



**RANCANG BANGUN PADA KIT
PRAKTIKUM SENSOR LEVEL
BERBASIS LABVIEW**

Tugas Akhir

Oleh:

Syamsul Bahri (3232211035)

Program Studi Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Elektro Politeknik
Negeri Batam
2025

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Rancang Bangun pada KIT Praktikum Sensor Level berbasis LabVIEW" adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan- bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pertanyaan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 15 Juli 2025



Syamsul Bahri
NIM: 3232211035

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (AMd.T.)
di
Politeknik Negeri Batam

Disusun oleh:
Syamsul Bahri (3232211035)

Tanggal Sidang: 04 Agustus 2025
Disetujui oleh :

1. Penguji 1



Muhammad Jaka Wibang
Wicaksono, S.T.,M.T
NIK: 122272

1. Pembimbing 1



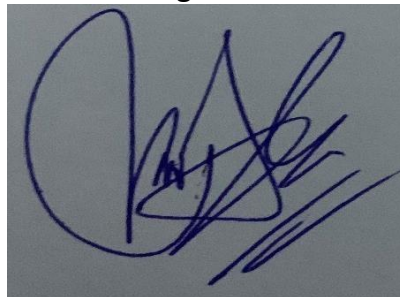
Rahmi Mahdaliza, S.Si,M.Si
NIK: 117195

2. Penguji 2



Ahmad Syafi'i, S.Pd., M.T
NIK: 124311

2. Pembimbing 2



Ardian Budi Kusuma Atmaja, S.Tr.,M.T
NIK: 214172

RANCANG BANGUN PADA KIT PRAKTIKUM SENSOR LEVEL BERBASIS LABVIEW

Abstrak

Pertumbuhan penduduk yang pesat meningkatkan kebutuhan akan air bersih, sehingga diperlukan sistem pemantauan dan pengendalian level air yang efisien. Di lingkungan sekitar, sering ditemukan permasalahan seperti tandon air yang meluap atau kosong karena kurangnya sistem kontrol otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Kit Praktikum Sensor Level* sebagai media pembelajaran dalam bidang teknik dan otomatisasi, khususnya untuk mahasiswa dan praktisi yang mempelajari sistem kendali berbasis sensor. Perangkat ini menggunakan Arduino sebagai penghubung antara sensor dan perangkat lunak LabVIEW. Sistem dilengkapi dengan sensor ultrasonik dan sensor tekanan untuk mengukur ketinggian air secara real-time, serta servo motor yang mengatur katup air secara otomatis. Kendali sistem menggunakan logika fuzzy untuk mengakomodasi dinamika sistem yang tidak linier. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor dan performa sistem dalam menjaga level air secara otomatis. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik, meskipun tingkat kesalahan rata-rata masih cukup tinggi, yaitu sebesar 11%, yang menunjukkan perlunya penyempurnaan lebih lanjut. Secara keseluruhan, Kit Praktikum Sensor Level ini berpotensi meningkatkan pemahaman praktis dalam bidang instrumentasi sekaligus diaplikasikan dalam pengelolaan air skala kecil.

Kata kunci: Sensor Level, Ultrasonik, Tekanan, LabVIEW, Logika Fuzzy

DESIGN OF LABVIEW-BASED LEVEL SENSOR LAB KIT

Abstract

The rapid growth of the population has led to an increasing demand for clean water, highlighting the need for an efficient water level monitoring and control system. In daily life, water tanks are often found either overflowing or empty due to the absence of automatic control systems. This study aims to develop a Water Level Sensor Practice Kit as a learning tool in the field of engineering and automation, particularly for students and practitioners studying sensor-based control systems. The device uses an Arduino as an interface between sensors and LabVIEW software. It is equipped with an ultrasonic sensor and a pressure sensor to measure water level in real time, as well as a servo motor to automatically control the water valve. A fuzzy logic control system is implemented to handle the nonlinear and dynamic nature of the system. Testing was conducted to evaluate sensor accuracy and system performance in maintaining water levels automatically. Experimental results show that the system functions effectively, achieving an average accuracy of 89%, although further improvements are needed for optimal performance. Overall, the Water Level Sensor Practice Kit has potential to enhance practical understanding in instrumentation and can be applied to small-scale water management systems.

Keywords: *Water Level, Ultrasonic Sensor, Pressure Sensor, LabVIEW, Fuzzy Logic*

Kata Pengantar

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas Rahmat dan karunianya sehingga kami dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul "Rancang Bangun pada KIT Praktikum Sensor Level berbasis LabVIEW" guna memenuhi persyaratan kelulusan pada program studi Teknik Instrumentasi di Politeknik Negeri Batam.

Dalam kata pengantar ini, kami ingin mengungkapkan rasa terima kasih atas dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang sudah berkontribusi dalam terlaksana proyek akhir ini. Pada kesempatan kali ini kami ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada kepada Ibu Rahmi Mahdaliza, S.si, M,si dan Bapak Ardian Budi Kusuma Atmaja, S.Tr.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan dan masukan yang sangat berharga selama proses pengerjaan proyek dan penulisan buku proyek ini. Dan tak luput pula terima kasih kami ucapkan pada Bapak Ahmad Syafi'I, S.Pd.,M.T dan Bapak Muhammad Jaka Wimbang WicaksonoS.T,M.T sebagai Dosen Penguji yang memberi masukan dan arahan pada saat sidang. Ucapa terima kasih juga kepada seluruh Dosen Jurusan Teknik Instrumentasi atas ilmu yang diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun teladan dan motivasi untuk masa yang akan datang. Terima kasih juga kami ucapkan kepada keluarga terutama kedua orang tua, istri dan juga teman teman yang telah memberikan dukungan moral dan semangat selama perjalanan panjang yang telah kami lalui ini. Kami menyadari bahwa proyek akhir ini mungkin masih memiliki beberapa kekurangan dan keterbatasan. Oleh sebab itu, kami sangat menghargai masukan dan saran konstruktif dari pembaca sebagai bahan untuk perbaikan dan pengembangan di masa yang akan datang.

Sebagai penutup, kami berharap proyek akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam memperdalam pemahaman mengenai konsep Sensor Level. Semoga proyek ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, peneliti, serta semua pihak yang memiliki minat di bidang ini.

Batam, 15 Juli 2025

Syamsul Bahri

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak.....	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan	2
1.6 <i>WorkBreakdown Structure</i>	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sistem Kontrol Berbasis logika Fuzzy	4
2.2 Sistem Monitoring Dengan Menggunakan Labview	4
2.3 Sensor Yang Digunakan Pada KIT Praktikum Sensor Level.....	5
BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN	6
3.1 Perumusan Perancangan.....	6
3.2 Pengumpulan Data Sekunder	6
3.3 Perancangan Produk	6
3.4 Proses Pembuatan Produk.....	8
3.5 Perancangan Sistem Kontrol	9
3.6 Pengujian	10
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Data Hasil Penelitian	12
4.2 Logika Fuzzy.....	19
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	19
5.1 Kesimpulan	19
5.2 Saran	19
DAFTAR PUSTAKA	21
Lampiran.....	22

Daftar Gambar

Gambar 1. <i>Flowchart</i> Perumusan Rancangan.....	6
Gambar 2. Desain Mekanikal KIT Praktikum Sensor Level	7
Gambar 3. Desain Elektrikal KIT Praktikum Sensor Level	8
Gambar 4. Perancangan <i>Software Interface</i> KIT Praktikum Sensor Level.....	8
Gambar 5. Grafik Set Point / point Variable tanpa menggunakan sistem Fuzzy	9
Gambar 6. Grafik Dari Hasil Data Karakteristik Sensor Pressure	18
Gambar 7. Grafik hasil dari data fuzzy hubungan antara setpoint(cm) dan waktu(ms).....	23

Daftar Tabel

Tabel 1. <i>Work Breakdown Structure</i>	3
Tabel 2. Hasil Pengukuran Data Sensor Ultrasonic	13
Tabel 3. Hasil Data Karakteristik Sensor Pressure.....	17
Tabel 4. Hasil Data Pengukuran Sensor Pressure.....	19
Tabel 5. Hasil Data Fuzzy	23

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya vital yang keberadaannya sangat penting bagi kehidupan dan berbagai aktivitas industri. Seiring pertumbuhan populasi dan perkembangan industri, kebutuhan akan pengelolaan air yang efisien dan akurat semakin meningkat. Salah satu aspek penting dalam pengelolaan tersebut adalah sistem pemantauan dan pengendalian level air di dalam tangki penampungan, yang berperan penting dalam menjamin kelancaran proses operasional serta mencegah terjadinya pemborosan atau kekurangan air (Rahman et al., 2020). Dalam konteks pendidikan vokasi dan teknik, diperlukan suatu media pembelajaran praktikum yang mampu menjembatani teori dengan implementasi nyata di lapangan. Kit praktikum menjadi salah satu solusi efektif dalam memperkenalkan konsep sistem kendali dan akuisisi data sensor kepada mahasiswa. Pemanfaatan teknologi modern seperti sensor ultrasonik, sensor tekanan, dan perangkat lunak seperti LabVIEW dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan aplikatif (Prasetyo & Nugroho, 2018).

Penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas penggunaan kit praktikum berbasis LabVIEW dalam pendidikan teknik. Suryantoro dan Budiyanto (2019) mengembangkan prototipe sistem monitoring level air berbasis LabVIEW dan Arduino, yang menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur level air tanpa kontak langsung. Penelitian tersebut menekankan metode pengembangan sistem mulai dari perancangan hingga pengujian dengan simulasi perubahan level air. Sementara itu, Ibrahim, Widodo, dan Setiawan (2018) mengembangkan sistem kontrol berbasis logika fuzzy dan pemantauan sumber air berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan sensor aliran dan tekanan air untuk meningkatkan efektivitas pemantauan serta mendeteksi kebocoran pipa. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan sensor dan teknologi kendali cerdas mampu memberikan hasil pemantauan yang lebih responsif dan akurat.

Berdasarkan berbagai studi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Kit Praktikum Sensor Level yang memanfaatkan Arduino dan LabVIEW sebagai sistem utama. Sistem dirancang dengan menggabungkan sensor ultrasonik dan sensor tekanan untuk mengukur ketinggian air secara real-time. Pengolahan dan visualisasi data dilakukan melalui LabVIEW, sementara kontrol otomatis level air dilakukan menggunakan logika fuzzy, khususnya metode Tsukamoto yang menghasilkan keluaran berbentuk tegas (crisp), sehingga lebih mudah diimplementasikan dalam sistem kendali nyata (Sugiyono, 2021). Sensor ultrasonik dipilih karena kemampuannya mengukur ketinggian air tanpa kontak langsung, sehingga lebih awet dan tahan terhadap korosi. Sensor tekanan berperan sebagai pembanding dan pelengkap untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Dengan integrasi sistem ini, diharapkan Kit Praktikum tidak hanya menjadi media edukatif, tetapi juga memiliki potensi aplikasi dalam sistem monitoring air skala kecil, baik untuk keperluan domestik maupun industri.

Maka, berdasarkan uraian di atas mengenai kebutuhan Kit Praktikum serta penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti, dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan Kit Praktikum Sensor Level dengan menggunakan sensor ultrasonik dan sensor *pressure*. Sistem yang dikembangkan akan memanfaatkan *LabVIEW* sebagai sistem monitoring, dimana data dari sensor akan diolah dan ditampilkan secara *real-time* untuk memantau serta mengukur level ketinggian air secara otomatis dan kontrol logika *fuzzy* sebagai sistem kontrolnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang disajikan, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang akan diselesaikan sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat akurasi sensor ultrasonik dibandingkan dengan sensor *pressure* dalam mengukur level air pada berbagai ketinggian?
2. Bagaimana perancangan dan implementasi sistem monitoring Kit Praktikum Sensor Level yang dapat menampilkan data ketinggian air secara *real-time* melalui LabVIEW dan sistem kontrol dari KIT Praktikum Sensor Level?
3. Bagaimana strategi kalibrasi dan pengolahan data untuk meminimalisir nilai kesalahan pada masing-masing sensor di setiap ketinggian level air agar sistem dapat beroperasi dengan lebih akurat dan andal?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis tingkat akurasi sensor ultrasonik dan sensor *pressure* dalam mengukur level air pada berbagai ketinggian untuk menentukan sensor yang paling optimal dalam sistem monitoring.
2. Merancang dan mengembangkan sistem monitoring Kit Praktikum Sensor Level yang mampu menampilkan data ketinggian air secara *real-time* melalui *LabVIEW* serta mengendalikan sistem kontrol air untuk meningkatkan akurasi pemantauan dan pengendalian level air pada tangki.
3. Mengimplementasikan strategi kalibrasi dan pengolahan data guna meminimalisir kesalahan pengukuran pada masing-masing sensor, sehingga sistem dapat beroperasi dengan akurasi dan keandalan yang lebih tinggi.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menyediakan media pembelajaran yang interaktif untuk memantau dan mengukur level air berdasarkan parameter ketinggian, tekanan, dan volume.
2. Menghasilkan sistem pengisian air yang sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat mencegah pengisian berlebih.
3. Mendukung upaya penghematan sumber daya air melalui pengendalian level air secara otomatis.
4. Menjadi pedoman praktikum yang aplikatif dalam bidang sistem pengukuran dan kontrol level cairan.

