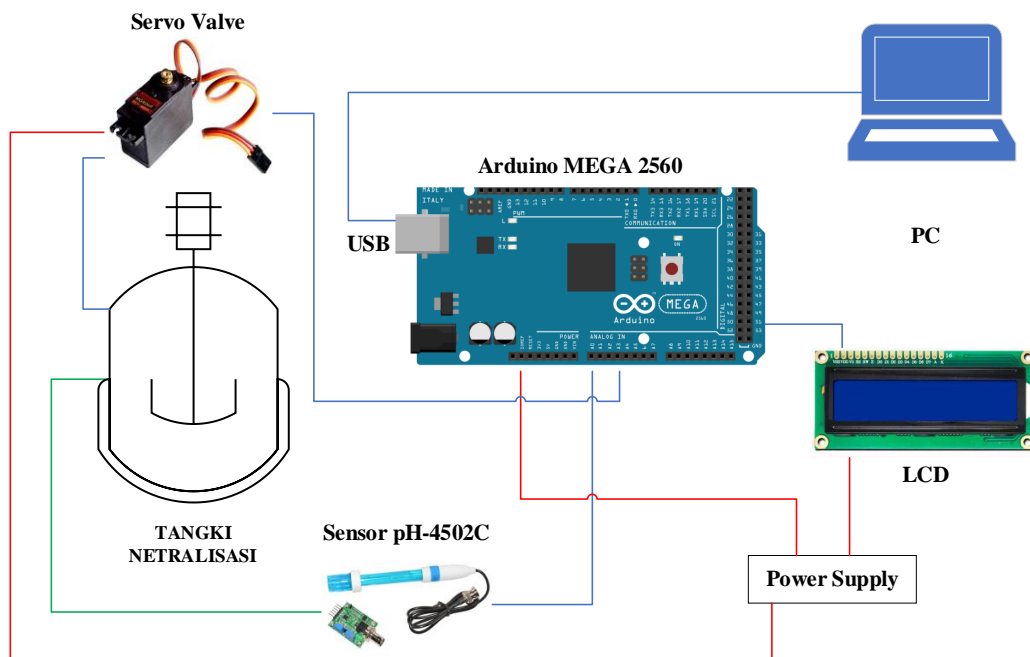
Perancangan Desain alat yaitu pembuatan peralatan sistem pengendalian pH pada tangki pencampuran dimulai dengan pembuatan desain *Proses Blok Diagram* (PBD) dan *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID) menggunakan *software Visio*. Pembuatan PBD dan P&ID dilakukan untuk mengetahui cara kerja sistem yang akan dibuat. Kemudian pembuatan desain 3D alat yang akan dirancang menggunakan *software SketchUp*. Perancangan desain 3D tersebut diperlukan sebagai acuan untuk pembuatan kerangka alat pengendalian pH. Pada perancangan alat ini, dibutuhkan 3 tangki yang berfungsi sebagai tangki asam, tangki basa dan tangki mixing. Pada sistem pengendalian pH menggunakan *motorized ball valve* untuk mengatur laju alir dari tangki asam atau basa menuju tangki pencampuran, dan *mixer* yang dilengkapi motor DC digunakan sebagai pengaduk di dalam tangki pencampuran. Selain itu dibutuhkan pula sensor pH sebagai umpan balik untuk menentukan bukaan valve. Pembuatan alat ini diawali dengan menyusun komponen utama yang dibutuhkan hingga terciptanya kerangka alat sistem pengendalian pH.

III.3.2 Konfigurasi Sistem Alat

Berdasarkan desain yang telah dirancang, alat *mixing* dengan sistem pengendalian pH. Fungsi sistem diawali dengan menetapkan setpoint untuk pH cairan dalam tangki mixing yakni pH 7. Kemudian sensor akan membaca pH cairan yang berada di dalam tangki, dari pembacaan pH akan dihitung error antara pH pada setpoint serta pH oleh pembacaan sensor kemudian nilai *error* tersebut akan diolah oleh mikrokontroler untuk mengirimkan sinyal ke aktuator sehingga *motorized ball valve* sebagai *actuator* akan mengatur bukaan valve. Setelah penambahan larutan asam/basa, sensor akan kembali membaca pH cairan dalam tangki pencampuran.

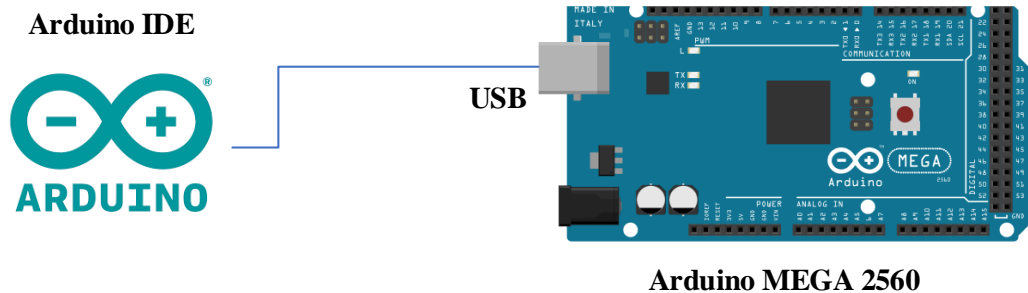
III.3.3 Perancangan Sistem Hardware

Perancangan sistem hardware didasarkan pada *Proses Blok Diagram* (PBD) dan *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID) dimana diketahui terdapat 3 komponen elektrik utama yakni mikrokontroler, aktuator dan *feedback*. Sistem Hardware memuat komponen-komponen pendukung dari sistem pengendalian pH pada tangki pencampuran. Pembuatan sistem elektrik dilakukan dengan menghubungkan komponen elektrik pada kerangka alat menjadi satu dalam sebuah panel box. Sistem *hardware* dari proyek ini terdiri dari sensor pH dengan modul pH sebagai *feedback*, *motorized ball valve* sebagai aktuator, serta motor DC *mixer* pada mikrokontroler Arduino MEGA2560. Blok Diagram sistem hardware tertera pada **Gambar 3.3** dibawah ini :



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem *Hardware*

III.3.4 Perancangan Sistem Software

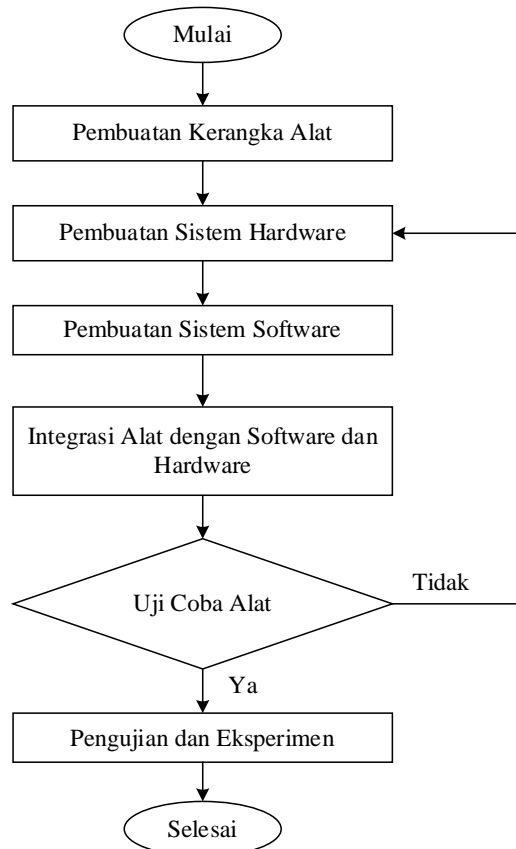


Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem *Software*

Software yang digunakan dalam proyek ini adalah Arduino IDE. Arduino IDE digunakan untuk pembacaan serta pengolahan data. Pembuatan sistem *software* ini diawali dengan membuat pemrograman dengan bahasa pemrograman C/C++ di Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang bertujuan untuk mengintegrasikan mikrokontroler dengan komponen yang digunakan yakni *motorized valve*, *relay*, sensor pH-4502 C dan LCD.

III.4 Pembuatan Alat dan Program

Pembuatan alat dan program adalah merealisasikan desain yang telah dibuat menjadi sebuah *prototype* yang dapat digunakan. Pembuatan alat dan program dapat dilihat pada Error! Reference source not found. dimulai dari pembuatan kerangka alat, pembuatan sistem *hardware*, pembuatan sistem *software*, integrasi *software* dan *hardware*, integrasi alat dengan *software* dan *hardware* kemudian uji coba alat.



Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan Alat Pengendalian pH

III.5 Pengujian Alat

Pengujian sistem pengendalian pH dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan baik setelah dilakukan proses integrasi antar komponen. Pengujian kinerja alat dilakukan dengan mengkalibrasi sensor yang digunakan pada alat kemudian melakukan percobaan menaikkan pH 3 ke pH 10 tanpa menggunakan pengendalian *Open loop*, serta percobaan *Close Loop* menggunakan kontrol PID dengan menaikkan pH 5 ke pH 7. Pada kontrol PID akan diberi nilai K_p , K_i dan K_d untuk mengetahui pengaruhnya terhadap respon sistem pengendalian pH.

III.6 Analisa Data

Berdasarkan hasil pengujian alat maka akan dilakukan analisa data yakni akurasi pembacaan sensor pH berupa persentasi nilai *error* pembacaan sensor pH terhadap larutan *buffer*. Kemudian dilakukan analisa hasil pengendalian pH dengan sistem *open loop* tanpa pengendalian PID serta hasil pengendalian pH sistem *close loop* dengan pengendalian PID pada nilai K_p , K_i , K_d tertentu.

III.7 Renaca Jadwal Proyek

Jadwal kegiatan yang kami susun merupakan batas waktu target yang harus dicapai agar proyek berjalan dengan baik, dapat dilihat pada

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Proyek

No	Jenis Kegiatan	Bulan											
		1			2			3			4		
1	Studi Literatur												
2	Pembuatan kerangka alat												

3	Konsultasi dengan dosen pembimbing	Yellow				Yellow					Yellow					Yellow
4	Perancangan Sistem Hardware		Green	Green												
5	Perancangan Sistem Software		Green	Green												
6	Perangkaian Sistem Wiring Hardware				Blue	Blue	Blue	Blue	Blue							
7	Pembuatan Program di Arduino IDE				Blue	Blue	Blue	Blue	Blue							
8	Integrasi sistem hardware dengan program					Red	Red	Red	Red	Red						
9	Uji coba dan cek sistem kontrol										Purple	Purple	Purple			
10	Analisa data													Orange	Orange	
11	Pembuatan laporan															Cyan

(halaman ini sengaja dikosongkan)

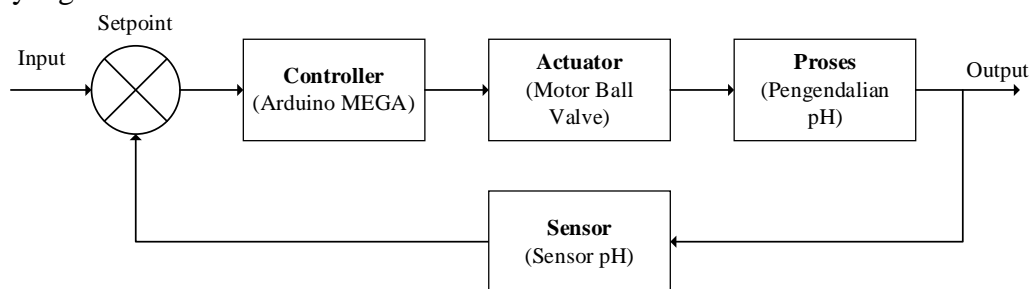
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil perancangan dan bangun dari peralatan proses pengendalian pH pada tangki pencampuran berbasis Arduino yang telah dibuat. Pengujian alat ini bertujuan untuk memastikan agar peralatan yang dibuat berfungsi dengan baik. Pengujian ini terdiri dari kalibrasi sensor pH, pengujian sistem *open loop* dan *close loop*.