1.5 Batasan

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Sistem hanya difokuskan pada pengukuran dan pengendalian level air di dalam tangki menggunakan sensor ultrasonik dan sensor tekanan, tanpa mempertimbangkan parameter lain seperti kualitas atau suhu air.
2. Ketinggian maksimum air dalam tangki dibatasi hingga 40 cm, dengan pengambilan data pada interval setiap 1 cm.
3. Sistem monitoring menggunakan perangkat lunak LabVIEW sebagai antarmuka untuk menampilkan data secara *real-time*.
4. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kondisi statis (tanpa perubahan debit air) dan kondisi dinamis (dengan variasi debit air masuk dan keluar), untuk mengevaluasi performa sensor pada skenario yang berbeda.

1.6 Work Breakdown Structure

Tabel 1. Work Breakdown Structure

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab
1.	Syamsul Bahri	Sistem Mekanikal dan Elektrikal beserta sistem kontrol pada KIT Praktikum Sensor Level
2.	Nova Trinita	Akuisisi Data pada masing- masing Sensor dan sistem kontrol yang digunakan pada KIT Praktikum Sensor Level

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kontrol berbasis Logika Fuzzy

Penggunaan logika *fuzzy* dalam sistem kontrol telah terbukti efektif untuk menangani sistem yang bersifat nonlinier dan dinamis. Salah satu penelitian oleh Azmi et al. (2019), yang berjudul "Rancang Bangun *Water Level Detection* dengan Sensor Ultrasonik Berbasis *Fuzzy Logic*", menyajikan sistem pengendalian level air dalam tangki menggunakan logika *fuzzy*. Sistem tersebut dirancang agar air tidak melebihi batas maksimal dengan memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai input ke mikrokontroler Arduino, dan logika fuzzy sebagai pengolah data untuk menentukan level air secara adaptif.

Dalam penelitian ini, kontrol level air dirancang menggunakan metode logika fuzzy Tsukamoto, yang berbeda dari metode Sugeno dalam hal hasil keluarannya. Metode Tsukamoto menghasilkan output berbentuk *crisp* (tegas) melalui inferensi berbasis aturan fuzzy, di mana setiap aturan harus memiliki fungsi keanggotaan yang monoton. Menurut Putra dan Irawan (2019), pendekatan Tsukamoto lebih responsif terhadap perubahan nilai input dan menghasilkan keputusan yang lebih halus, sehingga cocok untuk pengendalian sistem yang bersifat tidak linier.

Pada penelitian sebelumnya, sistem kontrol yang digunakan adalah PID karena metode ini mampu memberikan respon cepat dan presisi berdasarkan perhitungan error secara matematis, namun memerlukan model sistem yang relatif akurat. Pada penelitian ini digunakan *fuzzy logic* karena lebih mampu menangani data sensor level yang mengandung noise atau ketidakpastian tanpa memerlukan model fisika yang detail. Fuzzy juga fleksibel dan mudah dikembangkan melalui penyesuaian fungsi keanggotaan serta aturan (*rule base*), sehingga cocok untuk pembelajaran dan simulasi kontrol cerdas. Selain itu, fuzzy dapat menjaga ketinggian air sesuai setpoint dengan respon yang halus, meminimalkan *overshoot*, serta membantu stabilisasi pembacaan sensor sehingga proses kalibrasi dan analisis menjadi lebih mudah.

Sistem kontrol yang dikembangkan dalam penelitian ini mengintegrasikan sensor ultrasonik dan sensor tekanan untuk mendeteksi level air secara akurat. Data dari kedua sensor dikirim ke Arduino dan kemudian diolah dengan algoritma fuzzy Tsukamoto untuk menentukan tindakan pengendalian, seperti menghidupkan atau mematikan pompa secara otomatis. Integrasi dua sensor ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi, mengurangi kesalahan pengukuran, dan menjaga kestabilan level air secara optimal.

2.2 Sistem Monitoring dengan menggunakan *LabVIEW*

LabVIEW merupakan perangkat lunak berbasis grafik yang banyak digunakan dalam sistem pengukuran dan kontrol karena kemampuannya dalam visualisasi data secara *real-time*. Penelitian yang dilakukan oleh Suryantoro dan Budiyanto (2019), berjudul "*Prototype* Sistem Monitoring Level Air Berbasis *LabVIEW* & Arduino sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali", merancang prototipe sistem monitoring air menggunakan sensor ultrasonik yang diintegrasikan dengan Arduino dan *LabVIEW*. Sensor tersebut bekerja berdasarkan prinsip cepat rambat gelombang ultrasonik di udara, dan dapat mengukur ketinggian air tanpa kontak langsung, sehingga lebih tahan terhadap korosi.

Penelitian ini akan mengembangkan sistem serupa dengan peningkatan pada sisi akurasi dan keandalan. Tidak seperti penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan satu jenis sensor (ultrasonik), sistem yang dikembangkan akan menambahkan sensor tekanan sebagai pengukur tambahan untuk mengatasi keterbatasan ultrasonik terhadap gangguan seperti busa atau turbulensi. Selain itu, penelitian ini akan memanfaatkan *Microsoft Excel* sebagai media akuisisi data lanjutan dari *LabVIEW*, untuk kebutuhan evaluasi dan analisis.

Kelemahan lain yang ditemukan dalam studi sebelumnya adalah tidak adanya analisis error atau perbandingan akurasi antar sensor, serta pengujian hanya dilakukan pada kondisi statis. Penelitian ini akan mengatasi keterbatasan tersebut dengan melakukan pengujian dalam kondisi dinamis dan menghitung persentase kesalahan pada masing-masing sensor. Dengan pendekatan ini, sistem diharapkan tidak hanya mampu memantau level air, tetapi juga melakukan kontrol otomatis yang adaptif dan akurat, serta dapat diandalkan dalam berbagai skenario nyata, baik untuk pendidikan maupun industri..

2.3 Sensor yang digunakan pada KIT Praktikum Sensor Level

2.3.1 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah perangkat yang menggunakan gelombang suara dengan frekuensi tinggi (di atas 20.000 Hz) untuk mendeteksi jarak atau level suatu objek (Prastyo, 2020). Gelombang ini dihasilkan oleh elemen piezoelektrik dan dipantulkan kembali oleh objek yang dikenai. Selisih waktu antara pengiriman dan penerimaan sinyal digunakan untuk menghitung jarak objek terhadap sensor.

Sensor ultrasonik memiliki karakteristik utama yang membuatnya banyak digunakan pada sistem pengukuran jarak dan level cairan. Sensor ini mampu bekerja pada rentang jarak tertentu, umumnya antara 2 cm hingga 400 cm, dengan tingkat akurasi pengukuran yang dapat mencapai ± 3 mm, tergantung kualitas dan kondisi lingkungan. Sudut deteksi sensor biasanya sekitar 15 derajat, sehingga pengukuran paling optimal dilakukan pada objek yang berada tegak lurus di depan sensor. Sensor ini bekerja dengan tegangan suplai 5 V DC dan mengonsumsi arus relatif kecil, sehingga efisien untuk digunakan pada berbagai perangkat berbasis mikrokontroler. Selain itu, sensor ultrasonik tahan terhadap debu dan kelembapan ringan, meskipun kinerjanya dapat menurun pada permukaan cairan yang bergolak atau pada kondisi suhu dan kelembapan ekstrem.

Salah satu tipe sensor ultrasonik yang banyak digunakan adalah HC-SR04, yang terdiri dari empat pin: VCC (tegangan positif), GND (ground), *Trigger* (pemicu sinyal), dan *Echo* (penerima sinyal pantulan). Ketika pin *Trigger* diberi sinyal tegangan selama 10 μ s, sensor mengirimkan delapan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40 kHz. Waktu yang dibutuhkan oleh sinyal untuk kembali ke pin *Echo* akan dihitung dan dikonversikan menjadi nilai jarak atau ketinggian air. Keunggulan utama sensor ini adalah pengukuran tanpa kontak, sehingga mengurangi risiko korosi dan kerusakan fisik akibat lingkungan cair.

2.3.2 Sensor Pressure (Tekanan)

Sensor tekanan adalah perangkat yang mendeteksi tekanan fisik dari cairan atau gas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik untuk tujuan pengukuran dan pengendalian. Prinsip kerja sensor ini umumnya berdasarkan efek piezoelektrik, yaitu kemampuan suatu bahan untuk menghasilkan muatan listrik sebagai respons terhadap tekanan mekanis yang diterima (Wijaya & Fitria, 2020).

Sensor tekanan tipe *pressure transmitter sensor transducer vacuum pressure* 0–10 kPa memiliki karakteristik pengukuran yang sensitif dan presisi pada rentang tekanan rendah, sehingga ideal untuk mengukur tekanan hidrostatis air dalam tangki skala laboratorium. Rentang kerja sensor ini tekanan rendah, cocok untuk kolom air ≤ 40 cm. Sensor ini bekerja dengan tegangan suplai rendah dan menghasilkan output analog yang linear terhadap perubahan tekanan, memudahkan proses konversi menjadi data ketinggian air melalui kalibrasi. Keunggulan lain dari tipe ini adalah stabilitas jangka panjang, respon cepat terhadap perubahan tekanan, serta daya tahan terhadap kelembapan dan paparan air, sehingga cocok untuk penggunaan berulang dalam lingkungan praktikum. Pemilihan tipe sensor 0–10 kPa pada kit praktikum sensor level didasarkan pada kesesuaiannya dengan kisaran tekanan air pada tinggi kolom yang relatif rendah, kemudahan integrasi dengan mikrokontroler, dan kemampuan memberikan hasil pengukuran yang akurat meskipun terjadi fluktuasi atau turbulensi pada permukaan air.

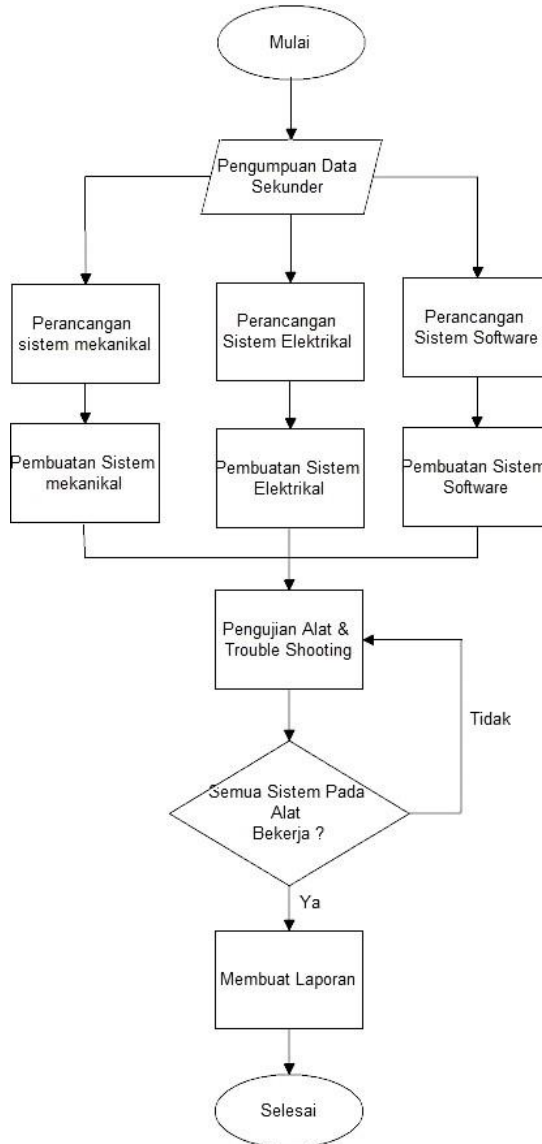
Sensor *pressure* yang digunakan memiliki sensitivitas $\pm 27,216$ cm/V (berdasarkan persamaan regresi: Level = $27,216 \times V_{out} - 14,545$). Sensitivitas dapat diatur secara tidak langsung melalui kalibrasi: mengubah gain dan offset pembacaan pada perangkat lunak (*LabVIEW*) atau mikrokontroler, pengaturan rentang tekanan: memilih sensor dengan rentang 0–10 kPa untuk meningkatkan resolusi pembacaan pada ketinggian rendah. Dan yang terakhir filter digital: untuk mengurangi noise dan meningkatkan stabilitas hasil.

Sensor ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti pemantauan tekanan air, udara, atau gas lainnya. Dalam penelitian ini, sensor tekanan digunakan sebagai alternatif untuk mengukur level air berdasarkan tekanan hidrostatis di dasar tangki. Semakin tinggi volume air, semakin besar tekanan yang diterima, sehingga dapat dikonversi menjadi data ketinggian. Dengan menggunakan sensor tekanan sebagai pelengkap sensor ultrasonik, sistem monitoring menjadi lebih stabil dalam menghadapi kondisi lingkungan yang berubah-ubah, seperti turbulensi dan variasi suhu.