IV.1 Peralatan Pengendalian pH

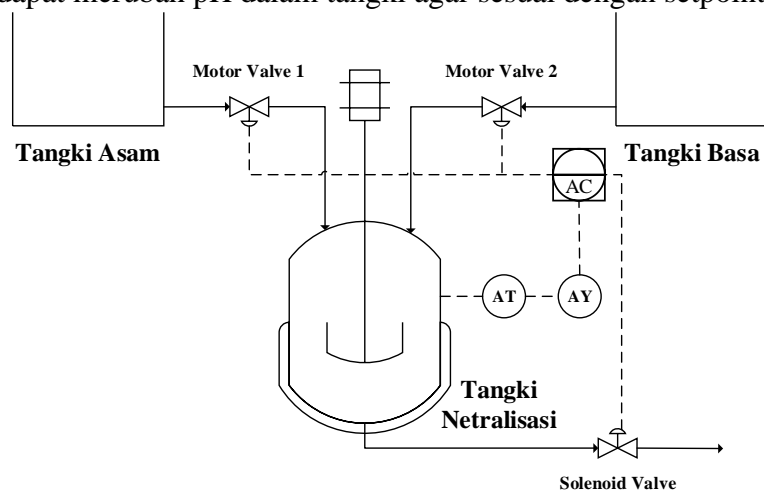
IV.1.1 Hasil Perancangan Alat

Desain alat untuk sistem pengendalian pH terdiri atas *Proses Blok Diagram* (PBD) dan *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID) dilakukan menggunakan *software Visio*, serta desain 3D yang dibuat dalam *software SketchUp*. Pada **Gambar 4.1** merupakan Blok Diagram Sistem yang telah dibuat:



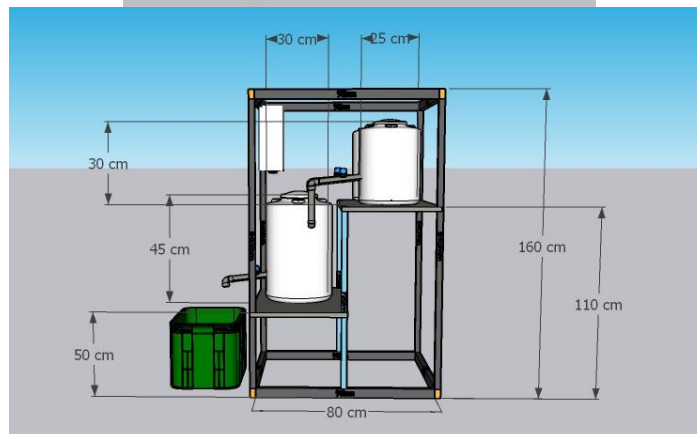
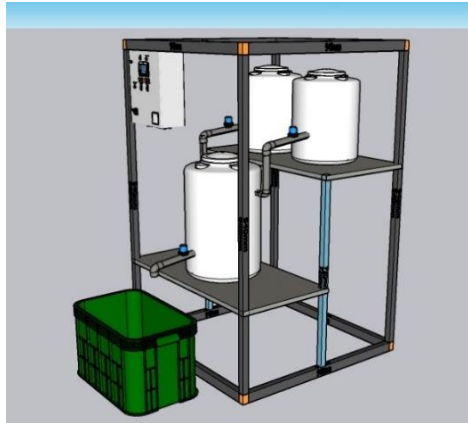
Gambar 4.1 Blok Diagram Proses Pengendalian pH

Pada Diagram Blok Sistem diatas diketahui sistem pengendalian ph merupakan sistem kendali *close loop*. Alur sistem pengendalian yaitu sensor pH membaca pH di dalam tangki pencampuran. Dari hasil pembacaan sensor akan memberikan umpan balik menuju kontroler Arduino MEGA2560 kemudian dari hasil pembacaan akan dibandingkan dengan setpoint yang telah ditentukan. Ketika nilai pembacaan lebih atau kurang dari *setpoint*, kontroler akan memberikan perintah pada actuator yakni *motorized ball valve* untuk berputar sehingga larutan asam atau basa dapat merubah pH dalam tangki agar sesuai dengan setpoint.

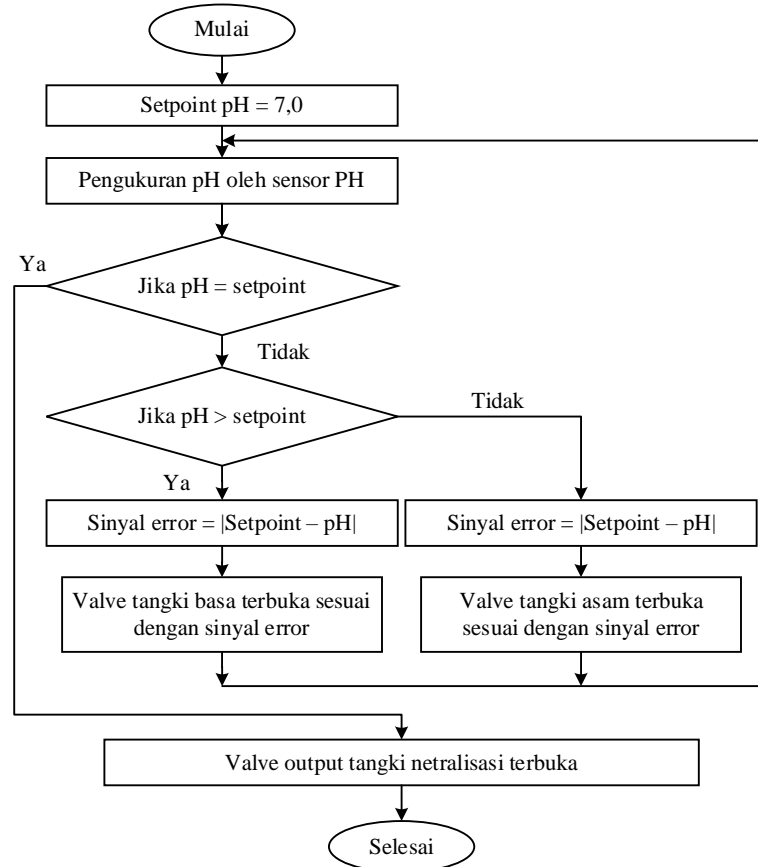


Gambar 4.2 P&ID Sistem Kontrol pH

Elemen-elemen pengendalian pada tangka pencampuran terdiri dari sensor pH 4502-C yang berfungsi sebagai AT (*Analysis Transmitter*). Arduino MEGA 2560 sebagai AC (*Analysis Controller*) dan *motor ball valve* sebagai aktuator.



Gambar 4.3 Desain 3D Peralatan Sistem Pengendalian pH



Gambar 4.4 Diagram Alir Proses *Monitoring* dan *Controlling* Tangki Pencampuran

Pada **Gambar 4.4** merupakan diagram alir proses *monitoring* dan *controlling* pH cairan pada tangki pencampuran. Pertama, ditetapkan setpoint untuk pH cairan yakni pH 7. Kemudian sensor akan membaca pH cairan yang berada di dalam tangki, dari pembacaan pH akan dihitung error antara pH pada setpoint serta pH oleh pembacaan sensor kemudian nilai error tersebut akan diolah oleh controller untuk mengirimkan sinyal ke aktuatur.

IV.1.2 Hasil Prototype Alat

Prototype alat dibuat dari desain alat yang telah dirancang seperti pada Gambar **Gambar 4.5** dengan spesifikasi perangkat yang digunakan terdapat tertera pada **Tabel 4.1** berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi Komponen yang digunakan

Komponen	Dimensi	Spesifikasi
<i>Feed Tank</i>	15 x 45 cm	Bahan material : Stainless Steel
<i>Mixing tank</i>	15 x 15 cm	Bahan material : Stainless Steel
Pipa	1"	Bahan material : Stainless Steel
<i>Panel Box</i>	15 x 20 cm	Bahan material : Stainless Steel
<i>Mixer</i>	-	Motor DC Tipe Agigator : Propeller 4 Blade
<i>Motorized Ball Valve</i>	40,7 x 19,7 x 42,9 mm	Operating Speed : 0,2s/60° (4.8V), 0,16s/60°(6 V) Operating Voltage : 4,8 V – 7,2 V
Sensor pH	Module size 42 x 32 x 2 mm	pH 4502-C Heating Voltage : 5 0,2V Working Current 5-10mA Working Temperature Range : -10 - 50°C
Mikrokontroler	96 x 52 mm	Operating Voltage 5V Input Voltage (recommended) 7-9V Input Voltage (limits) 6-20V
LCD	27,78 x 39.22 mm	Format graphic 240 RGB
<i>Relay</i>	-	4 pin 12V 30A
<i>Power Supply</i>	8,5 x 5,8 x 3,4 cm	Input Voltage : 110V Tegangan Output : 12V Daya maksimal : 36 Watt (3A)



Gambar 4.5 Peralatan Proses Pengendalian pH

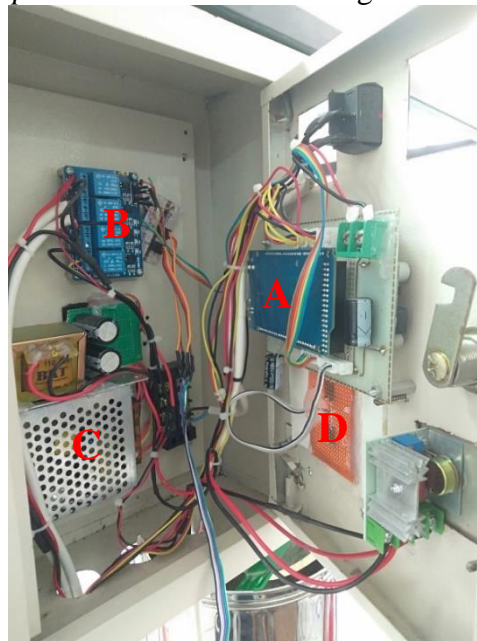


Gambar 4.6 Tangki Asam dan Basa



Gambar 4.7 Sensor pH pada Tangki Pencampuran

Keseluruhan sistem *hardware* akan disambungkan dengan menggunakan sistem *wiring* yang diletakkan pada *panel box*. Pada adalah rangkaian wiring sistem pengendali pH.



Gambar 4.8 Sistem Wiring Hardware Pengendalian pH

Keterangan :

- A : Arduino MEGA2560
- B : Relay
- C : *Power Supply*
- D : LCD (bagian belakang)

Sensor pH yang terdapat pada tangka netralisasi seperti pada akan membaca pH cairan didalamnya, kemudian hasil pembacaan sensor tersebut akan memberikan umpan balik ke kontroler Arduino MEGA2560.

Pembuatan sistem software diawali dengan membuat pemrograman dengan bahasa pemrograman C/C++ di Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang bertujuan untuk mengintegrasikan mikrokontroller dengan komponen yang digunakan yakni *motorized ball valve*, sensor pH-4502 C dan LCD. Program yang telah dibuat pada Arduino IDE ditunjukkan pada **Gambar 4.9**

```

// Arduino IDE
File Edit Sketch Tools Help

//GENERAL PURPOSE INPUT/OUTPUT=====
#define LedUp 20 //pin button up
#define LedDown 21 //pin button down
#define mixer 17 //pin mixer (relay)

#define pHPin_A0 //pin sensor PH tank1
#define pHPin_A1 //pin sensor PH tank2
#define pHPin_A2 //pin sensor PH tank3 (mix)

#define pin_valve_1 24 //pin servo valve tank1
#define pin_valve_2 15 //pin servo valve tank2
#define pin_valve_3 16 //pin servo valve tank3 (mix)
//END OF GENERAL PURPOSE INPUT/OUTPUT=====

//SUB-FUNCTIONS=====
void calibratePin(int pin);
float bacaPH(int pin);
void setAksiLcPH();
void relayOn(int n);
void swai();
void Inpin();
void mixing();
void btombol();
void btombol();
//END OF SUB-FUNCTIONS=====

//PH SENSOR VARIABLES=====
float pH_1 = 0, pH_2 = 0, pH_3 = 0, setPoint = 7; //variable untuk menyimpan nilai
float pH_1_Lama = 0, pH_2_Lama = 0, pH_3_Lama = 0; //variable untuk menyimpan nilai
unsigned long int awgValve;

```

Gambar 4.9 Program pada Arduino IDE

Dalam pembuatan program, masing masing komponen memiliki pemrograman yang berbeda sehingga alur pengerjaan adalah dengan membuat pemrograman masing masing komponen yang akan diinstall pada mikrokontroler Arduino. Sehingga sinyal pembacaan sensor yang datang akan diproses dan diolah sehingga dapat menampilkan data pembacaan di LCD. Tampilan LCD saat pembacaan pH cairan seperti pada **Gambar 4.10**



Gambar 4.10 Display pada LCD

Sinyal dari pH akan diolah oleh mikrokontroler dengan membandingkan hasil bacaan pH dengan setpoint yang telah ditetapkan. Selanjutnya mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke aktuator untuk memanipulasi laju alir dari tangki asam atau basa menggunakan *motorized ball valve*.