BAB 3. TAHAPAN PELAKSANAAN

3.1 Perumusan Perancangan

Pada perumusan masalah dijelaskan dalam bentuk bagan alir atau *flowchart*. Pada *flowchart* akan dijelaskan tahapan- tahapan dari perancangan yang akan dilaksanakan dimana pada tahapan awal berupa mengidentifikasi permasalahan pada tujuan penelitian dan tahapan selanjutnya yaitu pembuatan alat sampai pada tahap pengujian dan menganalisis data. Tahapan *flowchart* ini terdapat pada gambar 1



Gambar 1. Flowchart Perumusan Perancangan

3.2 Pengumpulan Data Sekunder

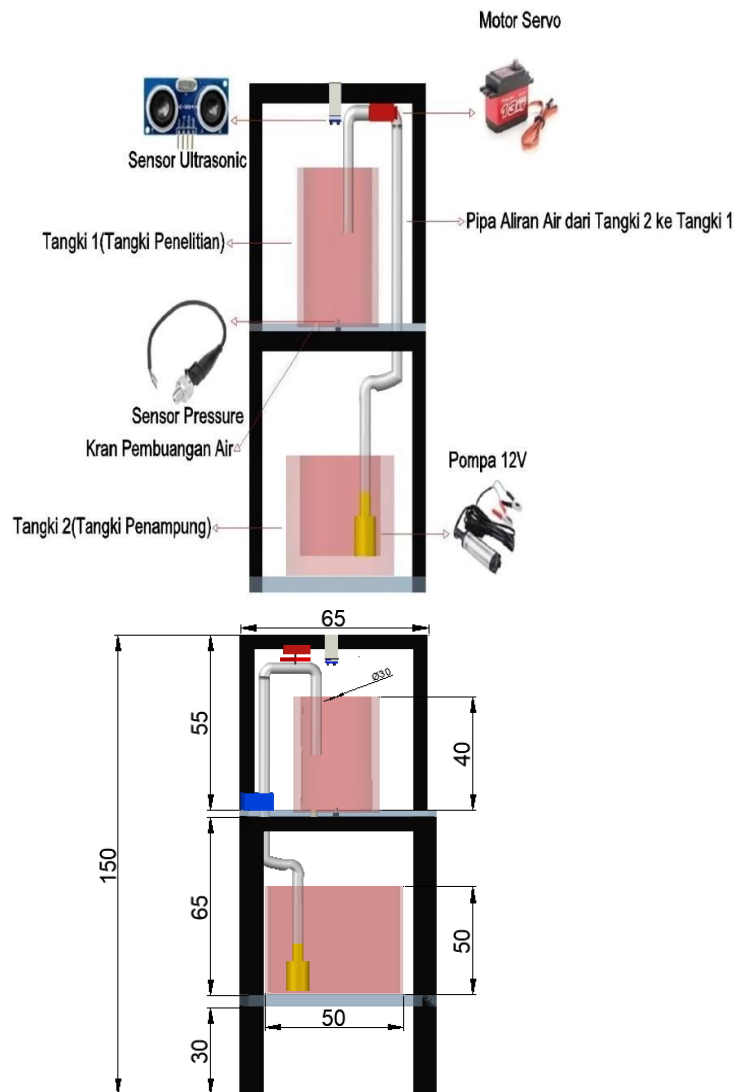
Pada Kit Praktikum Sensor Level diperlukan data yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, yaitu berupa data sekunder yang akan digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya. Data Sekunder dapat berupa *datasheet* sensor atau data pengujian alat yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Data dari peneliti sebelumnya dapat dijadikan acuan untuk pengambilan atau pengujian data berikutnya. Untuk desain elektrikal berupa data sensor ultrasonik dan desain *interface* berupa *LabVIEW* oleh penelitian Hery Suryantoro, Almira Budiyanto.

3.3 Perancangan Produk

Perancangan produk pada Kit Praktikum Sensor Level melibatkan perencanaan dan spesifikasi teknik yang diperlukan untuk mengukur level air pada tangki. Dengan adanya perancangan produk yang terstruktur, dapat memastikan bahwa sistem monitoring yang akan dilakukan dapat memberikan data level air yang tepat dan akurat sehingga air yang akan ditampung pada tangki sesuai dengan kebutuhan dan tidak berlebihan.

3.1.1 Perancangan Mekanikal

Perancangan dan pembuatan sistem desain mekanikal pada Kit Praktikum Sensor Level direncanakan menggunakan *software Autocad*. Pada proses perancangan desain mekanikal tersebut akan terdapat 2 tangki berbentuk silinder dengan menggunakan akrilik, dimana pada tangki pertama terdapat sensor ultrasonik dan sensor *pressure*. Tangki pertama sebagai tempat air akan mengalir dan sebagai tempat sensor untuk mendeteksi level atau ketinggian air. Selanjutnya pada tangki kedua sebagai tempat pembuangan air. Pada alat yang akan dirancang atau dibangun air akan mengalir melalui pompa dari tangki kedua ketangki pertama Untuk gambaran dari desain mekanikal Kit Praktikum Sensor Level dapat dilihat pada gambar 2

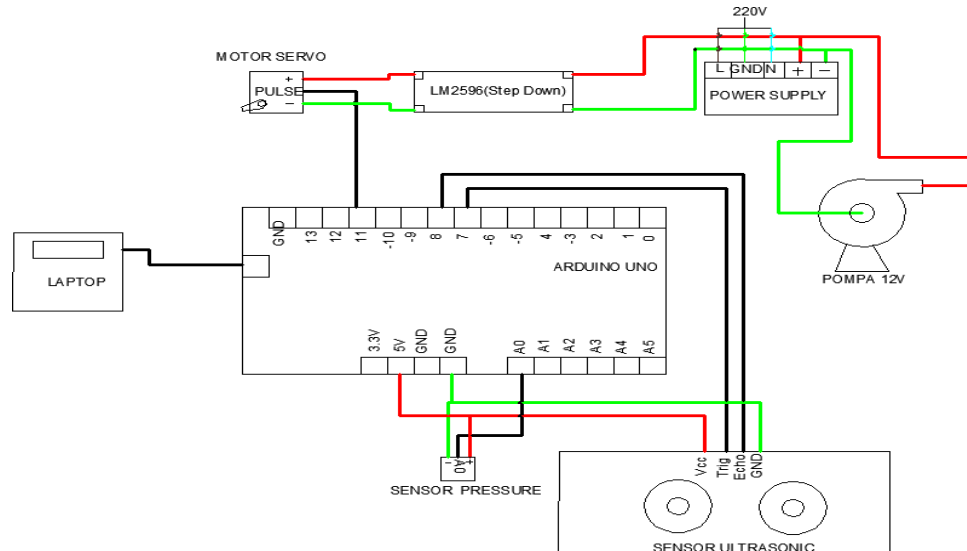


Gambar 2. Desain Mekanikal KIT Praktikum Sensor Level

3.1.2 Perancangan Sistem Elektrikal

Dalam perancangan dan pembuatan sistem elektrikal pada Kit Praktikum Sensor Level akan menggunakan *software Autocad* Perancangan akan direncanakan menggunakan arduino uno sebagai mikrokontroler yang dimana pada pin analog akan dihubungkan ke output motor servo dan sensor *pressure* lalu pin digital akan dihubungkan ke output sensor ultrasonik. Kemudian untuk pompa 12V akan dihubungkan ke sumber daya

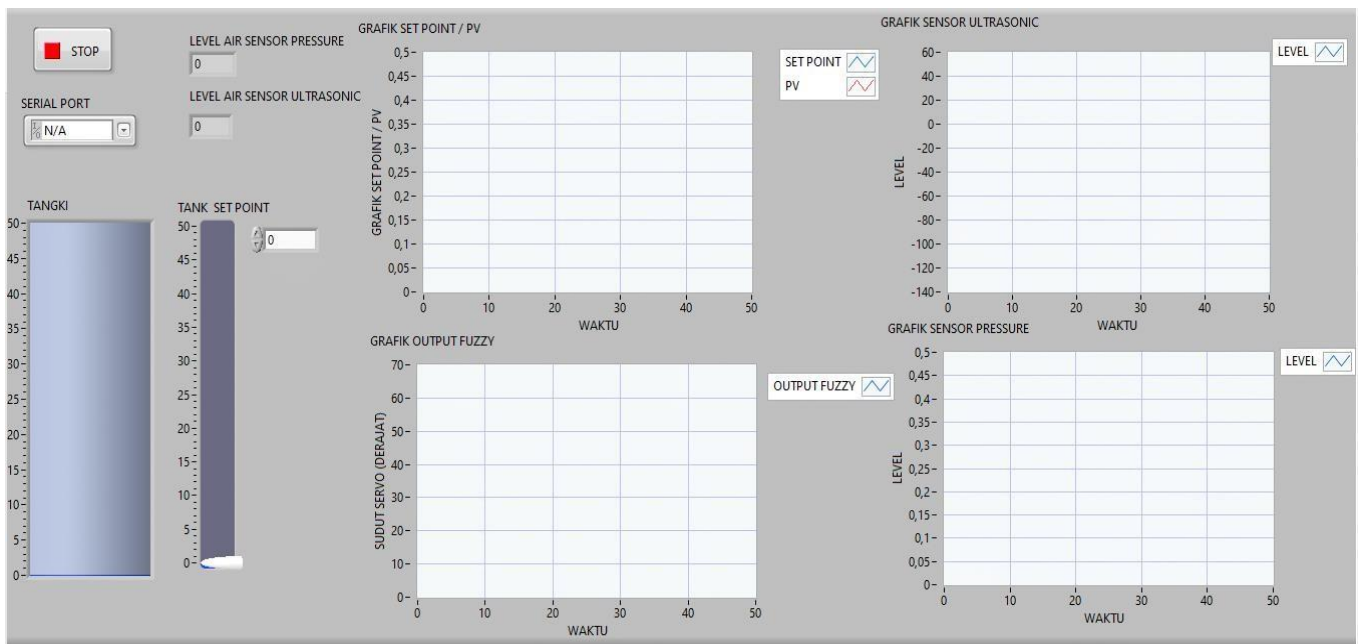
yaitu *power supply* 12V selanjutnya ada *Buck Converter* sebagai penurun tegangan yang dimana akan digunakan oleh motor servo sebagai sumber dayanya. Pada setiap desain elektrik atau *wiring* hingga desain elektrik secara nyata akan selalu melakukan pengecekan secara teliti sehingga menjadi elektrik yang bisa berfungsi secara input maupun output. Desain Elektrik Kit Praktikum Sensor Level dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. Desain Elektrik dari KIT Praktikum Sensor Level

3.1.3 Perancangan *Software Interface*

Pada tahapan akhir dalam penyusunan desain teknis berupa tampilan yang akan menampilkan pengukuran level air dari pembacaan masing- masing sensor. Penelitian akan menggunakan *software LabVIEW* sebagai tampilan dan pemograman. Mikrokontroler yang berupa Arduino akan dihubungkan ke *LabVIEW* dengan menggunakan aplikasi tambahan yaitu *Linx*, sehingga tidak perlu pembuatan program pada arduino. Pemograman akan dirancang pada *block diagram* dan tampilan akan dirancang pada *font panel*. Sehingga pada *font panel* akan menampilkan hasil dari pengukuran level air dari kedua sensor, yaitu sensor ultrasonik dan sensor *pressure*. Perancangan *Software Interface* pada KIT Praktikum Sensor Level dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Perancangan *Software Interface* KIT Praktikum Sensor Level

3.4 Proses Pembuatan Produk

Pada tahapan ini, merupakan proses pembuatan produk yang terbagi menjadi beberapa tahapan yang akan dilakukan, yaitu:

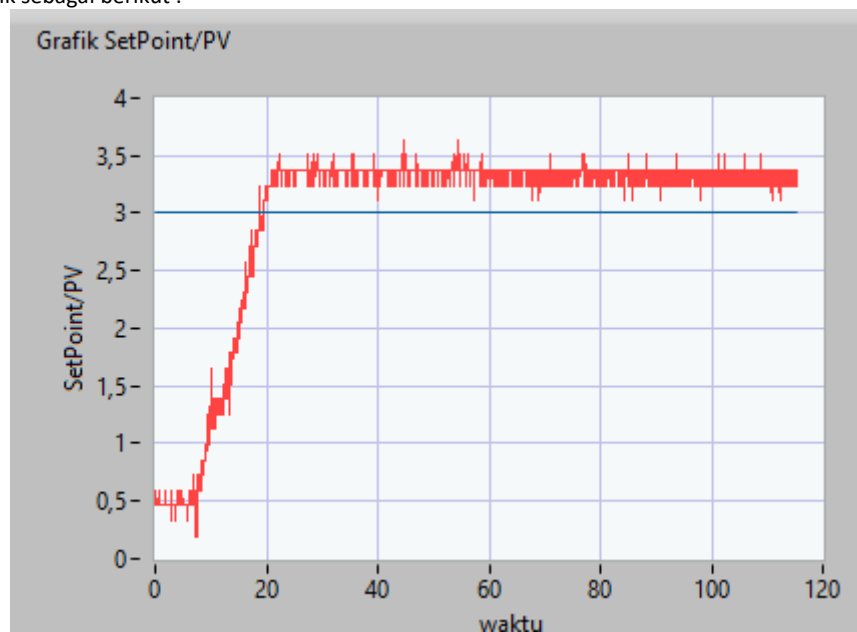
1. Pembuatan Tangki Air
2. Desain Elektrikal
3. Pembuatan *Interface* berupa *LabVIEW*

3.5 Perancangan sistem kontrol

3.5.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem fuzzy pada penelitian ini diarahkan untuk mengontrol bukaan katup air (melalui motor servo) agar level air di tangki tetap pada *setpoint* yang diinginkan (maksimal 40 cm). Input fuzzy adalah *tank error* (selisih antara *setpoint* dan hasil pembacaan sensor), sedangkan outputnya adalah sudut bukaan servo (0° sampai dengan 80°). Metode yang digunakan adalah Fuzzy Tsukamoto, sehingga keluaran berupa nilai tegas (*crisp*) untuk mengatur bukaan servo sesuai kondisi error: terlalu penuh (servo banyak menutup), ideal (servo sedang), atau terlalu kosong (servo membuka sedikit untuk pengisian cepat).

Kemudian berikut adalah grafik saat sistem tidak digunakan atau tidak dijalankan di labVIEW dengan Gambar grafik sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik Set Point / point Variable tanpa menggunakan sistem Fuzzy

Pada gambar 7 ini Grafik ini menunjukkan respons alami sistem tanpa kontrol terhadap perubahan input atau target (SetPoint) dan Kinerja respons cukup cepat, tetapi stabilitasnya rendah Tanpa kontrol, sistem tidak mampu mempertahankan nilai target secara konsisten maka dari itu pada penelitian ini sistem fuzzy dibutuhkan agar air sesuai dengan set point yang diinginkan.

3.5.2 Penentuan Variabel Fuzzy

Pada tahapan ini, dilakukan penentuan variabel fuzzy. Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan adalah *tank error* sebagai input. Sementara itu, Outputnya berupa sudut motor servo yang mana motor servo ini akan membuka dan menutup katup air berdasarkan output logika fuzzy. Penelitian ini menggunakan dua variabel fuzzy dan tiga nilai linguistik dari setiap variabelnya ditentukan sebagai berikut :

1. Variabel *tank error* dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy yaitu *negative*, *none*, dan *positive* dengan rentang nilai -50 sampai 50 cm dengan rincian sebagai berikut :
Negative : -50 – 10 cm
None : 0 – 20 cm
x : 15 – 50 cm

2. Variabel sudut servo dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy yaitu sedikit, sedang, dan banyak dengan rentang nilai $0^\circ - 80^\circ$ dengan rincian sebagai dibawah ini :
 Sedikit : $0^\circ - 5^\circ$
 Sedang : $5^\circ - 60^\circ$
 Banyak : $60^\circ - 80^\circ$

3.5.3 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses konversi data atau input *non-fuzzy* menjadi nilai fuzzy dalam sistem logika fuzzy, di mana data yang tegas dan pasti diubah menjadi nilai fuzzy yang mencerminkan tingkat keanggotaan suatu elemen terhadap himpunan fuzzy. Ini memungkinkan sistem logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas data yang tidak dapat diukur secara tegas, memfasilitasi analisis dan pengambilan keputusan dalam lingkungan yang tidak selalu dapat dijelaskan dengan nilai pasti. Pada tahap Fuzzifikasi, nilai numerik diubah menjadi himpunan fuzzy dengan menetapkan derajat keanggotaan berdasarkan variabel fuzzy dan nilai linguistik yang telah ditentukan sebelumnya, kemudian menentukan fungsi keanggotaan untuk setiap variabel berdasarkan data yang dikumpulkan.

Fungsi keanggotaan untuk setiap himpunan dirumuskan sebagai berikut :

Himpunan *negative*,

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq -50 \\ \frac{10 - x}{10 - (-50)}, & -50 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

Himpunan *none*,

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x - 0}{10 - 0}, & x \leq 0 \\ 10 - 0, & 0 < x \leq 10 \\ \frac{x - 0}{10 - 0}, & 10 < x < 20 \\ 0, & x \geq 20 \end{cases}$$

Himpunan *positive*,

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x - 15}{50 - 15}, & 15 < x < 50 \\ 0, & x \geq 50 \end{cases}$$

3.5.4 Aturan Inferensi Fuzzy

Dalam sistem ini digunakan tiga aturan fuzzy yang disusun berdasarkan hubungan logis antara *Tank Error* dan motor Servo. Aturan-aturan tersebut dirancang untuk menjaga agar ketinggian air tetap stabil di sekitar nilai setpoint (40 cm). variabel yang digunakan dalam menentukan set point terdapat dalam tabel dibawah ini

No	input	output
R1	<i>Negative</i>	Banyak (80°)
R2	<i>None</i>	Sedang (30°)
R3	<i>Positive</i>	Sedikit (0°)

Berikut ini adalah rules atau aturan yang dipakai pada sistem ini :

- R1:** Jika tangki terlalu penuh (error negatif), maka katup ditutup → derajat servo besar
- R2:** Jika tangki berada di titik ideal (error = 0), maka servo dibuka sedang untuk menjaga aliran air tetap stabil.
- R3:** Jika tangki terlalu kosong (error positif), maka servo membuka agar pengisian cepat dilakukan → derajat servo kecil

3.5.5 Inferensi Fuzzy Tsukamoto

Apabila setpoint di atur jadi 20 cm maka Hanya Rule 3 yang aktif maka jika input error sebesar 20 cm maka didapatkan hasil seperti berikut :

$$\mu_{\text{sedikit}}(20) = (20 - 10)/10 = 1 \rightarrow \text{motor servo buka penuh}$$

$$\alpha_1 = \mu_{\text{sedikit}}(20) = 1$$

Rule 3:

Jika tangki terlalu kosong (error positif), maka servo membuka agar pengisian cepat dilakukan → derajat servo kecil

Gunakan fungsi turun sebagai berikut :

$$z_1 = 80(1 - \alpha_3) = 80(1 - 1) = 0 \quad (1)$$

3.5.6 Defuzzifikasi

Karena hanya 1 rule yang aktif maka :

$$z_{output} = \frac{\sum(\alpha_i \cdot z_i)}{\sum \alpha_i} = \frac{1 \cdot 0}{1} = 0 \quad (2)$$

Dari perhitungan diatas maka inferensi menghasilkan gerakan motor servo sebesar 0° apabila input error sebesar 20 cm

3.6 Pengujian

Pada pengujian ini, sistem akan diuji menggunakan dua jenis sensor, yaitu sensor ultrasonik dan sensor *pressure*. Pengujian bertujuan untuk mengevaluasi akurasi pengukuran, respons sistem, serta tingkat kesalahan (*error*) masing-masing sensor dalam menentukan level atau ketinggian air di dalam tangki. Pengambilan data dilakukan dalam kondisi pompa air menyala, sehingga memungkinkan analisis performa sensor dalam kondisi dinamis. Setiap sensor akan diuji dalam 10 kali percobaan pada berbagai level air yang telah ditentukan. Data yang diperoleh akan dibandingkan dengan alat ukur manual berupa penggaris sebagai nilai acuan untuk menghitung persentase *error* dan standar deviasi pengukuran.

Setelah seluruh data terkumpul, hasil pengukuran dari kedua sensor akan diolah dan divisualisasikan dalam bentuk grafik. Grafik ini akan menunjukkan perbandingan antara hasil pengukuran sensor dengan nilai acuan, serta membantu dalam menilai tingkat keandalan sensor dalam berbagai kondisi pengujian. Selain itu, pengolahan data akan mencakup analisis respon sistem, yaitu seberapa cepat sensor dapat mendeteksi perubahan level air serta kestabilan pembacaan sensor terhadap fluktuasi air dalam tangki. Dengan pengujian ini, diharapkan diperoleh evaluasi komprehensif mengenai kinerja kedua sensor, sehingga ditentukan sensor yang lebih optimal untuk diterapkan dalam sistem monitoring level air secara otomatis.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Pada tahap ini, kami menyajikan hasil pengujian dan data pembacaan dari masing-masing sensor yang digunakan dalam sistem, yaitu sensor ultrasonik dan sensor *pressure*. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi dan konsistensi sensor dalam mengukur level air di dalam tangki. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jarak antara permukaan air dan sensor, sedangkan sensor *pressure* mengukur tekanan hidrostatik pada dasar tangki yang dikonversi menjadi ketinggian air. Data hasil pembacaan dari kedua sensor ini dibandingkan dengan nilai pengukuran manual sebagai acuan untuk menilai tingkat keakuratan masing-masing sensor. Penyajian data ini menjadi dasar dalam menentukan keandalan sensor sebelum data digunakan lebih lanjut dalam proses inferensi logika *fuzzy* pada sistem kontrol.

1.1.1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Hasil pengukuran data dari percobaan sensor ultrasonik dianalisis menggunakan rumus untuk menentukan level permukaan, kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan alat ukur berupa penggaris. Dalam percobaan ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak antara permukaan air dan sensor, yang kemudian digunakan untuk menentukan level ketinggian air dalam tabung. Rumus dan perhitungan yang digunakan dalam pengukuran ini adalah:

$$\text{Level Air (cm)} = 40 \text{ (cm)} - 20 \text{ (cm)} = 20 \text{ (cm)}$$

Pada rumus diatas dijelaskan bahwa tinggi tabung 40 cm kemudian dikurangi jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik ke permukaan air 20 cm dan hasilnya level air yang terbaca oleh sensor ultrasonik adalah 20 cm. Sebagai alat pembeding, digunakan penggaris untuk mengukur secara manual level permukaan air. Sensor ultrasonik terlebih dahulu dikalibrasi dengan mengukur jarak terhadap permukaan referensi yang telah diketahui secara pasti, lalu dibandingkan dengan hasil pembacaan sensor. Bila terdapat deviasi atau selisih antara hasil pengukuran sensor dan nilai referensi, maka dilakukan penyesuaian melalui faktor koreksi atau dengan mengubah parameter pemrograman pada sistem pembacaan. Kalibrasi ini dilakukan sebelum proses pengambilan data untuk memastikan bahwa sensor menghasilkan data yang akurat dan konsisten. Pengukuran dilakukan dengan menaikkan level air setiap 1 cm dalam tabung berukuran tinggi 40 cm. Pada setiap level, data sensor diambil sebanyak 10 kali untuk memperoleh rata-rata nilai yang lebih representatif. Data hasil pengujian dari kedua metode, baik sensor ultrasonik maupun pengukuran manual, ditampilkan dalam tabel 2 untuk dianalisis kesesuaian dan akurasi.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Data Sensor Ultrasonik Menggunakan Sistem Fuzzy dan Tanpa Menggunakan Sistem Fuzzy

HASILDATA SENSOR ULTRASONIK														
NO	PENGGARIS (CM)	PERCOBAAN (CM)										RATA-RATA	NILAI ERROR LEVEL (%)	STANDAR DEVIASI
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	1	1,04	1,02	1,11	1,08	1,05	1,1	1,06	1,01	1,1	1,08	1,07	6,90	0,04
2	2	2,08	2,11	2,07	2,09	2,07	2,05	2,2	2,11	2,05	2,09	2,09	4,60	0,04
3	3	3,09	3,15	3,12	3,19	3,12	3,06	3,2	3,06	3,06	3,1	3,29	3,12	0,37
4	4	4,07	4,4	4,33	3,62	4,33	4,55	3,62	4,4	4,55	3,62	4,15	3,72	0,39
5	5	5,08	5,3	5,13	4,93	5,13	5,03	4,93	5,3	5,03	4,93	5,08	1,58	0,14
6	6	6	6,91	6,12	6,03	6,12	6,01	6,03	6,91	6,01	6,03	6,22	3,62	0,37
7	7	7,25	7,15	7,22	7,24	7,22	7,12	7,24	7,15	7,12	7,24	7,20	2,79	0,05
8	8	8,41	8,05	8,13	8,11	8,13	8,06	8,11	8,05	8,06	8,11	8,12	1,53	0,11
9	9	9,07	9,45	9,18	9,03	9,18	9,17	9,03	9,45	9,17	9,03	9,18	1,96	0,16
10	10	10,7	10,3	10,3	10,95	10,3	10,22	10,95	10,3	10,22	10,9	10,51	5,14	0,32
11	11	11,2	11,3	11,1	10,2	11,3	11,9	10,2	11,3	11,9	10,2	11,06	0,55	0,65
12	12	12	12,5	12,1	11,5	12,5	12,5	11,5	12,5	12,5	11,5	12,11	0,92	0,46
13	13	13,2	13,3	12,6	12,3	13,3	13,8	12,3	13,3	13,8	12,3	13,02	0,15	0,60
14	14	14,1	14,2	14,1	13,6	14,2	14,4	13,6	14,2	14,4	13,6	14,04	0,29	0,32
15	15	15,1	15,6	14,9	14,4	15,6	15,4	14,4	15,6	15,4	14,4	15,08	0,53	0,52
16	16	16,3	16,6	15,7	15,4	16,6	16,2	15,4	16,6	16,2	15,4	16,04	0,25	0,52
17	17	17,4	17,1	17	16,9	17,1	17,3	16,9	17,1	17,3	16,9	17,10	0,59	0,18
18	18	18	18,6	17,9	17,8	18,6	18,4	17,8	18,6	18,4	17,8	18,19	1,06	0,36
19	19	19,3	19,6	18,7	18,7	19,6	19,1	18,7	19,6	19,1	18,7	19,11	0,58	0,40
20	20	20	20,4	19,6	19,3	20	20,1	19,3	20,4	20,1	19,3	19,85	0,75	0,44