IV.2 Uji Kinerja Alat

IV.2.1 Kalibrasi Sensor

Sensor pH digunakan untuk menentukan pH atau keasaman dari suatu larutan. Saat menggunakan pH meter, kalibrasi alat harus diperhatikan sebelum dilakukan pengukuran. Seperti diketahui prinsip utama pH meter adalah pengukuran beda potensial listrik yang dibaca oleh sensor pH akibat suasana ionik di larutan. Stabilitas sensor harus selalu dijaga dengan cara kalibrasi alat (*Iqmal, 2008*).

Pada sistem pengendalian pH di tangki pencampuran menggunakan sensor pH-4502 C yang diletakkan pada masing-masing tangki. Sensor 1 merupakan sensor yang diletakkan pada tangki asam, sensor 2 merupakan sensor yang diletakkan pada tangki basa, dan sensor 3 merupakan sensor utama yang berada pada tangki *mixing*. Pada pengujian kalibrasi pada sensor pH dilakukan dengan menggunakan larutan buffer pH 4, pH 7, dan pH 10.

Akurasi merupakan keterdekatan hasil pengukuran sensor terhadap harga sebenarnya. Perhitungan akurasi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A = 1 - \left[\frac{Y_i - X_i}{Y_i} \right] \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan :

A = Akurasi

Y_i = Nilai Sebenarnya (Pembacaan Sensor)

X_i = Nilai Standar (pH larutan buffer)

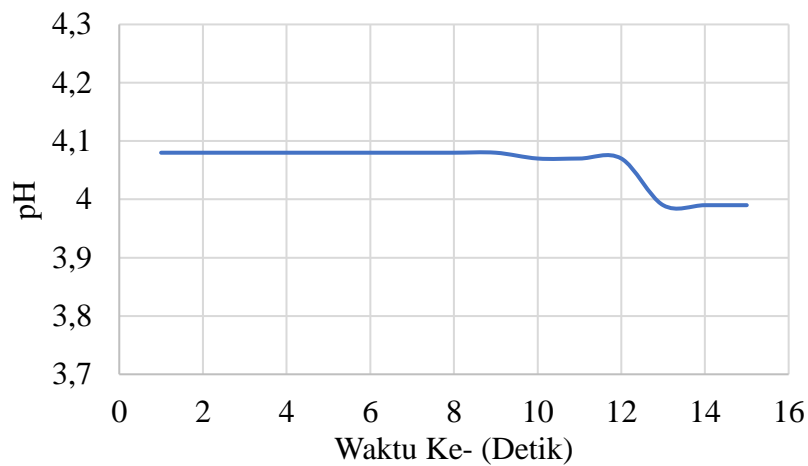
Sehingga untuk menentukan nilai error dari pembacaan sensor dapat digunakan rumus berikut :

$$\text{Error} = 1 - A \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

Hasil pembacaan sensor terhadap larutan buffer dapat dilihat pada tabel berikut :

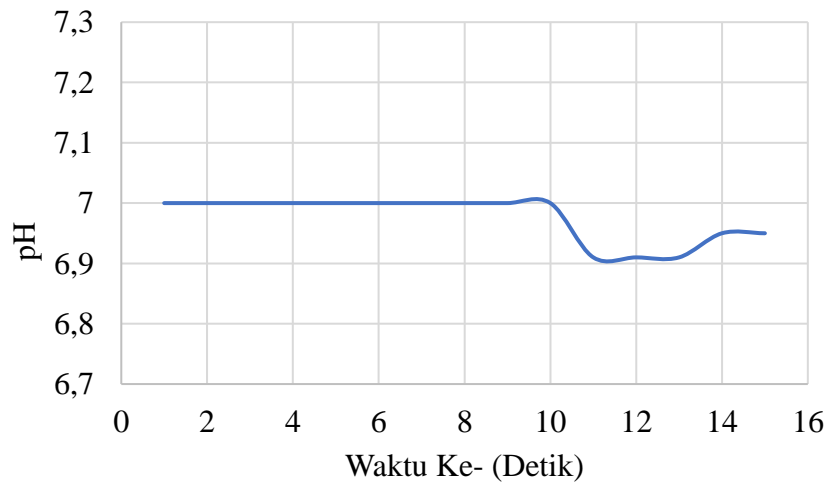
Tabel 4.2 Hasil Pembacaan Sensor pada Larutan Buffer pH 4, 7, dan 10

Waktu	Pembacaan Sensor		
	pH 4	pH 7	pH 10
1	4,08	7	10,03
2	4,08	7	10,03
3	4,08	7	10,03
4	4,08	7	10,03
5	4,08	7	9,96
6	4,08	7	9,96
7	4,08	7	9,98
8	4,08	7	9,98
9	4,08	7	9,98
10	4,07	7	9,98
11	4,07	6,91	9,98
12	4,07	6,91	9,98
13	3,99	6,91	9,98
14	3,99	6,95	9,98
15	3,99	6,95	9,98
Rata-rata	4,06	6,98	9,99
Akurasi	98,5%	99,65%	99,9%
Akurasi Rata-rata	99,35%		
Error	1,5%	0,35%	0,01%
Error rata-rata	0,62%		



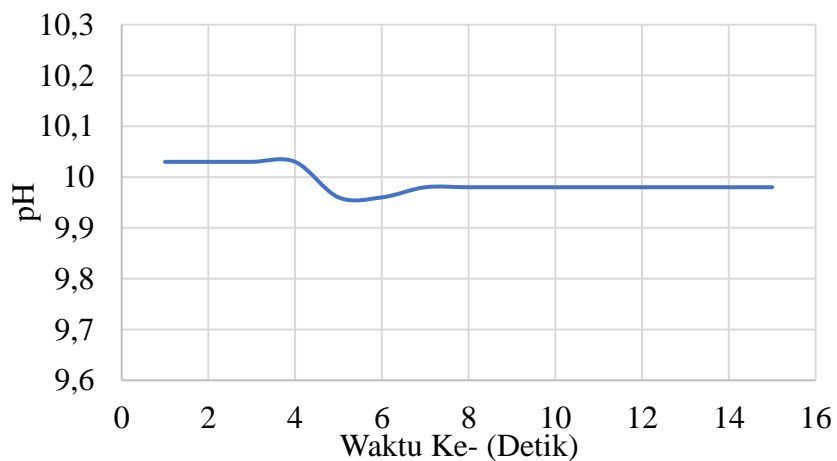
Gambar 4.11 Pembacaan Sensor pada Buffer pH 4

Berdasarkan data yang ditampilkan pada **Gambar 4.11** bahwa pembacaan pH oleh sensor pada tangki pencampuran dengan menggunakan larutan standar buffer pH 4 memiliki tingkat akurasi sebesar 98,5% dengan nilai error 1,5%,



Gambar 4.12 Pembacaan Sensor pada Buffer pH 7

Berdasarkan data yang ditampilkan pada **Gambar 4.12** ditunjukkan bahwa pembacaan pH oleh sensor pada tangki pencampuran dengan menggunakan larutan standar buffer pH 7 memiliki tingkat akurasi sebesar 99,65% dengan nilai error 0,35%

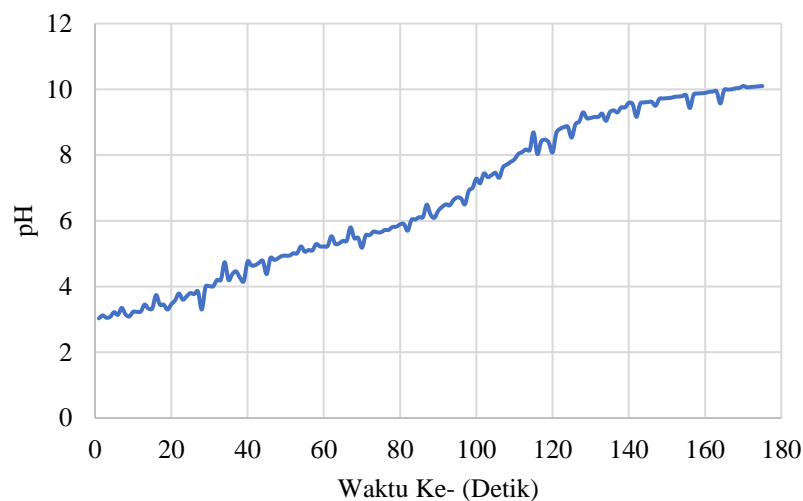


Gambar 4.13 Pembacaan Sensor pada Buffer pH 10

Berdasarkan data yang ditampilkan pada **Gambar 4.13** ditunjukkan bahwa pembacaan pH oleh sensor pada tangki pencampuran dengan menggunakan larutan standar buffer pH 10 memiliki tingkat akurasi sebesar 99,9% dengan nilai *error* 0,01%. Dari kalibrasi sensor pH yang telah dilakukan didapatkan alat sensor pH memiliki akurasi yang cukup tinggi dan memiliki *error* rata-rata yang masih dalam batas wajar yakni sebesar 0,62%.

IV.2.2 Pengujian Sistem Open-Loop

Pengujian sistem secara *open loop* merupakan pengujian tanpa adanya sistem kontrol yang mengakibatkan output tidak memiliki umpan balik, sehingga hasil yang didapatkan hanya dapat dianalisa diamati tanpa ada tindakan lebih lanjut dari aksi kontrol. Pengujian open-loop dilakukan dengan cara mencampurkan larutan asam dengan pH 3 pada tangki *mixing* dengan larutan basa pH 11 yang dialirkan dari tangki basa menggunakan *motorized valve* tanpa menggunakan Kontrol PID. Hasil dari pembacaan sensor pada tangki *mixing* secara *open loop* ditunjukkan pada grafik di bawah ini:



Gambar 4.14 Pembacaan Sensor pada Sistem *Open loop*

Kenaikan pH cairan dari pH 3 hingga menjadi pH 10 dilakukan dengan penambahan pH basa (pH 11) dengan cara membuka *valve* pada tangki pH basa oleh sistem. Pada **Gambar 4.14** dapat dilihat bahwa semakin lama waktu *valve* pada tangki basa dibuka maka pembacaan pH oleh sensor akan semakin besar karena tidak adanya proses kontrol. Hasil pembacaan oleh sensor terjadi nilai fluktuatif data dalam pengujian *open loop* yang disebabkan oleh ketidakstabilan pembacaan sensor pH.