HASILDATA SENSOR ULTRASONIK														
NO	PENGGARIS (CM)	PERCOBAAN (CM)										RATA-RATA	NILAI ERROR LEVEL (%)	STANDAR DEVIASI
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
21	21	21,3	21,3	20,5	20,7	21,3	21,4	20,7	21,3	21,4	20,7	21,06	0,29	0,36
22	22	22	22,1	21,8	21	22,1	22,7	21	22,1	22,7	21	21,85	0,68	0,65
23	23	23,1	23,2	22,8	22,5	23,2	23,4	22,5	23,2	23,4	22,5	22,98	0,09	0,37
24	24	23,8	24,4	23,8	23,5	24,4	24,5	23,5	24,4	24,5	23,5	24,03	0,13	0,45
25	25	24,5	25,2	24,5	24,4	25,2	25,6	24,4	25,2	25,6	24,4	24,90	0,40	0,51
26	26	25,3	26,2	25,1	25,3	26,2	26,6	25,3	26,2	26,6	25,3	25,81	0,73	0,60
27	27	26,8	26,9	26,1	25,5	26,8	27,1	25,5	26,9	27,1	25,5	26,42	2,15	0,69
28	28	27,7	28,1	26,5	26,4	27,7	27,9	26,4	28,1	27,9	26,4	27,31	2,46	0,77
29	29	28,7	29,4	28,3	27,7	28,7	29,3	27,7	29,4	29,3	27,7	28,62	1,31	0,73
30	30	29,6	29,8	28,9	28,6	29,6	30,2	28,6	29,8	30,2	28,6	29,39	2,03	0,65
31	31	30,9	30,9	29,8	29,9	30,9	30,9	29,9	30,9	30,9	29,1	30,41	1,90	0,67
32	32	31,2	31,9	30,6	30,6	31,2	32,4	30,6	31,9	32,4	30,6	31,34	2,06	0,75
33	33	32,6	32,6	32	31,9	32,6	33,9	31,9	32,6	33,9	31,9	32,59	1,24	0,76
34	34	33,6	34	32,9	32,9	33,6	34,5	32,9	34	34,5	32,9	33,58	1,24	0,66
35	35	34,4	35,3	34	34	34,4	35,1	34	35,3	35,1	34	34,56	1,26	0,58
36	36	35,8	36,1	35,4	34,3	35,8	36,2	34,3	36,1	36,2	34,3	35,45	1,53	0,83
37	37	36,5	36,8	35,8	35,5	36,5	37,4	35,5	36,8	37,4	35,5	36,37	1,70	0,75
38	38	37,5	37,2	36,8	36,1	37,5	38	36,1	37,2	38	36,1	37,05	2,50	0,75
39	39	38,7	38,5	37,5	37,1	38,7	39,1	37,1	38,5	39,1	37,1	38,14	2,21	0,84
40	40	39,7	39,5	38,7	38,8	39,7	40,1	38,9	39,5	40	39,9	39,48	1,30	0,51

HASIL DATA SENSOR ULTRASONIK TANPA SISTEM FUZZY														
NO	PENGGARIS (CM)	PERCOBAAN (CM)										RATA-RATA	NILAI ERROR LEVEL(%)	STANDAR DEVIASI
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	1	1,48	1,29	1,18	1,08	1,18	1,13	1,15	1,39	1,1	1,08	1,24	24,20	0,15
2	2	2,15	2,11	2,07	2,09	2,07	2,05	2,2	2,11	2,05	2,09	2,10	4,90	0,03
3	3	3,21	3,99	3,12	3,19	3,12	3,06	3,2	3,99	3,06	3,1	3,33	10,87	0,37
4	4	4,67	4,4	4,33	3,62	4,33	4,55	3,62	4,4	4,55	3,62	4,27	6,75	0,39
5	5	5,08	5,3	5,13	4,93	5,13	5,03	4,93	5,3	5,03	4,93	5,11	2,28	0,13
6	6	6,13	6,91	6,12	6,03	6,12	6,01	6,23	6,91	6,01	6,03	6,26	4,37	0,36
7	7	7,25	7,15	7,22	7,24	7,22	7,12	7,24	7,15	7,12	7,24	7,22	3,09	0,04
8	8	8,41	8,05	8,13	8,11	8,13	8,06	8,11	8,05	8,06	8,11	8,17	2,08	0,14
9	9	9,07	9,45	9,18	9,03	9,18	9,17	9,03	9,45	9,17	9,03	9,18	2,02	0,16
10	10	10,7	10,3	10,3	10,95	10,3	10,22	10,95	10,3	10,22	10,9	10,51	5,10	0,30
11	11	11,2	11,3	11,1	10,2	11,3	11,9	10,2	11,3	11,9	10,2	11,02	0,18	0,47
12	12	12,3	12,5	12,1	11,5	12,5	12,5	11,5	12,5	12,5	11,5	12,18	1,50	0,41
13	13	13,2	13,3	12,6	12,3	13,3	13,8	12,3	13,3	13,8	12,3	12,94	0,46	0,46
14	14	14,1	14,2	14,1	13,6	14,2	14,4	13,6	14,2	14,4	13,6	14,04	0,29	0,25
15	15	15,1	15,6	14,9	14,4	15,6	15,4	14,4	15,6	15,4	14,4	15,12	0,80	0,51
16	16	16,3	16,6	15,7	15,4	16,6	16,2	15,41	16,6	16,2	15,4	16,12	0,75	0,54
17	17	17,4	17,1	17,12	16,9	17,1	17,3	16,9	17,11	17,3	16,9	17,12	0,73	0,18
18	18	18,11	18,6	17,9	17,8	18,6	18,4	17,8	18,6	18,4	17,8	18,20	1,12	0,38
19	19	19,3	19,6	18,7	18,7	19,6	19,1	18,7	19,6	19,1	18,7	19,18	0,95	0,45
20	20	20,14	20,4	19,6	19,3	20,11	20,1	19,3	20,4	20,1	19,3	19,91	0,45	0,45
21	21	21,3	21,3	20,5	20,7	21,3	21,4	20,7	21,3	21,4	20,7	21,02	0,10	0,39
22	22	22,1	22,1	21,8	21,9	22,1	22,7	21,11	22,1	22,7	21,9	22,00	0,00	0,14
23	23	23,1	23,2	22,8	22,5	23,2	23,4	22,5	23,2	23,4	22,5	22,96	0,17	0,30
24	24	23,8	24,4	23,8	23,5	24,4	24,5	23,5	24,4	24,22	23,5	23,98	0,08	0,40
25	25	24,5	25,2	24,5	24,4	25,2	25,6	24,4	25,2	25,6	24,4	24,76	0,96	0,40

HASIL DATA SENSOR ULTRASONIK TANPA SISTEM FUZZY														
26	26	25,3	26,2	25,1	25,3	26,2	26,6	25,3	26,2	26,6	25,3	25,62	1,46	0,54
27	27	26,8	26,9	26,1	25,13	26,8	27,1	25,5	26,9	27,1	25,5	26,35	2,42	0,75
28	28	27,7	28,1	26,5	26,4	27,7	27,9	26,4	28,1	27,9	26,4	27,28	2,57	0,78
29	29	28,7	29,4	28,3	27,7	28,7	29,3	27,7	29,4	29,3	27,7	28,56	1,52	0,62
30	30	29,6	29,8	28,9	28,6	29,6	30,2	28,6	29,8	30,2	28,6	29,30	2,33	0,52
31	31	30,9	30,9	29,8	29,9	30,9	30,9	29,9	30,9	30,9	29,1	30,48	1,68	0,58
32	32	31,2	31,9	30,6	30,6	31,2	32,4	30,6	31,9	32,4	30,6	31,10	2,81	0,54
33	33	32,6	32,6	32,19	31,9	32,6	33,9	31,9	32,6	33,9	31,9	32,38	1,88	0,32
34	34	33,6	34,15	32,9	32,9	33,6	34,5	32,9	34,55	34,5	32,9	33,43	1,68	0,53
35	35	34,4	35,3	34,21	34,23	34,4	35,1	34,25	35,3	35,1	34,9	34,51	1,41	0,45
36	36	35,8	36,1	35,4	34,3	35,8	36,2	34,3	36,1	36,2	34,1	35,48	1,44	0,70
37	37	36,5	36,8	35,1	35,5	36,5	37,4	35,5	36,8	37,4	35,5	36,08	2,49	0,74
38	38	37,5	37,2	36,8	36,1	37,5	38,26	36,1	37,2	38,13	36,1	37,02	2,58	0,59
39	39	38,7	38,5	37,5	37,1	38,7	39,1	37,1	38,5	39,1	37,1	38,10	2,31	0,75
40	40	39,7	39,5	38,7	38,8	39,7	40,1	38,9	39,5	40,1	39,9	39,28	1,80	0,49

1.1.2 Hasil Pengujian Sensor Pressure (Tekanan)

Hasil pengukuran dan grafik pada percobaan penggunaan sensor tekanan menunjukkan hubungan antara tekanan hidrostatik dan level permukaan air dalam tabung. Data yang diperoleh berasal dari pembacaan sensor *pressure* (tekanan) yang kemudian dibandingkan dengan perhitungan tekanan secara teoritis berdasarkan rumus fisika fluida. Rumus dan perhitungan yang digunakan untuk menghitung tekanan air adalah:

$$1000(kg/m^3) \cdot 9,81m/s^2 \cdot 2 (m) = 1962 \text{ pascal}$$

dimana:

P = tekanan

ρ = massa jenis air (1000 kg/m^3),

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$),

h = ketinggian atau level air (m)

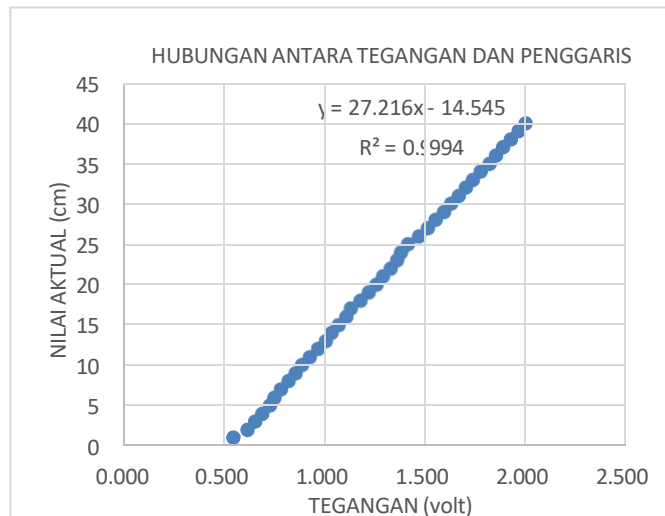
Setelah tekanan diukur menggunakan sensor, nilai tersebut dikonversi kembali menjadi level air (dalam satuan cm) menggunakan rumus regresi linear yang diperoleh dari grafik *Excel* pada saat kalibrasi sensor. Regresi ini menggambarkan hubungan antara tegangan output sensor (V_{out} , dalam volt) dan ketinggian air (h , dalam cm). Nilai regresi dapat dilihat pada gambar 5. Selanjutnya, nilai tekanan yang diperoleh dari konversi ke dalam level dan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan penggaris sebagai alat pembanding pengukuran sensor *pressure* yang dilakukan yaitu pengukuran terhadap level air. Sebelum dilakukan pengukuran level, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengukur data karakteristik sensor *pressure* terlebih dahulu yang hasil datanya nanti akan dikonversi ke level.

Untuk memastikan akurasi hasil, sensor *pressure* dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan metode kalibrasi statis, yaitu dengan memberikan tekanan referensi yang diketahui (misalnya dengan kolom air pada tinggi tertentu) dan mencatat tegangan keluarannya. Perbedaan antara tegangan aktual dan teoretis digunakan untuk menentukan faktor koreksi, baik berupa *offset*, *gain*, atau penyesuaian pemrograman dalam sistem pembacaan sensor. Secara keseluruhan, data karakteristik sensor, hasil kalibrasi, serta grafik hubungan antara tegangan dan level air dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 5, yang menunjukkan bahwa sensor *pressure* memiliki kemampuan cukup baik dalam mengestimasi tinggi permukaan air secara kontinu, meskipun diperlukan kalibrasi awal untuk menjamin akurasi pengukuran.

Tabel 3 Hasil Data Karakteristik Sensor *Pressure*

NO	PENGGARIS (cm)	TEGANGAN (volt)	NO	PENGGARIS (cm)	TEGANGAN (volt)
1	1	0,625	22	21	1,340
2	2	0,664	23	22	1,370
3	3	0,698	24	23	1,390
4	4	0,737	25	24	1,425
5	5	0,761	26	25	1,480
6	6	0,791	27	26	1,523
7	7	0,830	28	27	1,562
8	8	0,864	29	28	1,606
9	9	0,898	30	29	1,640
10	10	0,937	31	30	1,679
11	11	0,976	32	31	1,713
12	12	1,015	33	32	1,748
13	13	1,044	34	33	1,787
14	14	1,079	35	34	1,831
15	15	1,118	36	35	1,865
16	16	1,140	37	36	1,899
17	17	1,190	38	37	1,938
18	18	1,230	39	38	1,977

NO	PENGGARIS (cm)	TEGANGAN (volt)	NO	PENGGARIS (cm)	TEGANGAN (volt)
19	19	1,269	40	39	2,011
20	20	1,300	41	40	2,050



Gambar 6. Grafik dari hasil data Karakteristik Sensor *Pressure*

Setelah data karakteristik diperoleh, data tersebut diolah dan divisualisasikan dalam bentuk grafik linear. Grafik linear yang dihasilkan digunakan untuk menentukan persamaan regresi, yang kemudian dimasukkan ke dalam *LabVIEW* sebagai rumus konversi dari tegangan ke level ketinggian air. Dengan cara ini, setiap perubahan tegangan yang terdeteksi oleh sensor dapat dikonversi langsung menjadi nilai ketinggian air yang lebih mudah dipahami dan dianalisis.