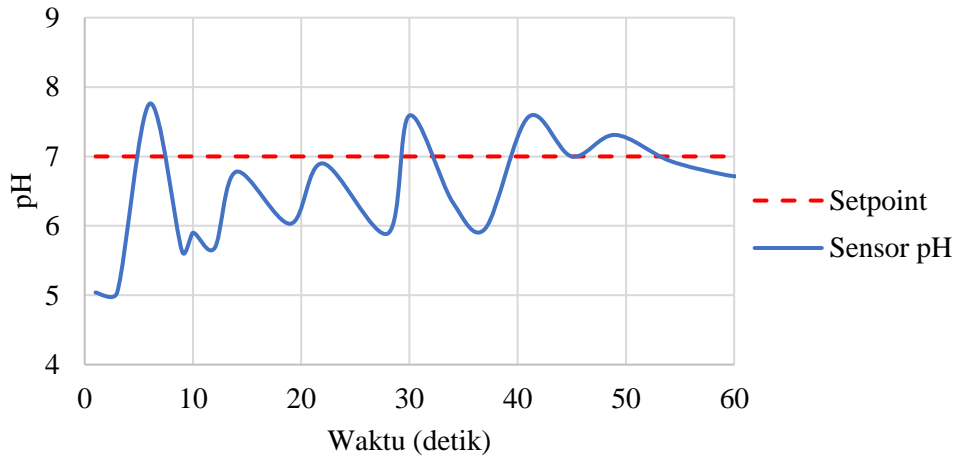
IV.2.3 Pengujian Sistem Close-Loop

Pengujian sistem secara *close loop* dilakukan dengan pengujian kadar pH terhadap setpoint yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi nilai K_p yakni 12, 15, 17, nilai K_i sebesar 0,5; 1; 1,5, dan nilai K_d sebesar 0,001; 0,05; 0,1 dengan *setpoint* yang ditetapkan adalah pH 7 dari kondisi awal pH 5. Pengujian dilakukan dengan menganalisa *overshoot*, *rise time* serta *settling time* yang dibutuhkan pembacaan sensor pada masing masing sistem pengendalian *Proportional*, *Proportional Integral*, dan *Proportional Integral Derivative*. *Rise time* merupakan waktu yang diperlukan untuk perubahan dari 0% menjadi 100% nilai akhir. *Overshoot* merupakan puncak gelombang maksimum dari respon. *Settling time* merupakan waktu yang diperlukan oleh respon mencapai nilai akhir dan bertahan hingga 2% atau 5% dari setpoint.

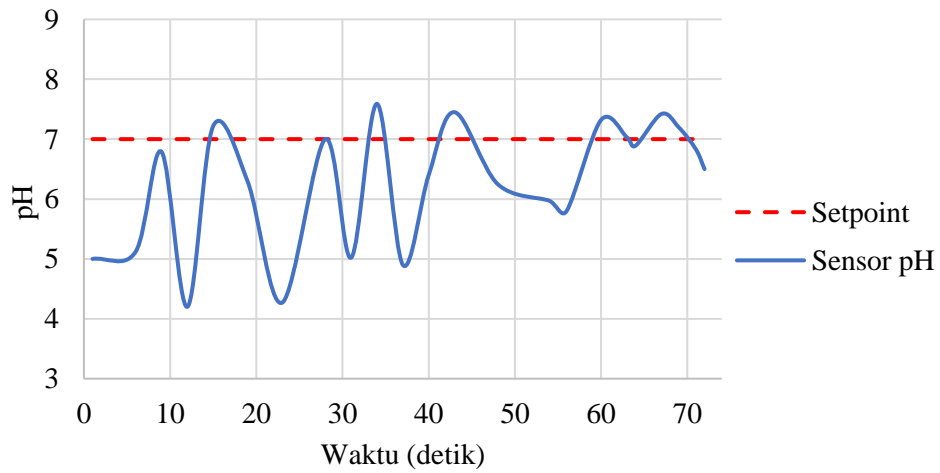
1. Sistem Pengendalian *Proportional*

Pengujian ini dilakukan untuk melihat waktu yang dibutuhkan alat netralisasi pH yang telah dikontrol oleh kontroler PID dalam mencapai nilai referensi atau setpoint. Penyesuaian bukaan valve menggunakan kontroler PID dilakukan dengan menetralkan kondisi awal pH 5 ke

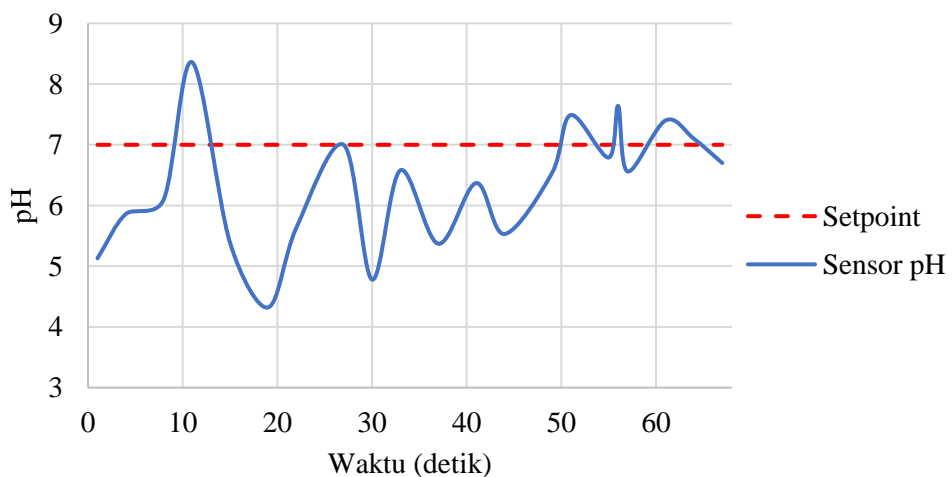
pH 7 dengan mengamati *settling time* serta *rise time* yang dibutuhkan oleh alat dengan sistem pengendalian *Propotional* ditunjukkan pada tabel dan gambar dibawah ini



Gambar 4.15 Pembacaan Sensor saat Kp 15



Gambar 4.16 Pembacaan Sensor saat Kp 17



Gambar 4.17 Pembacaan Sensor saat Kp 19

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Nilai Kp

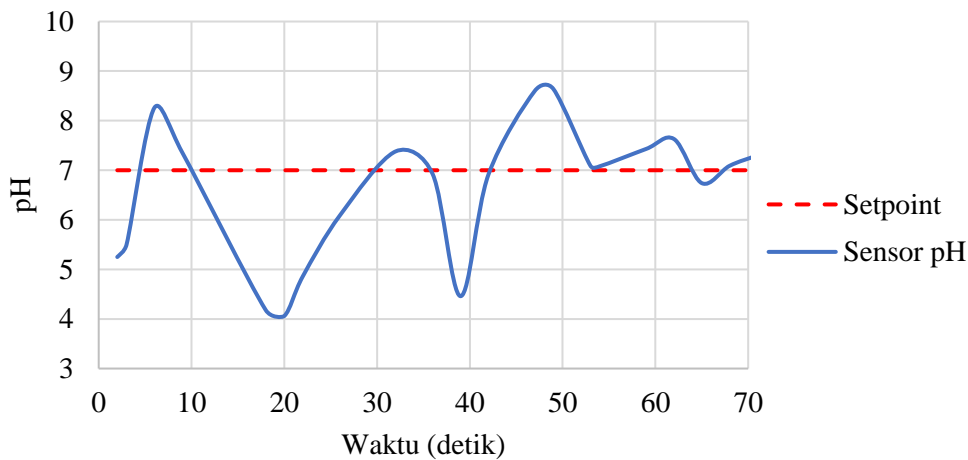
Kp	Ki	Kd	Setpoint	Settling time	Rise time	Overshoot	Undershoot
15	0	0	7	<60s	6s	10,86%	19,57%
17	0	0	7	>60s	15s	8,43%	39,29%
19	0	0	7	>60s	11s	19,43%	30,00%

Dari pengujian Kp pada

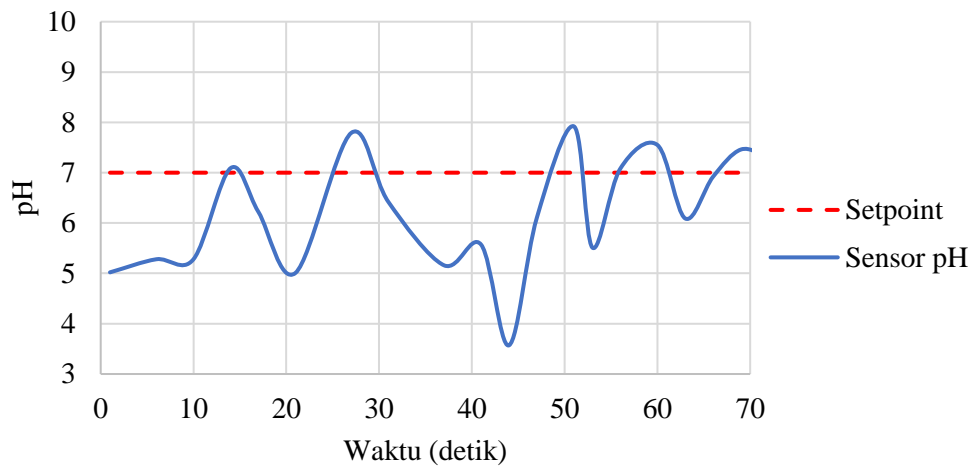
Tabel 4.3 didapat pada Kp sebesar 12 dan 17 sistem tidak stabil dimana pembacaan sensor pH yang fluktuatif dengan *overshoot* yang tinggi. Pada Kp sebesar 15 didapat pembacaan sensor pH yang lebih stabil dengan rata – rata pH sebesar 7. Pada **Gambar 4.15** didapat respon yang stabil dan lebih baik lagi dengan rata – rata pembacaan sensor pH sebesar 6,5. Berdasarkan hasil pengujian maka dipilih nilai Kp sebesar 15 sebagai nilai Kp sistem pengendalian *Propotional* karena pembacaan sensor pH lebih stabil dibandingkan nilai Kp lain dan memiliki *settling time* serta *rise time* respon waktu yang lebih cepat yakni masing masing sebesar <60s dan 6s

2. Sistem Pengendalian Propotional-Integral

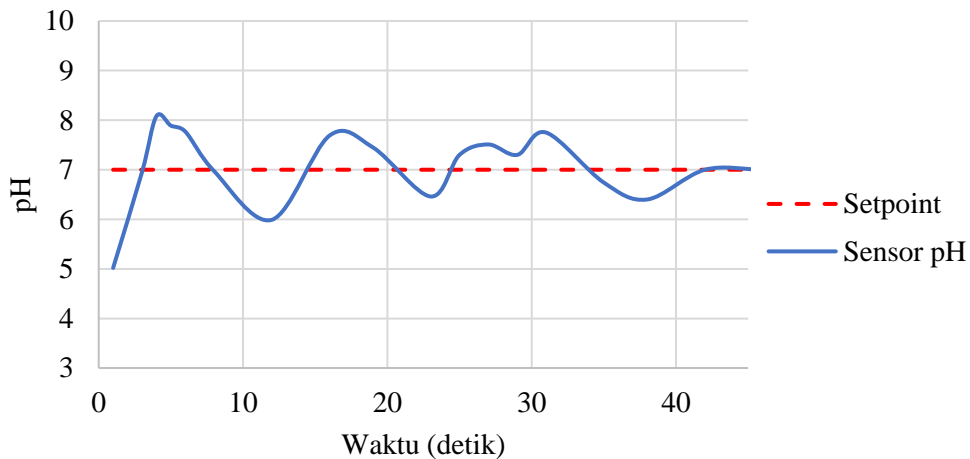
Pengujian ini dilakukan untuk melihat waktu yang dibutuhkan alat netralisasi pH yang telah dikontrol oleh kontroler PID dalam mencapai nilai referensi atau setpoint. Penyesuaian bukaan valve menggunakan kontroler PID dilakukan dengan menetralkan kondisi awal pH 5 ke pH 7 dengan mengamati *settling time* serta *rise time* yang dibutuhkan oleh alat dengan sistem pengendalian *Propotional-Integral*