Selama proses pengukuran, data yang diperoleh secara otomatis telah dikonversi menjadi level air. Pengukuran dilakukan melalui beberapa kali percobaan dengan interval setiap satu sentimeter menggunakan penggaris sebagai alat pembanding untuk memastikan keakuratan hasil. Posisi penggaris ditempatkan secara sejajar dengan permukaan air untuk membandingkan hasil pengukuran sensor. Percobaan ini dilakukan dalam tabung air dengan batas ketinggian maksimum 40 cm, dan hasil pengukuran level air dari sensor *pressure* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Data Pengukuran Sensor *Pressure* dengan menggunakan Sistem Fuzzy dan tanpa Sistem Fuzzy

HASIL DATA PERCOBAAN SENSOR <i>PRESSURE</i>														
NO	PENGGARIS (cm)	LEVEL (cm)										RATA- RATA	Nilai error level (%)	Nilai Standar Deviasi
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2	1,2	1,1	1,0	1,1	6,70	0,19
2	2	2,0	2,3	2,1	2,0	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	2,3	2,1	6,60	0,20
3	3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,1	3,1	3,4	3,2	5,83	0,15
4	4	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,3	4,3	4,1	4,0	4,3	4,1	2,92	0,11
5	5	5,2	5,1	5,2	5,1	5,1	5,3	5,3	5,2	5,1	5,3	5,2	3,48	0,11
6	6	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,3	6,4	6,1	6,1	6,4	6,2	3,12	0,11
7	7	7,1	7,1	7,2	7,1	7,1	7,2	7,3	7,1	7,1	7,3	7,1	1,84	0,11
8	8	8,1	8,3	8,1	8,1	8,1	8,3	8,4	8,1	8,1	8,4	8,2	2,40	0,11
9	9	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,2	9,3	9,0	9,0	9,3	9,1	1,17	0,11
10	10	10,2	10,1	10,1	10,1	10,1	10,4	10,2	10,2	10,1	10,2	10,2	1,70	0,09
11	11	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,2	11,3	11,0	11,0	11,3	11,1	0,73	0,13
12	12	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,1	12,2	12,0	12,0	12,2	12,1	0,42	0,08
13	13	13,2	13,0	13,0	13,0	13,0	13,3	13,2	13,2	13,0	13,2	13,1	0,85	0,12
14	14	14,0	14,0	14,1	14,0	14,0	14,2	14,4	14,0	14,0	14,4	14,1	0,79	0,17
15	15	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	0,00	0,00
16	16	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,3	16,1	16,1	16,3	16,1	0,88	0,08
17	17	17,1	17,0	17,0	17,0	17,0	17,1	17,3	17,1	17,0	17,3	17,1	0,53	0,12
18	18	18,1	18,0	18,1	18,1	18,1	18,1	18,3	18,1	18,1	18,3	18,1	0,72	0,09
19	19	19,1	19,0	19,0	19,0	19,1	19,1	19,1	19,1	19,0	19,1	19,1	0,32	0,05
20	20	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,2	20,1	20,1	20,1	20,2	20,1	0,60	0,04

HASIL DATA PERCOBAAN SENSOR PRESSURE														
NO	PENGGARIS (cm)	LEVEL (cm)										RATA- RATA	Nilai error level (%)	Nilai Standar Deviasi
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
21	21	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,1	21,1	21,0	21,0	21,1	21,0	0,14	0,05
22	22	22,2	22,1	22,2	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,2	22,1	22,1	0,59	0,05
23	23	23,1	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,1	23,0	23,0	23,0	23,0	0,09	0,04
24	24	24,0	24,2	24,0	24,0	24,0	24,0	24,2	24,2	24,0	24,0	24,1	0,25	0,10
25	25	25,0	25,0	25,1	25,0	25,0	25,2	25,0	25,0	25,1	25,2	25,1	0,24	0,08
26	26	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,3	26,0	26,0	26,0	26,3	26,1	0,23	0,13
27	27	27,0	27,1	27,0	27,0	27,0	27,1	27,0	27,1	27,0	27,1	27,0	0,15	0,05
28	28	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	0,00	0,00
29	29	29,1	29,1	29,0	29,0	29,0	29,2	29,0	29,1	29,0	29,2	29,1	0,24	0,08
30	30	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	0,00	0,00
31	31	31,0	31,1	31,0	31,0	31,0	31,1	31,1	31,1	31,0	31,1	31,1	0,16	0,05
32	32	32,0	32,0	32,1	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,1	32,0	32,0	0,06	0,04
33	33	33,2	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	0,33	0,03
34	34	34,0	34,3	34,0	34,0	34,0	34,3	34,1	34,3	34,0	34,3	34,1	0,38	0,15
35	35	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	0,29	0,00
36	36	36,0	36,1	36,0	36,1	36,0	36,0	36,0	36,1	36,0	36,0	36,0	0,08	0,05
37	37	37,1	37,2	37,1	37,2	37,1	37,0	36,9	37,2	37,1	37,0	37,1	0,24	0,10
38	38	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,0	38,1	38,1	38,1	38,1	0,24	0,03
39	39	39,0	39,2	39,0	39,3	39,0	39,0	39,0	39,2	39,0	39,0	39,1	0,18	0,12
40	40	40,1	40,0	40,0	40,2	40,0	40,0	40,2	40,0	40,0	40,0	40,1	0,12	0,08

HASIL DATA PERCOBAAN SENSOR PRESSURE TANPA MENGGUNAKAN SISTEM FUZZY														
NO	PENGGARIS (cm)	LEVEL (cm)										RATA- RATA	Nilai error level (%)	Nilai Standar Deviasi
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2	1,2	1,1	1,0	1,1	6,70	0,19
2	2	2,0	2,3	2,1	2,0	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	2,3	2,1	6,60	0,20
3	3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,1	3,1	3,4	3,2	5,83	0,15
4	4	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,3	4,3	4,1	4,0	4,3	4,1	2,92	0,11
5	5	5,2	5,1	5,2	5,1	5,1	5,3	5,3	5,2	5,1	5,3	5,2	3,48	0,11
6	6	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,3	6,4	6,1	6,1	6,4	6,2	3,12	0,11
7	7	7,1	7,1	7,2	7,1	7,1	7,2	7,3	7,1	7,1	7,3	7,1	1,84	0,11
8	8	8,1	8,3	8,1	8,1	8,1	8,3	8,4	8,1	8,1	8,4	8,2	2,40	0,11
9	9	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,2	9,3	9,0	9,0	9,3	9,1	1,17	0,11
10	10	10,2	10,1	10,1	10,1	10,1	10,4	10,2	10,2	10,1	10,2	10,2	1,70	0,09
11	11	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,2	11,3	11,0	11,0	11,3	11,1	0,73	0,13
12	12	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,1	12,2	12,0	12,0	12,2	12,1	0,42	0,08
13	13	13,2	13,0	13,0	13,0	13,0	13,3	13,2	13,2	13,0	13,2	13,1	0,85	0,12
14	14	14,0	14,0	14,1	14,0	14,0	14,2	14,4	14,0	14,0	14,4	14,1	0,79	0,17
15	15	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	0,00	0,00
16	16	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,3	16,1	16,1	16,3	16,1	0,88	0,08
17	17	17,1	17,0	17,0	17,0	17,0	17,1	17,3	17,1	17,0	17,3	17,1	0,53	0,12
18	18	18,1	18,0	18,1	18,1	18,1	18,1	18,3	18,1	18,1	18,3	18,1	0,72	0,09
19	19	19,1	19,0	19,0	19,0	19,1	19,1	19,1	19,1	19,0	19,1	19,1	0,32	0,05
20	20	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,2	20,1	20,1	20,1	20,2	20,1	0,60	0,04

HASIL DATA PERCOBAAN SENSOR PRESSURE TANPA MENGGUNAKAN SISTEM FUZZY

NO	PENGGARIS (cm)	LEVEL (cm)										RATA- RATA	Nilai error level (%)	Nilai Standar Deviasi
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
21	21	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,1	21,1	21,0	21,0	21,1	21,0	0,14	0,05
22	22	22,2	22,1	22,2	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,2	22,1	22,1	0,59	0,05
23	23	23,1	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,1	23,0	23,0	23,0	23,0	0,09	0,04
24	24	24,0	24,2	24,0	24,0	24,0	24,0	24,2	24,2	24,0	24,0	24,1	0,25	0,10
25	25	25,0	25,0	25,1	25,0	25,0	25,2	25,0	25,0	25,1	25,2	25,1	0,24	0,08
26	26	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,3	26,0	26,0	26,0	26,3	26,1	0,23	0,13
27	27	27,0	27,1	27,0	27,0	27,0	27,1	27,0	27,1	27,0	27,1	27,0	0,15	0,05
28	28	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	0,00	0,00
29	29	29,1	29,1	29,0	29,0	29,0	29,2	29,0	29,1	29,0	29,2	29,1	0,24	0,08
30	30	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	0,00	0,00
31	31	31,0	31,1	31,0	31,0	31,0	31,1	31,1	31,1	31,0	31,1	31,1	0,16	0,05
32	32	32,0	32,0	32,1	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,1	32,0	32,0	0,06	0,04
33	33	33,2	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	0,33	0,03
34	34	34,0	34,3	34,0	34,0	34,0	34,3	34,1	34,3	34,0	34,3	34,1	0,38	0,15
35	35	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	0,29	0,00
36	36	36,0	36,1	36,0	36,1	36,0	36,0	36,0	36,1	36,0	36,0	36,0	0,08	0,05
37	37	37,1	37,2	37,1	37,2	37,1	37,0	36,9	37,2	37,1	37,0	37,1	0,24	0,10
38	38	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,0	38,1	38,1	38,1	38,1	0,24	0,03
39	39	39,0	39,2	39,0	39,3	39,0	39,0	39,0	39,2	39,0	39,0	39,1	0,18	0,12
40	40	40,1	40,0	40,0	40,2	40,0	40,0	40,2	40,0	40,0	40,0	40,1	0,12	0,08

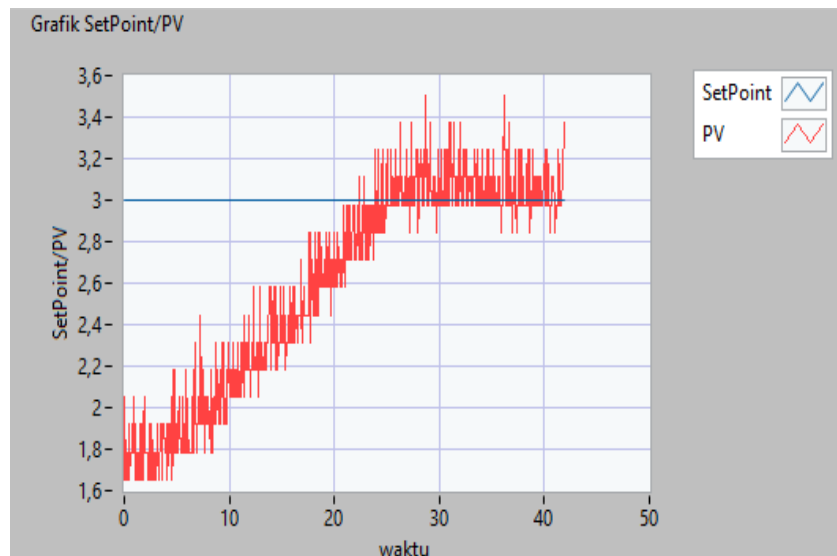
4.2 Logika Fuzzy

Hasil penelitian yang didapatkan dari pengujian sistem menggunakan fuzzy logic dengan metode tsukamoto bisa dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Data Fuzzy

No	Setpoint(cm)	Waktu(ms)
1	3 cm	25 ms
2	5 cm	85 ms
3	8 cm	430 ms
4	13 cm	400 ms
5	20 cm	140 ms
6	23 cm	420 ms
7	28 cm	180 ms
8	33 cm	190 ms
9	36 cm	220 ms
10	40 cm	200 ms

Pada gambar 6 adalah hasil pembacaan respon *setpoint* 3 cm dengan waktu 25 ms yang dimana pada garis berwarna biru menunjukkan *setpoint* yang kita tentukan kemudian untuk garis berwarna merah merupakan nilai sensor kemudian untuk *rise time* pada gambar dibawah ini adalah 25 milidetik dan untuk *overshoot* adalah 9,4 % dan gambar grafik *fuzzy* yang tertera pada set point pada tabel 5 terdapat dilampiran.



Gambar 7. Grafik hasil dari data fuzzy hubungan antara setpoint(cm) dan waktu(ms)

Kurva respon fuzzy dapat dilihat pada Gambar 6, menunjukkan hubungan *setpoint* (cm) dengan waktu respon (ms). Polanya:

1. Waktu respon bervariasi tergantung jarak setpoint dari kondisi awal; setpoint yang dekat dengan posisi awal memberi respon cepat (25–200 ms).
2. Respon menunjukkan karakteristik smooth dengan *overshoot* kecil (contoh: 9,4% pada setpoint 3 cm).
3. Fungsi keanggotaan tank error dibagi menjadi tiga: *Negative*, *None*, *Positive*; sedangkan output sudut servo dibagi menjadi Sedikit, Sedang, Banyak. Aturan inferensi menghasilkan kontrol katup yang adaptif terhadap perubahan level air.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sistem pengukuran level air pada ketinggian tertentu dapat direalisasikan dengan memanfaatkan sensor ultrasonik dan sensor tekanan (*pressure sensor*), di mana data hasil pengukuran dikonversi menjadi nilai ketinggian air melalui perhitungan matematis. Data tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik menggunakan antarmuka *LabVIEW* untuk keperluan pemantauan dan analisis lebih lanjut secara *real-time*. Kit Praktikum Sensor Level yang dikembangkan telah berhasil dirancang dan diuji sebagai sistem monitoring berbasis sensor yang mampu mengukur serta menampilkan tinggi permukaan air secara langsung. Sistem ini terdiri dari unit sensor, unit pemrosesan data (mikrokontroler), dan antarmuka pengguna yang memudahkan dalam memantau fluktuasi level air. Untuk meminimalkan kesalahan pengukuran, dilakukan proses kalibrasi terhadap sensor dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap alat ukur manual, seperti penggaris. Proses ini menghasilkan nilai referensi yang digunakan untuk mengoreksi hasil pembacaan sensor. Di samping itu, penerapan metode regresi linier terbukti membantu meningkatkan akurasi konversi data dari sensor ke nilai ketinggian air. Dengan demikian, Kit Praktikum Sensor Level ini dapat menjadi media pembelajaran yang efektif dalam kegiatan praktikum, khususnya dalam memahami prinsip kerja sistem pengukuran level air serta pentingnya kalibrasi dan pengolahan data dalam meningkatkan akurasi sistem.

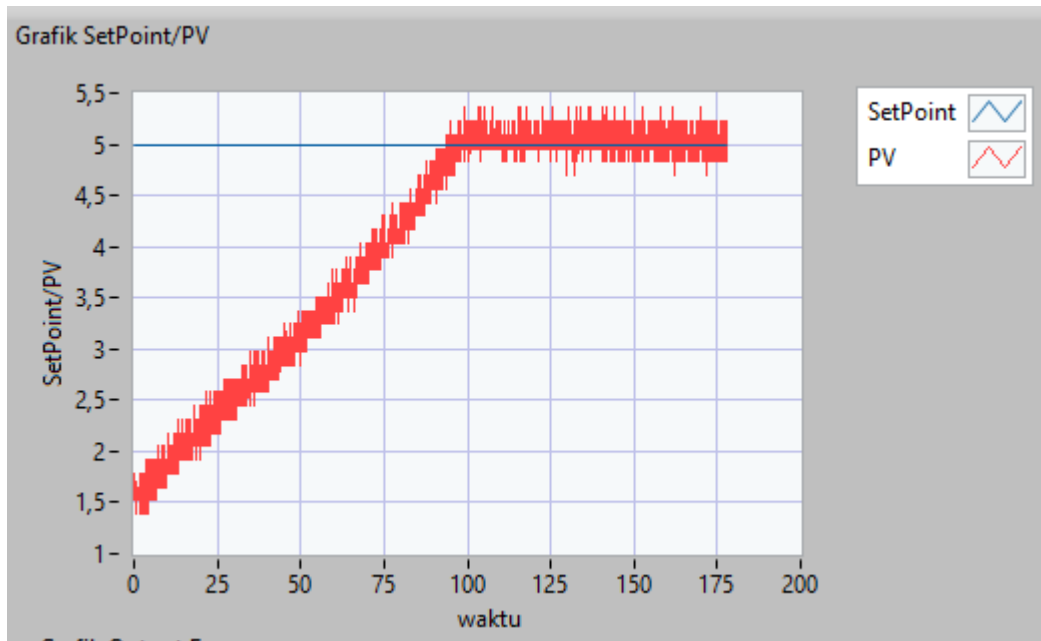
5.2 Saran

Pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar menggunakan sensor ultrasonik dengan spesifikasi teknis yang lebih tinggi guna meningkatkan akurasi dan konsistensi pengukuran. Sensor dengan resolusi tinggi serta kemampuan filtering noise yang baik akan menghasilkan data yang lebih stabil, terutama dalam lingkungan yang memiliki banyak interferensi. Selain itu, integrasi algoritma kompensasi suhu atau kelembaban juga dapat dipertimbangkan guna mengurangi pengaruh faktor lingkungan terhadap pembacaan sensor. Pengembangan fitur seperti logging data jangka panjang atau notifikasi berbasis ambang batas juga dapat menambah nilai guna sistem sebagai alat monitoring cerdas yang aplikatif untuk kebutuhan industri maupun pendidikan.

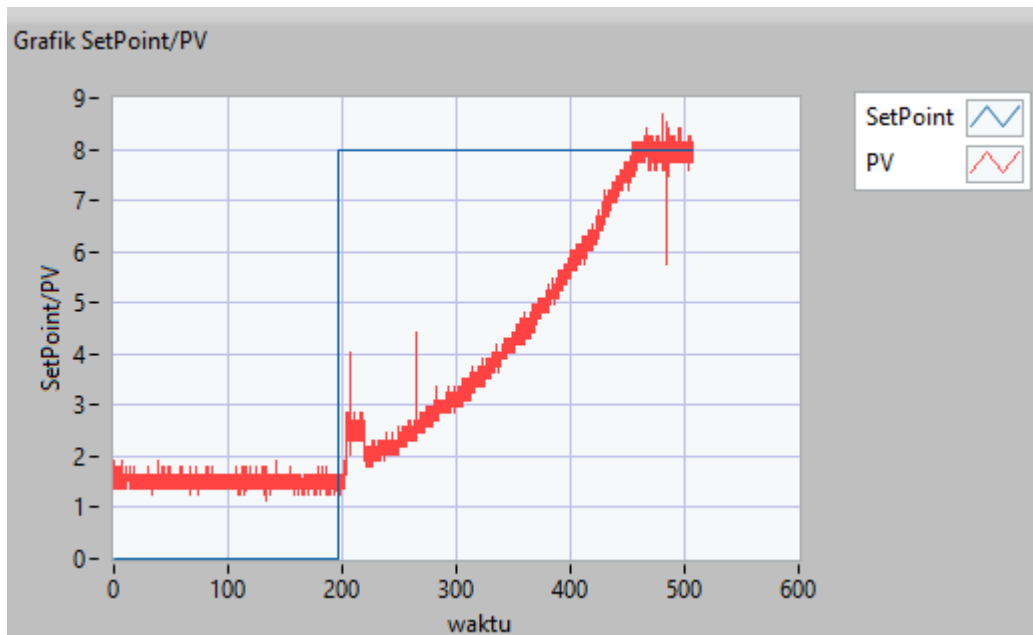
DAFTAR PUSTAKA

- Administrator. (2023). Pengertian sensor tekanan: Fungsi dan cara kerja secara lengkap. Indonesia: Academia.edu.
- Azmi, F. (2019). Rancang bangun water level detection dengan sensor ultrasonik berbasis fuzzy logic. JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering), 1(2), 142–149.
- Bagaskara, S. S. (2019). Rancang bangun sistem kontrol ketinggian air bendungan berbasis fuzzy. Indonesia: Academia.edu.
- Budiyanto, H. S. (2019). Prototype sistem monitoring level air berbasis LabVIEW dan Arduino sebagai sarana pendukung praktikum instrumentasi sistem kendali. Indonesia: Academia.edu.
- Darajat, A. U. (2021). Sistem kontrol ketinggian air pada sistem dua tangki dengan menggunakan metode proporsional integral (PI) adaptif. Swadexi Istiqphara.
- Kurniawan, F. (n.d.). [Judul tidak tersedia – harap lengkapi informasi ini untuk sitasi yang benar].
- Fani Kurniawan, Y. Z. (2020). Sistem kendali level ketinggian air berbasis fuzzy control menggunakan Simulink. Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 21, [halaman tidak dicantumkan].
- Khair, U. (2020). Alat pendeteksi ketinggian air dan keran otomatis menggunakan water level sensor berbasis Arduino. Wahana Inovasi, 9(1), [halaman tidak dicantumkan]. ISSN: 2089-8592.
- Prastyo, E. A. (2020). Pemanfaatan sensor ultrasonik dalam sistem monitoring otomatis. Jurnal Elektronika dan Otomasi, 6(1), 45–52.
- Putra, T. G., & Irawan, C. (2019). Implementasi metode Tsukamoto dalam sistem pengendalian level air. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, 7(2), 123–130.
- Putra, T. G., & Irawan, C. (2019). Penerapan metode Tsukamoto untuk kontrol level air dalam sistem penampungan. Jurnal Teknik dan Sistem Kontrol, 15(2), 112–118.
- Sarita, A. (2020). Pengembangan kit praktikum skala kecil materi asam basa. Aceh Besar: Academia.edu.
- Suryantoro, H., & Budiyanto, A. (2019). Prototype sistem monitoring level air berbasis LabVIEW & Arduino sebagai sarana pendukung praktikum instrumentasi sistem kendali. Indonesia: Academia.edu.
- Taharica. (2019). Pengertian sensor water level dan cara kerja. Indonesia: Loggerindo.com.
- Wijaya, A., & Fitria, L. (2020). Pengukuran tekanan cairan menggunakan sensor tekanan berbasis Arduino. Jurnal Ilmiah Fisika Terapan, 9(3), 201–208.

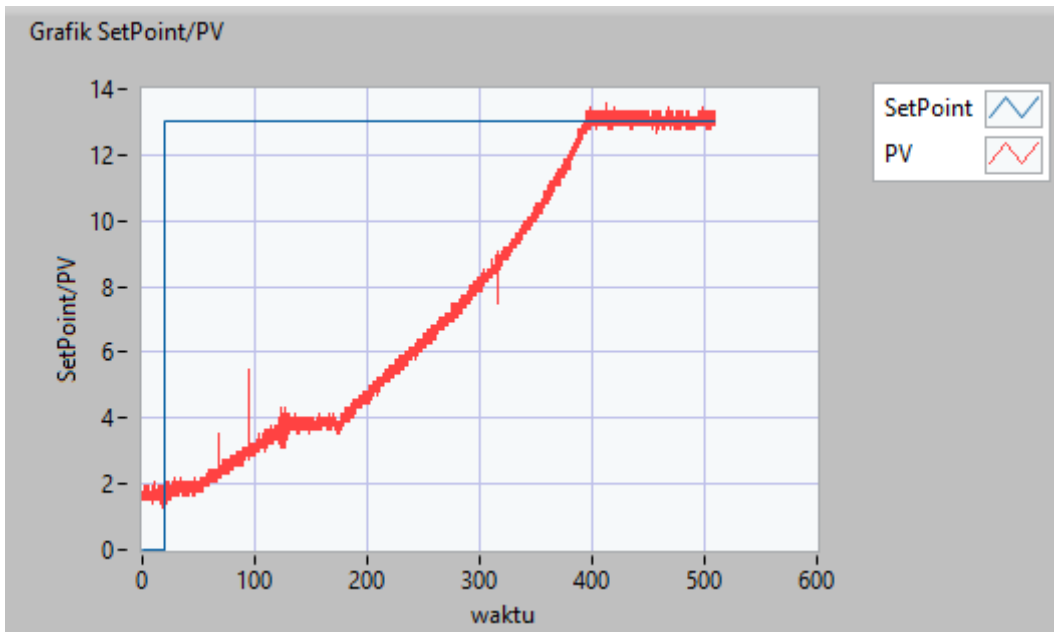
LAMPIRAN



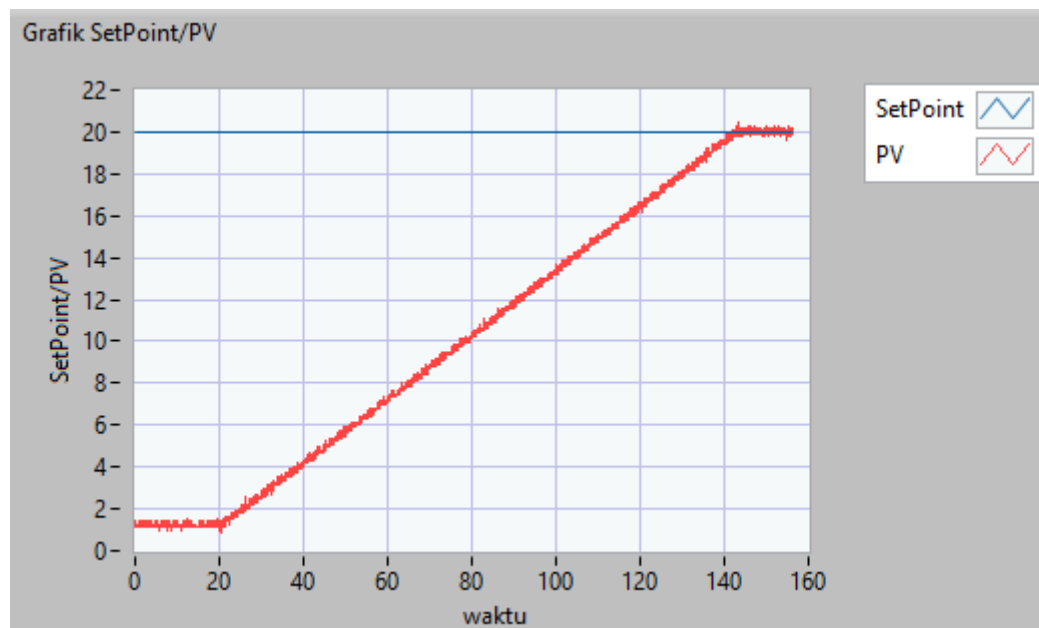
Gambar 7. Percobaan respon sistem dengan setpoint 5 cm menggunakan *software labview* dengan hasil *rise time* 85 milidetik dan *overshoot* 3,85%