Gambar 4.18 Pembacaan Sensor saat Kp 15; Ki 0,5



Gambar 4.19 Pembacaan Sensor saat Kp 15; Ki 1



Gambar 4.20 Pembacaan Sensor saat Kp 15; Ki 1,5

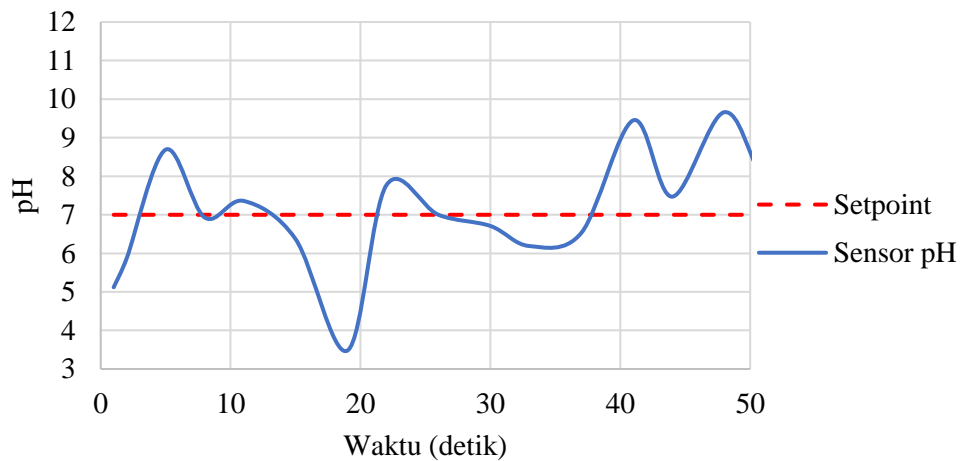
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Nilai Kp dan Ki

Kp	Ki	Kd	Setpoint	Settling time	Rise time	Overshoot	Undershoot
15	0,5	0	7	>60s	6s	24,71%	42,00%
15	1	0	7	>60s	10s	11,29%	49,00%
15	1,5	0	7	<50s	3s	15,43%	8,57%

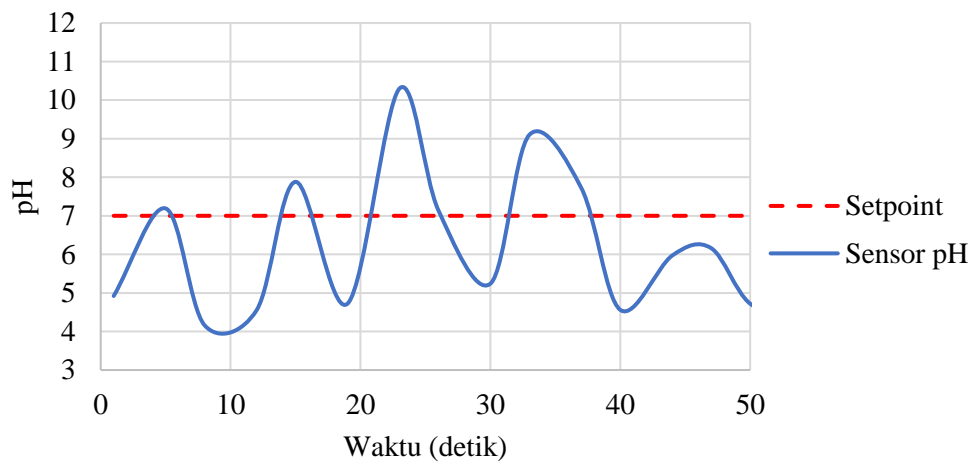
Dari pengujian Ki pada **Tabel 4.4** didapat pada Ki sebesar 0,5 dan 1 sistem tidak stabil dimana pembacaan sensor pH yang fluktuatif dan terjadi osilasi. Pada Ki sebesar 1,5 didapat pembacaan sensor pH yang lebih stabil dengan rata – rata pH sebesar 6,6. Pada **Gambar 4.20** didapat respon yang stabil dan lebih baik lagi dengan rata – rata pembacaan sensor pH sebesar 7,1. Berdasarkan hasil pengujian maka dipilih nilai Ki sebesar 1,5 sebagai nilai Ki sistem pengendalian *Propotional-Integral* karena pembacaan sensor pH lebih stabil dibandingkan nilai Ki lain dan memiliki *settling time* serta *rise time* yang lebih cepat yakni masing masing sebesar <50s dan 3s

3. Sistem Pengendalian Propotional-Integral-Derivative

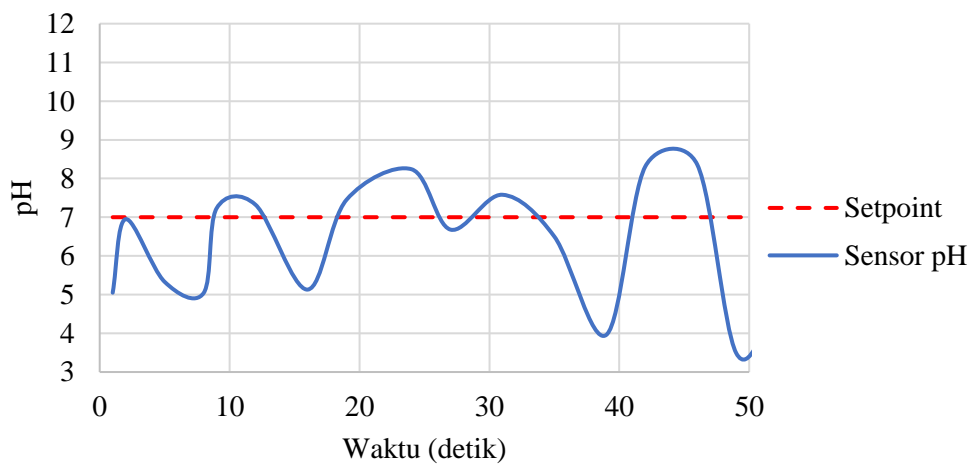
Pengujian ini dilakukan untuk melihat waktu yang dibutuhkan alat netralisasi pH yang telah dikontrol oleh kontroler PID dalam mencapai nilai referensi atau setpoint. Penyesuaian bukaan valve menggunakan kontroler PID dilakukan dengan menetralkan kondisi awal pH 6 ke pH 7 dengan mengamati *settling time* serta *rise time* yang dibutuhkan oleh alat dengan sistem pengendalian *Propotional-Integral-Derivative*



Gambar 4.21 Pembacaan Sensor saat K_p 15; K_i 1,5 ; K_d 0,001



Gambar 4.22 Pembacaan Sensor saat K_p 15; K_i 1,5 ; K_d 0,01



Gambar 4.23 Pembacaan Sensor saat K_p 15; K_i 1,5; K_d 0,05

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Nilai K_p , K_i dan K_d

K_p	K_i	K_d	Setpoint	Settling time	Rise time	Overshoot	Undershoot
15	1,5	0,001	7	NaN	15s	38,00%	50,29%
15	1,5	0,01	7	NaN	13s	47,14%	40,57%
15	1,5	0,05	7	NaN	19s	19,43%	50,14%

Dari pengujian Kd pada

Tabel 4.5 didapat pada Kd sebesar 0,001; 0,01; 0,05 sistem tidak stabil dimana pembacaan sensor pH yang fluktuatif, terjadinya osilasi, dan *overshoot* yang tinggi. Berdasarkan hasil pengujian nilai Kd sistem pengendalian *Propotional-Integral-Derivative* pembacaan sensor pH lebih stabil pada sistem pengendalian *Propotional-Integral* dikarenakan *settling time* respon waktu pada masing masing nilai Kd 0,001; 0,01; 0,05 sebesar 58s, 52s, dan 55s 11 s dan *rise time* sebesar 15s,13s,19s

IV.3 Analisa Data

IV.3.1 Analisa Pengendalian *Propotional*

Pada **Gambar 4.15** Dapat dilihat bahwa pengendalian propotional dengan nilai Kp sebesar 15 pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 10,86%, *undershoot* sebesar 19,57% serta *rise time* dan *settling time* masing masing sebesar 6s dan <60s.

Pada **Gambar 4.16** Dapat dilihat bahwa pengendalian propotional dengan nilai Kp sebesar 17 pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 8,43%, *undershoot* sebesar 39,39% serta *rise time* dan *settling time* masing masing sebesar 15s dan >60s.

Dari hasil data uji sistem pengendalian PID pada alat *mixing*, didapat hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 4.17** Dapat dilihat bahwa pengendalian propotional dengan nilai Kp sebesar 19 pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 19,43%, *undershoot* sebesar 30% serta *rise time* dan *settling time* masing masing sebesar 11s dan >60s.

Pengendalian Propotional dapat meningkatkan respon sistem terhadap waktu yakni *rise time* dan *settling time*, *rise time* sistem dapat semakin cepat dengan penambahan nilai Kd. Namun nilai Kd yang semakin besar dapat mengurangi kestabilan sistem dimana akan terjadi osilasi yang diakibatkan oleh kenaikan *rise time* yang terlalu cepat (Tika dkk., 2021). Sehingga berdasarkan uji nilai Kp dipilih nilai Kp sebesar 15 karena lebih stabil dibuktikan dengan *rise time* yang lebih cepat.

IV.3.2 Analisa Pengendalian *Propotional-Integral*

Dari hasil data uji sistem penegndalian PID pada alat *mixing*, didapat hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 4.18** dapat dilihat bahwa pengendalian *propotional-integral* dengan nilai Kp sebesar 1,5 dan variabel nilai Ki 0,5 pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 6,14%, *undershoot* sebesar 42% serta *rise time* dan *settling time* masing masing sebesar 6s dan >60s.

Pada **Gambar 4.19** dapat dilihat bahwa pengendalian *propotional-integral* dengan variabel nilai Ki sebesar 1 pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 11,29%, *undershoot* sebesar 49% serta *rise time* dan *settling time* masing masing sebesar 10s dan >60s

Pada **Gambar 4.20** dapat dilihat bahwa pengendalian *propotional-integral* dengan variabel nilai Ki sebesar 1,5 pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 15,43%, *undershoot* sebesar 8,57% serta *rise time* dan *settling time* masing masing sebesar 3s dan <50s.

Pengendalian integral dapat mempercepat *settling time* dimana keluaran dari pengendalian integral adalah penjumlahan yang terus menerus dari error yang dihasilkan. Pengendalian Propotional-Integral lebih baik dari pengendalian Propotional karena *rise time* yang dihasilkan lebih cepat dan dapat menjaga agar dalam posisi yang stabil dengan osilasi yang lebih kecil (Tika dkk., 2021). Berdasarkan hasil uji nilai Kp 15 dengan variasi nilai Ki dipilih nilai Ki sebesar 1,5 karena respon sistem yang dihasilkan lebih stabil dibuktikan dengan nilai *overshoot* serta *undershoot*, serta *settling time* dalam mencapai setpoint lebih cepat.

IV.3.1 Analisa Pengendalian *Propotional-Integral-Derrivative*

Dari hasil data uji sistem penegndalian PID pada alat *mixing*, didapat hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 4.21** dapat dilihat bahwa pengendalian *propotional-integral-derrivative* dengan nilai Kp sebesar 1,5; nilai Ki 0,5 dan variabel nilai Kd sebesar 0,001 pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 38%, *undershoot* sebesar 50,29% serta *rise time* sebesar 15 dan *settling time* tidak terbaca

Pada **Gambar 4.22** dapat dilihat bahwa pengendalian *propotional-integral-derrivative* dengan variabel nilai Kd sebesar 0,01 pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 47,14%, *undershoot* sebesar 40,57% serta *rise time* sebesar 13 dan *settling time* tidak terbaca

Pada **Gambar 4.23** dapat dilihat bahwa pengendalian *propotional-integral-derrivative* dengan variabel nilai Kd sebesar 0,05 pada sistem alat netralisasi pH dari pH awal sebesar 5 ke pH 7 memiliki *overshoot* sebesar 19,43%, *undershoot* sebesar 50,14% serta *rise time* sebesar 19 dan *settling time* tidak terbaca

Pengendalian *Derivative* bertujuan untuk meredam osilasi yang terjadi pada sistem. Pada Percobaan penambahan nilai Kd pada sistem netralisasi pH cenderung menghasilkan osilasi yang lebih fluktuatif dan sistem yang tidak stabil. Sistem netralisasi pH merupakan sistem non-linear dimana tidak cocok bagi sistem pengendalian PID sehingga ketika ditambahkan nilai Kd maka sistem akan menghasilkan respon yang tidak stabil dan terus mengalami osilasi sehingga *settling time* tidak terbaca (Ghee dkk., 2002)

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V KESIMPULAN

V.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Telah dirancang alat pengendalian pH pada Tangki Pencampuran dengan menggunakan sensor pH, mikrokontroler Arduino MEGA2560 sebagai controller serta *Motorized Ball Valve* sebagai aktuator
2. Sensor pH pada tangki *mixing* mempunyai tingkat akurasi rata-rata sebesar 99,35% dengan error rata-rata sebesar 0,62%. Dari pengujian alat secara *open-loop* didapatkan semakin lama waktu pencampuran pada tangki maka pH larutan akan naik terus menerus karena tidak adanya kendali oleh sistem. Dari pengujian secara *close loop* menggunakan kendali PID didapatkan respon sistem terbaik pada nilai $K_p = 15$ dan $K_i 1,5$ dengan *rise time* sebesar 3 detik dan *settling time* pada waktu <50 detik.

V.2 Saran

Pada rancang bangun alat dengan sistem pengendalian pH ini diperlukan data akurasi alat yang berupa persentase nilai *error* pembacaan sensor pH hasil dari alat netralisasi terhadap pembacaan pH meter dengan dan tanpa diberikan *disturbance* pada alat baik dengan sistem *open loop* tanpa pengendalian PID maupun dengan sistem *close loop* dengan pengendalian PID. Nilai *error* sebagai data akurasi alat tersebut sebagai pernyataan bahwa alat dapat berjalan dengan baik. Selain itu, setelah dilakukan analisa sistem pengendalian pada alat netralisasi pH, disarankan untuk melakukan kajian ulang dalam penggunaan alat sebagai penunjang praktikum dikarenakan sensor pembacaan pH tidak stabil yang diakibatkan oleh penggunaan arduino sebagai mikrokontroler sistem.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

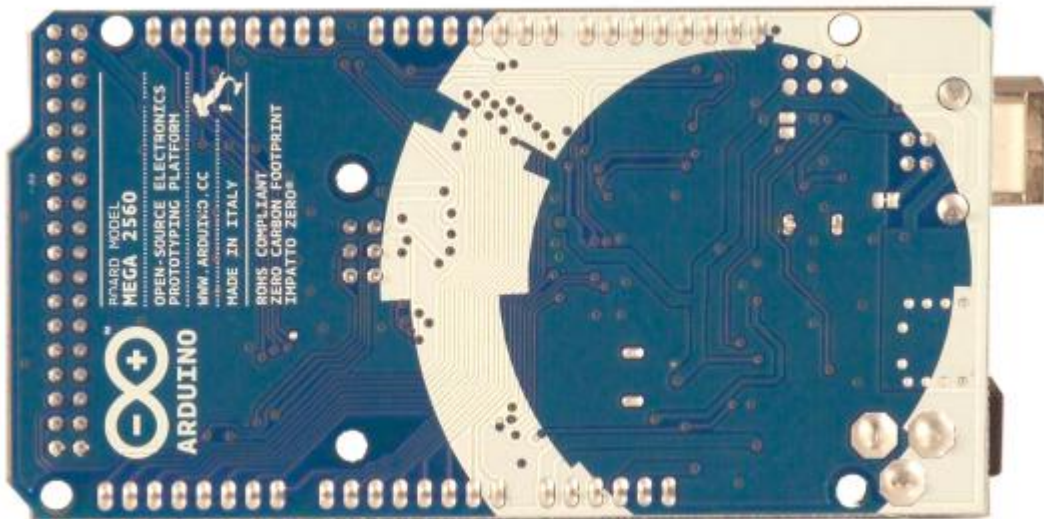
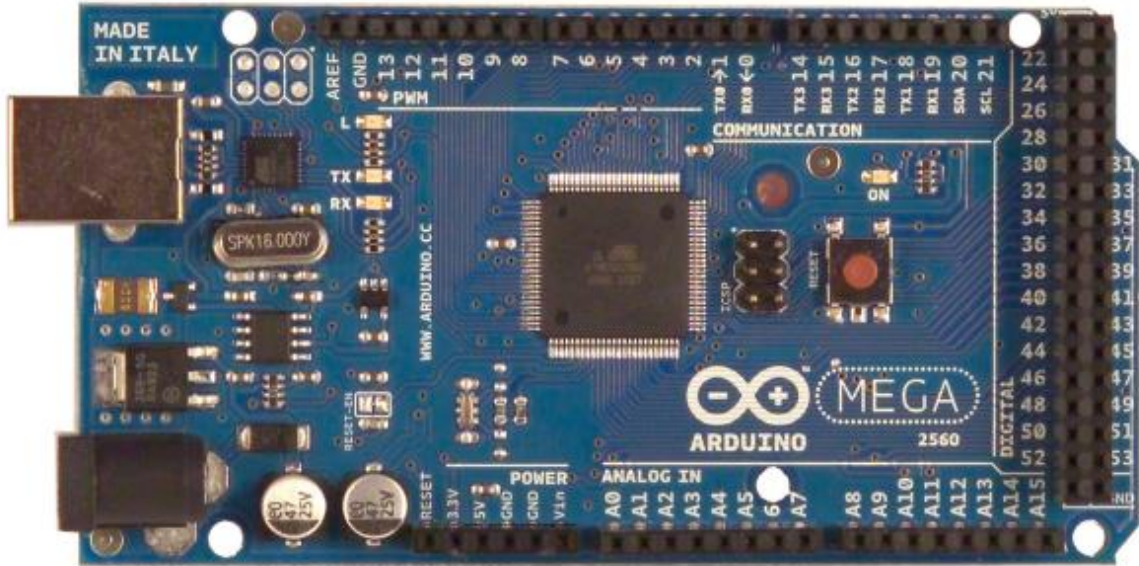
- Abdullah, R. R., & Wibowo, A. (2014). Monitoring Suhu Ruangan Server Dengan Fuzzy Logic Metode Sugeno Menggunakan Arduino dan SMS. *Jurnal SWABUMI*, *1*(1).
- Ali, E. (2001). pH Control Using PI Control Algorithms with Automatic Tuning Method. *Chemical Engineering Research and Design*, *79*(5), 611–620. <https://doi.org/10.1205/02638760152424398>
- Ananda, I. K., Husnaini, I., & Padang, U. N. (2021). Sistem Kendali Level Ketinggian Air dengan Controller PID Menggunakan Arduino Mega 2560 dan Antarmuka Visual Basic 6.0. *2*(2), 233–239.
- Aziz, F., & Suprianto, B. (2019). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Kelembapan pada Sistem Tanam Aeroponik Menggunakan Kontroller PID. *Jurnal Teknik Elektro*, *8*(3), 595.
- Bowler, A. L., Bakalis, S., & Watson, N. J. (2020). Monitoring mixing processes using ultrasonic sensors and machine learning. *Sensors (Switzerland)*, *20*(7). <https://doi.org/10.3390/s20071813>
- Cho, H. U., Kim, Y. M., Choi, Y. N., Xu, X., Shin, D. Y., & Park, J. M. (2015). Effects of pH control and concentration on microbial oil production from *Chlorella vulgaris* cultivated in the effluent of a low-cost organic waste fermentation system producing volatile fatty acids. *Bioresource Technology*, *184*, 245–250. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.069>
- Cullen, P., Bakalis, S., & Sullivan, C. (2017). Advances in control of food mixing operations. Dalam *Current Opinion in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.11.002>
- Desnanjaya, I. G. M. N., & Iswara, I. B. A. I. (2018). Trainer Atmega32 Sebagai Media Pelatihan Mikrokontroler Dan Arduino. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, *1*(1), 55–64. <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v1i1.266>
- Effendi, A. (2013). Perancangan Pengontrolan Pemanas Air Menggunakan PLC Siemens S7-1200 dan Sensor Arus ACS712. *Jurnal Teknik Elektro*, *2*(3), 106–113.
- Fuad, A. N., & Zuhrie, M. S. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pengontrolan PH Nutrisi Pada Hidroponik Sitem Nutrient Film Technique (NFT) Menggunakan Pengendali PID Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, *8*(2), 349–357.
- Ghee, N. T., Kumaresan, S., & Fan, L. C. (2002). Fuzzy PID controller to control the pH neutralization process. *2002 Student Conference on Research and Development: Globalizing Research and Development in Electrical and Electronics Engineering, SCORed 2002 - Proceedings*, 330–334. <https://doi.org/10.1109/SCORED.2002.1033125>
- Gunterus, F. (1994). *Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses*. Elex Media Komputindo.
- Heriyanto. (2010). *Pengendalian Proses*.
- Hermansson, A. W., & Syafiie, S. (2015). Model predictive control of pH neutralization processes: A review. *Control Engineering Practice*, *45*, 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2015.09.005>
- Iqmal, T. (2008). Arti Penting Kalibrasi Pada Proses Pengukuran Analitik: Aplikasi Pada Penggunaan pHmeter Dan Spektrofotometer Uv-Vis. *Universitas Gajah Mada*, 1–8.
- Iswanto, I., & Jamaluddin. (2017). Studi Pengendalian Level Steam Drum 62-FA-102 Menggunakan PID Aplikasi PT. Pupuk Iskandar Muda. *Jurnal Tektro*, *1*(1), 1–8.
- Kristianto, A., & Setiawan, I. (2012). Pengendalian pH Air Dengan Metode PID Pada Model Tambak Udang Dasar Teori. *Transmisi*, *14*, (4), 2012, 122.
- Langi, S. I., Wuwung, J. O., & Lumenta, A. S. M. (2014). Kipas Angin Otomatis Menggunakan Sensor Suhu. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 741.
- Louis, L. (2016). Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research. *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems*, *1*(2), 21–29.

<https://doi.org/10.5121/ijcacs.2016.1203>

- Mufida, E., Anwar, R. S., Khodir, R. A., & Rosmawati, I. P. (2020). Perancangan Alat Pengontrol pH Air Untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno. *INSANtek*, 1(1), 13–19.
- Nurhayata, I. G., Santiyadnya, N., & Krisnawati, L. (2017). Pengembangan Tegangan Panel Surya Portable Berbasis Close Loop Boost Converter. *Semnasvoktek*, 120–192.
- Oktariawan, I., Martinus, M., & Sugiyanto, S. (2013). Pembuatan Sistem Otomasi Dispenser Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin FEMA*, 1(2), 1.
- Sandy Montolalu, R., Yosef Suratman, F., & Pangaribuan, P. (2015). Rancang Bangun Sistem Kontrol Level Dan Temperatur Boiler Dengan Metode PID dan Kontrol Dua Posisi (Design and Implementation for Controlling Boiler Water Level and Temperature Using Pid Method and On- Off Control). *e-Proceeding of Engineering*, 2(2), 2262–2269.
- Sun, H., Jiao, R., Xu, H., An, G., & Wang, D. (2019). The influence of particle size and concentration combined with pH on coagulation mechanisms. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 82, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.02.021>
- Tika, S. W., Baqaruzi, S., & Muhtar, A. (2021). Perancangan Sistem Pemantauan dan Pengendalian Debit Air Menggunakan Kontrol PID. *ELECTRON: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2(1), 41–47. <https://doi.org/10.33019/electron.v2i1.2372>
- Tsai, T. Y., Lo, Y. C., & Chang, J. S. (2014). Effect of medium composition and PH control strategies on butanol fermentation with *Clostridium acetobutylicum*. *Energy Procedia*, 61, 1691–1694. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.193>
- Wicaksana, A. S., & Suprianto, B. (2020). Rancang Bangun Sistem Pengendalian pH Air pada Tambak Ikan Bandeng Menggunakan Kontroller PID Berbasis LABVIEW. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), 303–310.
- Yuliaminuddin, V., Bintoro, J., & Teknik, F. (2020). Prototipe Sistem Kontrol dan Monitoring pada Tangki Air Berbasis Internet of Things. *Jurnal Autocracy*, 1, 27–34.
- Yulis, P. A. R. (2018). Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan (pH) Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI). *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(1), 28–36. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v2i1.2167>
- Yusuf, D. M., Azwardi, & Amin, M. M. (2018). Alat Pendeteksi Kadar Keasaman Sari Buah, Soft Drink, dan Susu Cair Menggunakan Sensor PH Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO ATMEGA328. *Jurnal Teknika*, 12(1), 1–5.

LAMPIRAN

A. Datasheet Mikrokontroler Arduino Mega 2560



Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

Memory

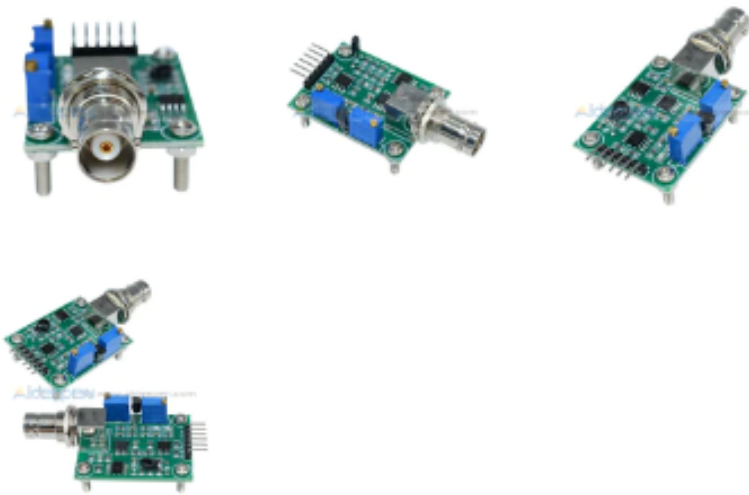
The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH

B. Datasheet pH 4502-C



Item Special:

Heating voltage: $5 \pm 0.2V$ (AC \rightarrow DC)

Working current: 5-10mA

The detection concentration range: PH0-14

The detection range of temperature: 0-80 centigrade

The response time: $\leq 5S$

Stability time: $\leq 60S$

Power consumption: $\leq 0.5W$

The working temperature: -10~50 centigrade (the nominal temperature 20 centigrade)

Working humidity: 95%RH (nominal humidity 65%RH)

Service life: 3 years

Size: 42mm x 32mm x 20mm

Weight: 25g

The output: analog voltage signal output

Package Include:

1 x Liquid PH Value Detection Sensor Module Monitoring Control Module

C. Datasheet Motorized Ball Valve MG995

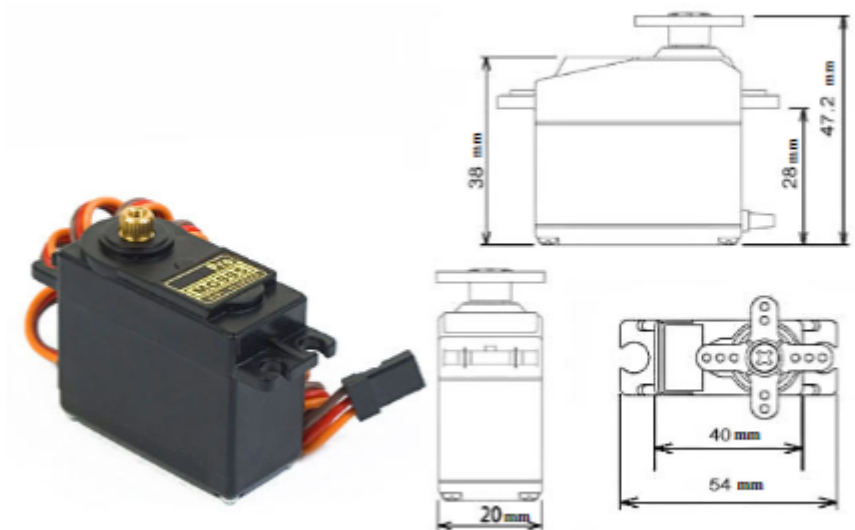
31150-MP MG995 High Speed Servo Actuator

The unit comes complete with color coded 30cm wire leads with a 3 X 1 pin 0.1" Pitch type female header connector that matches most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

This high-speed servo actuator is not code dependant; You can use any servo code, hardware or library to control them. The MG995 Actuator includes arms and hardware to get started.

Specifications

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 8.5 kgf·cm (4.8 V), 10 kgf·cm (6 V)
- Rotation Angle: 120deg. (+- 60 from center)
- Operating speed: 0.2 s/60° (4.8 V), 0.16 s/60° (6 V)
- Operating voltage: 4.8 V to 7.2 V
- Dead band width: 5 μ s
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Metal Gears for longer life
- Temperature range: 0 °C – 55 °C



D. Lampiran Coding Program Pengendalian PID

```
//SERVO VALVE FUNCTION AND VARIABLES=====
#include <Servo.h> //memanggil library servo

Servo valve1;

Servo valve2;

Servo valve3;

int sudutHasil1,sudutHasil2,sudutHasil3;

int sudutTutup1 = 30;

int sudutTutup2 = 90;

int sudutTutup3 = 180;

int sudutMax1 = 110;

int sudutMax2 = 0;

int sudutMax3 = 0;

//END OF SERVO VALVE FUNCTION AND VARIABLES=====

//LCD FUNCTION AND VARIABLES=====
#include <MCUFRIEND_kbv.h> //memanggil library LCD

MCUFRIEND_kbv tft;

uint16_t version = MCUFRIEND_KBV_H_;

// warna untuk lcd

#define BLACK 0x0000

#define BLUE 0x001F

#define RED 0xF800

#define GREEN 0x07E0

#define CYAN 0x07FF

#define MAGENTA 0xF81F

#define YELLOW 0xFFE0

#define WHITE 0xFFFF

#define GRAY 0x8410

//END OF LCD FUNCTION AND VARIABLES=====
```

```
//GENERAL PURPOSE INPUT/OUTPUT=====
```

```
#define btnUp 20 //pin button up
```

```
#define btnDown 21 //pin button down
```

```
#define mixer 17 //pin mixer (relay)
```

```
#define ph1Pin A8 //pin sensor PH tanki 1
```

```
#define ph2Pin A9 //pin sensor PH tanki 2
```

```
#define ph3Pin A10 //pin sensor PH tanki 3 (mix)
```

```
#define pin_valve_1 14 //pin servo valve tanki 1
```

```
#define pin_valve_2 15 //pin servo valve tanki 2
```

```
#define pin_valve_3 16 //pin servo valve tanki 3 (mix)
```

```
//END OF GENERAL PURPOSE INPUT/OUTPUT=====
```

```
//SUB-FUNCTIONS=====
```

```
void ctkSetPoint (int sp);
```

```
float bacaPH(int pin);
```

```
void cetakNilaiPH();
```

```
void relay(int a);
```

```
void awal();
```

```
void logika();
```

```
void mixing();
```

```
void bcTombol();
```

```
void bcPH();
```

```
//END OF SUB-FUNCTIONS=====
```

```
//PH SENSOR VARIABLES=====
```

```
float pH_1 = 0, pH_2 = 0, pH_3 = 0, setPoint = 7; //variable untuk menyimpan nilai
```

```
float pH_1_Lama = 0, pH_2_Lama = 0, pH_3_Lama = 0 ; //variable untuk menyimpan nilai
```



```

unsigned long int avgValue;

float b;

float offset = 22.34;

int  sensorValue = 0;

int  buf[10], temp;

//END OF PH SENSOR FUCTION AND VARIABLES=====

//BUTTON FUNCTION=====

class DIFD {
    bool clk = false, q = false;
public:
    void CLK(bool val) {
        q = clk && !val;
        clk = val;
    }
    bool Q() {
        return q;
    }
};

DIFD UP;

DIFD DOWN;

//END OF BUTTON FUNCTION=====

//PID PARAMETERS=====

//PID PARAMETER Valve 1

int kp1 = 15;

int ki1 = 1;

int kd1 = 1;

int ts1 = 1;

```

```

//PID PARAMETER Valve 2

int kp2 = 15;

int ki2 = 1;

int kd2 = 1;

int ts2 = 1;

double pid,error,last_error;

double pid2,last_error2;

int valveState = 0;

//END OF PID PARAMETERS=====

void setup(){

  Serial.begin(115200);          //Memulai komunikasi serial dengan PC

  Serial.println("\n\n MIXING PLANT!"); //mengeluarkan teks "MIXING PLANT!" pada
monitor PC

  pinMode(btnUp, INPUT_PULLUP); //Inisialisasi pin button up sebagai input
  pinMode(btnDown, INPUT_PULLUP); //Inisialisasi pin button down sebagai input

  pinMode(ph1Pin, INPUT); //Inisialisasi pin PH1 sebagai input
  pinMode(ph2Pin, INPUT); //Inisialisasi pin PH2 sebagai input
  pinMode(ph3Pin, INPUT); //Inisialisasi pin PH3 sebagai input

  pinMode(mixer, OUTPUT); //Inisialisasi pin Mixer sebagai output
  pinMode(pin_valve_1, OUTPUT); //Inisialisasi pin Valve1 sebagai output
  pinMode(pin_valve_2, OUTPUT); //Inisialisasi pin Valve2 sebagai output
  pinMode(pin_valve_3, OUTPUT); //Inisialisasi pin Valve3 sebagai output

  valve1.attach(pin_valve_1); //Inisialisasi pin servo Valve 1 sebagai servo

```

```

valve2.attach(pin_valve_2);          //Inisialisasi pin servo Valve 2 sebagai servo

valve1.write(sudutTutup1);          //Menutup servo valve 1 saat pertama kali alat aktif
valve2.write(sudutTutup2);          //Menutup servo valve 2 saat pertama kali alat aktif

delay(1000);                          //jeda 1000ms (1 detik)
// valve1.write(180);
// delay(1000);
// valve1.write(sudutTutup1);
// delay(1000);
// valve1.write(180);

awal();                                //Menjalankan sub program awal()

}

void loop(){
  bcTombol();    //Menjalankan sub program bcTombol()
  bcPH();        //Menjalankan sub program bcPH()
  logika();      //Menjalankan sub program logika()

  Serial.print(pH_3);Serial.print("|");
  Serial.print(pH_1);Serial.print("|");
  Serial.print(pH_2);Serial.print("|S:");
  Serial.print(valveState);Serial.print("|D1:");
  Serial.print(sudutHasil1);Serial.print("|D2:");
  Serial.print(sudutHasil2);Serial.print("|D3:");
  Serial.print(sudutHasil3);Serial.println();

  //di mixing dulu 10 detik baru cek ph lagi

```

```
mixing(); //Menjalankan sub program mixing()
```

```
// relay(1);  
// delay(1000);  
// relay(0);  
// delay(1000);  
}
```

```
void ctkSetPoint (int sp) {  
    tft.fillRect(80, 200, 80, 80, GREEN);  
    tft.setTextSize(3);  
    tft.setTextColor(BLACK);  
    tft.setCursor(95, 230);  
    tft.print(sp);  
}
```

```
float bacaPH(int pin) {  
    for (int i = 0; i < 10; i++)  
    {  
        buf[i] = analogRead(pin);  
    }  
    for (int i = 0; i < 9; i++)  
    {  
        for (int j = i + 1; j < 10; j++)  
        {  
            if (buf[i] > buf[j])  
            {  
                temp = buf[i];  
                buf[i] = buf[j];  
                buf[j] = temp;  
            }  
        }  
    }  
}
```

```

    }
  }
}
avgValue = 0;
for (int i = 2; i < 8; i++)
  avgValue += buf[i];
float pHVol = (float)avgValue * 5.0 / 1024 / 6;
float pHValue = -5.70 * pHVol + offset;
// Serial.print("sensor = ");
// Serial.println(pHValue);
return pHValue;
}

void cetakNilaiPH() {
  //cetak nilai PH
  tft.setTextSize(3);
  tft.setTextColor(BLACK);
  tft.fillRect(35, 80 , 90, 50, CYAN);
  tft.setCursor(50, 95);
  tft.print(pH_1);
  tft.fillRect(175, 80 , 90, 50, CYAN);
  tft.setCursor(190, 95);
  tft.print(pH_2);
  tft.fillRect(330, 80 , 90, 50, CYAN);
  tft.setCursor(345, 95);
  tft.print(pH_3);
}

void relay(int a) {
  digitalWrite(pin_valve_1, a);
  digitalWrite(pin_valve_2, a);
}

```

```
digitalWrite(pin_valve_3, a);
digitalWrite(mixer, a);
}
void awal() {
  uint16_t ID = tft.readID();
  tft.begin(ID);
  tft.setRotation(3);
  tft.fillScreen(BLACK);

  // cetak tampilan
  tft.setTextSize(3);
  tft.setTextColor(WHITE);

  tft.setCursor(50, 20);
  tft.print("Tank");
  tft.setCursor(70, 50);
  tft.print("1");

  tft.setCursor(180, 20);
  tft.print("Tank ");
  tft.setCursor(210, 50);
  tft.print("2");

  tft.setCursor(325, 20);
  tft.print("Mixing");
  tft.setCursor(340, 50);
  tft.print("Tank");

  cetakNilaiPH();
```

```
// cetak tampilan setPoint  
tft.setTextSize(3);  
tft.setTextColor(WHITE);
```

```
tft.setCursor(40, 170);  
tft.print("Set Point");  
ctkSetPoint(setPoint);
```

```
//cetak teks valve  
tft.setTextColor(CYAN);  
tft.drawRect(230, 170, 200, 130, WHITE);  
tft.setTextSize(3);  
tft.setCursor(240, 180);  
tft.print("Valve 1 ");  
tft.setCursor(240, 210);  
tft.print("Valve 2 ");  
tft.setCursor(240, 240);  
tft.print("Valve 3 ");  
tft.setCursor(240, 270);  
tft.print("Mixer ");
```

```
//cetak nilai valve dan mixer  
tft.fillCircle(400, 190, 10, RED);  
tft.fillCircle(400, 220, 10, RED);  
tft.fillCircle(400, 250, 10, RED);  
tft.fillCircle(400, 280, 10, RED);
```

```

}
void logika() {
  if (pH_3 < setPoint) { // tanki 3 kurang dari set point
    // cek tanki yang mana yang phnya lebih tinggi
    // buka valve tanki yang pH nya tinngi
    if (pH_2 < pH_1) {
      valveState = 1;
      sudutHasil2 = sudutTutup2;

      // buka valve 1
      Serial.println("pH_3 < setPoint Buka Valve 1");

      //PID CALCULATION FOR SERVO VALVE 1=====
      error = setPoint - pH_3;
      pid = (kp1*error)+ki1*(error+last_error)*ts1 + (kd1/ts1)*(error - last_error);
      last_error = error;
      sudutHasil1 = sudutTutup1 + pid;

      if (sudutHasil1>=sudutMax1){sudutHasil1=sudutMax1;}
      else if (sudutHasil1<=sudutTutup1){sudutHasil1=sudutTutup1;}
      valve1.write(sudutHasil1);
      //END OF PID CALCULATION FOR SERVO VALVE 1=====

      tft.fillCircle(400, 190, 10, GREEN);
      delay(2000);
      valve1.write(sudutTutup1);
      tft.fillCircle(400, 190, 10, RED);
    }
    else if (pH_2 > pH_1) {

```



```

valveState = 2;
sudutHasil1 = sudutTutup1;

// buka valve 2
Serial.println("pH_3 < setPoint Buka Valve 2");

//PID CALCULATION FOR SERVO VALVE 2=====
error    = setPoint - pH_3;
pid2     = (kp2*error)+ki2*(error+last_error)*ts2 + (kd2/ts2)*(error - last_error);
last_error2 = error;
sudutHasil2 = sudutTutup2 - pid2;

if (sudutHasil2>=sudutTutup2){ sudutHasil2=sudutTutup2;}
else if (sudutHasil2<=sudutMax2){ sudutHasil2=sudutMax2;}
valve2.write(sudutHasil2);
//END OF PID CALCULATION FOR SERVO VALVE 2=====

tft.fillCircle(400, 220, 10, GREEN);
delay(2000);
valve2.write(sudutTutup2);
tft.fillCircle(400, 220, 10, RED);
}

}

else if (pH_3 > setPoint) { // ph 3 lebih dari set point
// cari tanki yang ph lebih rendah lalu buka
if (pH_2 > pH_1) {
valveState = 3;
sudutHasil2 = sudutTutup2;

```

```

// buka valve 1
Serial.println("pH_3 > setPoint Buka Valve 1");

//PID CALCULATION FOR SERVO VALVE 1=====
error = setPoint - pH_3;
pid = (kp1*error)+ki1*(error+last_error)*ts1 + (kd1/ts1)*(error - last_error);
last_error = error;
sudutHasil1 = sudutTutup1 + pid;

if (sudutHasil1>=sudutMax1){sudutHasil1=sudutMax1;}
else if (sudutHasil1<=sudutTutup1){sudutHasil1=sudutTutup1;}
valve1.write(sudutHasil1);
//END OF PID CALCULATION FOR SERVO VALVE 1=====

tft.fillCircle(400, 190, 10, GREEN);
delay(2000);
valve1.write(sudutTutup1);
tft.fillCircle(400, 190, 10, RED);

}
else if (pH_2 < pH_1) {
valveState = 4;
sudutHasil1 = sudutTutup1;

// buka valve 2
Serial.println("pH_3 > setPoint Buka Valve 2");

//PID CALCULATION FOR SERVO VALVE 2=====
error = setPoint - pH_3;

```

```

pid2      = (kp2*error)+ki2*(error+last_error)*ts2 + (kd2/ts2)*(error - last_error);
last_error2 = error;
sudutHasil2 = sudutTutup2 - pid2;

if (sudutHasil2>=sudutTutup2){ sudutHasil2=sudutTutup2;}
else if (sudutHasil2<=sudutMax2){ sudutHasil2=sudutMax2;}
valve2.write(sudutHasil2);
//END OF PID CALCULATION FOR SERVO VALVE 1=====

tft.fillCircle(400, 220, 10, GREEN);
delay(2000);
valve2.write(sudutTutup2);
tft.fillCircle(400, 220, 10, RED);
}
}
else {
    valveState = 5;

    tft.fillCircle(400, 190, 10, RED);
    sudutHasil1 = sudutTutup1;
    sudutHasil2 = sudutTutup2;
    valve1.write(sudutTutup1);
    valve2.write(sudutTutup2);
    // digitalWrite(mixer, 0);
}
}
void mixing() {
    if (pH_3 != setPoint && abs (pH_3 - setPoint) >0.2) {
        digitalWrite(pin_valve_3, HIGH);
        digitalWrite(mixer, 0);
    }
}

```

```
tft.fillCircle(400, 280, 10, GREEN);
int i = 0;
int w = 1000; //UBAH INI UNTUK MENYESUAIKAN DURASI MIXING
//default value -> 1000ms x 10ms = 10000ms mixing

bcPH();
Serial.println("Proses Mixing");
while ( i < w) {

    bcTombol();
    digitalWrite(mixer, 0);
    tft.fillCircle(400, 280, 10, GREEN);

    //jeda 10ms
    delay(10);

    bcTombol();
    i++;
}
}
else {
    digitalWrite(mixer, 1);
    Serial.println("Matikan Mixer");
    //digitalWrite (pin_valve_3, 0);
    sudutHasil3 = 180;
    digitalWrite(pin_valve_3, LOW);
    //valve3.write(sudutHasil3);
    Serial.println("Buka Valve 3");
    tft.fillCircle(400, 250, 10, GREEN);
    tft.fillCircle(400, 280, 10, RED);
```

```

delay(1000);
//digitalWrite (pin_valve_3, 1);
sudutHasil3 = 0;

//valve3.write(sudutHasil3);
//delay(1000);
tft.fillCircle(400, 250, 10, RED);
}
}
void bcTombol() {
  UP.CLK(digitalRead(btnUp));
  DOWN.CLK(digitalRead(btnDown));

  // baca tombol
  if (UP.Q()) {
    setPoint++;
    setPoint = constrain(setPoint, 0, 14);
    Serial.println(setPoint);
    ctkSetPoint(setPoint);
  }
  if (DOWN.Q()) {
    setPoint--;
    setPoint = constrain(setPoint, 0, 14);
    Serial.println(setPoint);
    ctkSetPoint(setPoint);
  }
}
void bcPH() {
  pH_1 = bacaPH(ph1Pin);
}

```

```
pH_2 = bacaPH(ph2Pin);
pH_3 = bacaPH(ph3Pin);

//pH_1 = 7;    //buka comment baris program ini untuk dummy data sensor PH1
//pH_2 = 3;    //buka comment baris program ini untuk dummy data sensor PH2
//pH_3 = 7;    //buka comment baris program ini untuk dummy data sensor PH3

if ((pH_1 != pH_1_Lama) || (pH_2 != pH_2_Lama) || (pH_3 != pH_3_Lama)) {
    pH_1_Lama = pH_1;
    pH_2_Lama = pH_2;
    pH_3_Lama = pH_3;
    cetakNilaiPH();
}

}
```

BIODATA PENULIS



Nama Lengkap penulis Halimatus Sya'diah yang dilahirkan di Gresik, 28 Februari 2001, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita Boboh, SDN Boboh, SMPN 1 Cerme dan SMAN 1 Gresik. Setelah lulus dari SMAN 1 Gresik tahun 2018, Penulis mengikuti Seleksi vokasi ITS dan diterima di Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 10411810000042.

Di Departemen Teknik Kimia Industri Penulis sempat aktif mengikuti organisasi dan tergabung dalam staff Departemen Dalam Negeri pada Himpunan Mahasiswa Teknik pada Kimia Industri (HMTKI) periode 2019/2020, Serta menjadi Koordinator Sie *Public Relation* untuk ICHEVO NIPRO 2020. Penulis juga aktif sebagai Asisten Praktikum Teknologi Pengolahan Air Industri (TPAI) serta Instrumentasi dan Pengendalian Proses (IPP). Penulis pernah mengikuti Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Pengembangan Sumber Daya Mineral Minyak dan Gas (PPSDM Migas) Cepu, Blora, Jawa Tengah dan ditempatkan pada bagian Kilang dan Utilitas khususnya di *Crude Distilling Unit (CDU)* dan *Boiler* selama 1 bulan, dan Magang di PT BTU-FRUITING Indonesia di bagian Produksi dan Quality Control di PT Fruit-ing Indonesia selama 4 bulan. Prestasi yang pernah diraih oleh penulis ada sebagai penerima pendanaan PKM-KC oleh Kemenristekdikti pada tahun 2021. Penulis pernah mengikuti LKMM hingga tingkat LKMM-TD, Pelatihan Gas Chromatography. Pada tahun 2022 ini, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN pH PADA TANGKI PENCAMPURAN UNTUK Mendukung PRAKTIKUM INSTRUMENTASI DAN PENGENDALIAN PROSES”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir maka dapat menghubungi penulis melalui e-mail penulis : syadiahh14@gmail.com

BIODATA PENULIS



Nama Lengkap penulis Annisa Dhea Widyanti yang dilahirkan di Sidoarjo, 6 September 2001 Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Saat ini penulis tinggal Gedangan, Sidoarjo. Pada tahun 2013, penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SDN Sawotratap 1. Kemudian pada tahun 2016 penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 4 Waru dan pada tahun 2018 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 3 Sidoarjo dan melanjutkan studi di Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS.

Di Departemen Teknik Kimia Industri Penulis sempat aktif mengikuti organisasi dan tergabung dalam staff Departemen Akademik Kesejahteraan Mahasiswa pada Himpunan Mahasiswa Teknik pada Kimia Industri (HMTKI) periode 2019/2020. Penulis juga aktif sebagai Asisten Praktikum Mekanika Fluida dan Partikel serta Instrumentasi dan Pengendalian Proses (IPP). Penulis pernah mengikuti Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Pengembangan Sumber Daya Mineral Minyak dan Gas (PPSDM Migas) Cepu, Blora, Jawa Tengah dan ditempatkan pada bagian Kilang dan Utilitas khususnya di *Crude Distilling Unit* (CDU) dan *Boiler* selama 1 bulan, dan Magang di PT BTU-FRUITING Indonesia di bagian Produksi dan Quality Control di PT Fruit-ing Indonesia selama 4 bulan. Prestasi yang pernah diraih oleh penulis ada sebagai penerima pendanaan PKM-KC oleh Kemenristekdikti pada tahun 2021. Pada tahun 2022 ini, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN pH PADA TANGKI PENCAMPURAN UNTUK Mendukung PRAKTIKUM INSTRUMENTASI DAN PENGENDALIAN PROSES”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir maka dapat menghubungi penulis melalui e-mail annisaadhea10@gmail.com