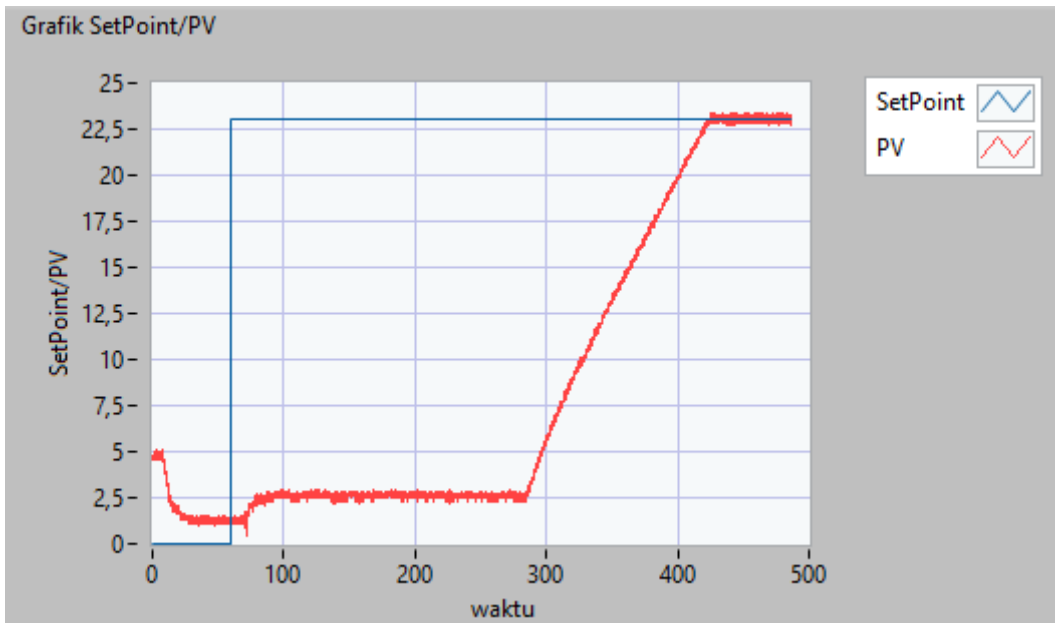
Gambar 8. Percobaan respon sistem dengan setpoint 8 cm menggunakan *software labview* dengan hasil *rise time* 245 milidetik dan *overshoot* 6,25 %



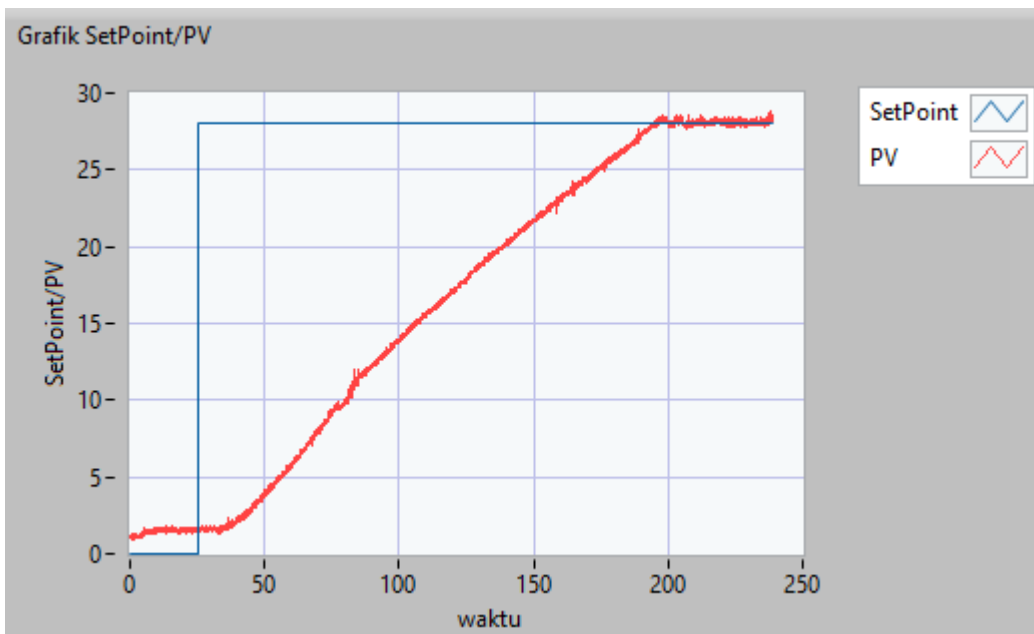
Gambar 9. Percobaan respon sistem dengan setpoint 8 cm menggunakan *software labview* dengan hasil *rise time* 340 milidetik dan *overshoot* 2,22 %



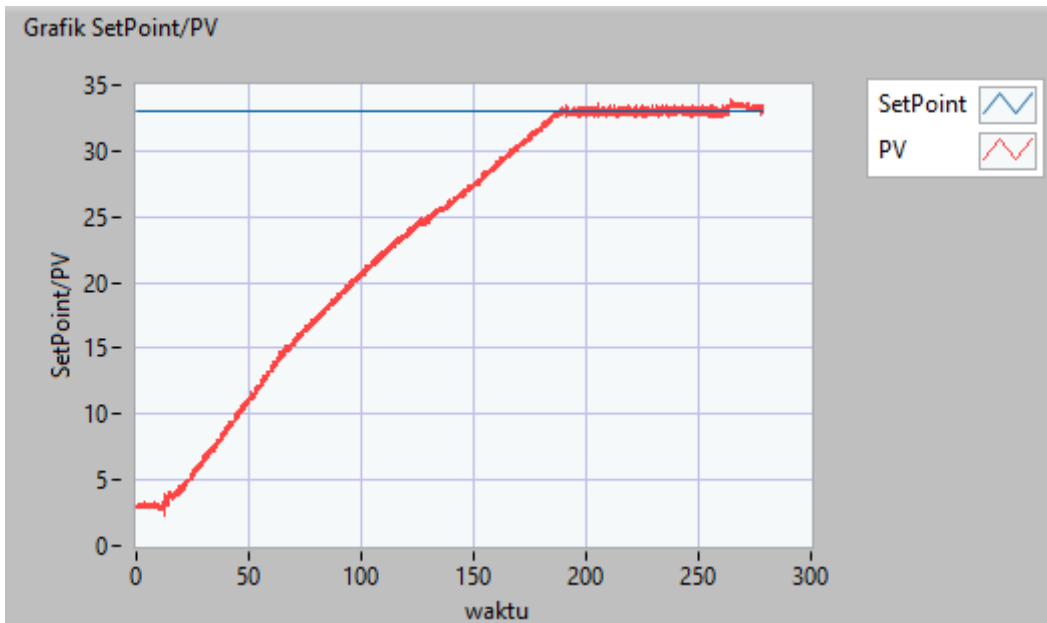
Gambar 10. Percobaan respon sistem dengan setpoint 8 cm menggunakan *software labview* dengan hasil *rise time* 110 milidetik dan *overshoot* 0 %



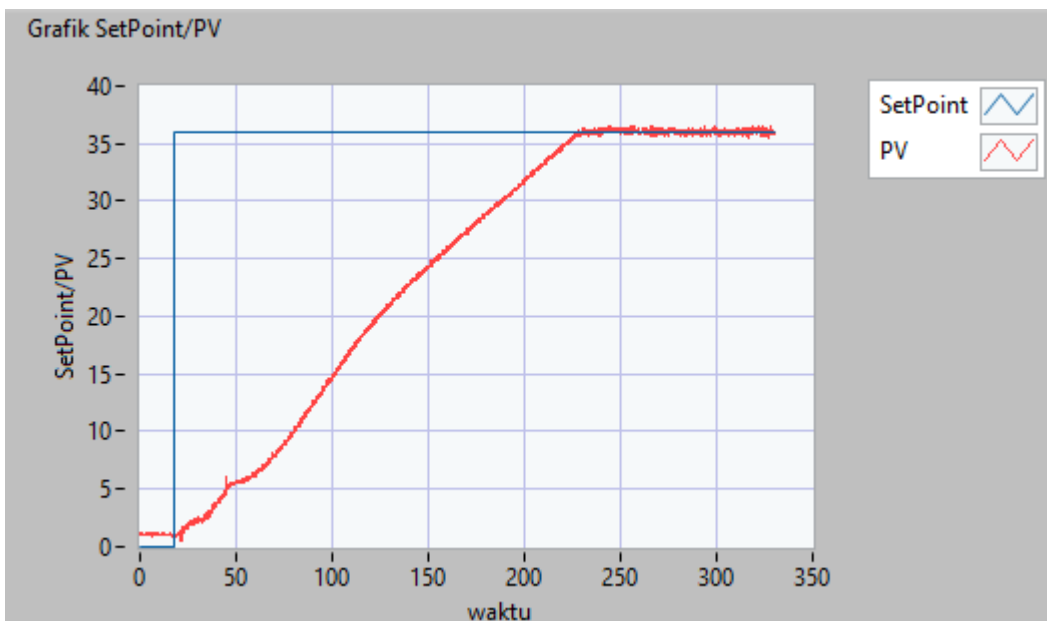
Gambar 11. Percobaan respon sistem dengan setpoint 8 cm menggunakan *software labview* dengan hasil *rise time* 120 milidetik dan *overshoot* 0 %



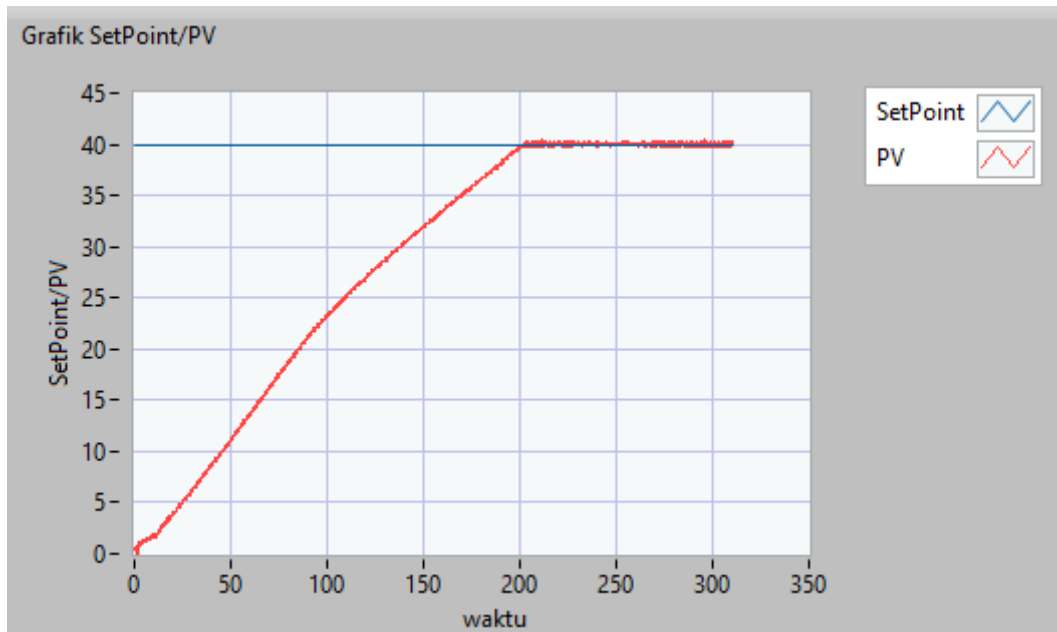
Gambar 12. Percobaan respon sistem dengan setpoint 8 cm menggunakan *software labview* dengan hasil *rise time* 180 milidetik dan *overshoot* 0 %



Gambar 13. Percobaan respon sistem dengan setpoint 8 cm menggunakan *software labview* dengan hasil *rise time* 190 milidetik dan *overshoot* 0 %



Gambar 14. Percobaan respon sistem dengan setpoint 8 cm menggunakan *software labview* dengan hasil *rise time* 190 milidetik dan *overshoot* 0 %



Gambar 15. Percobaan respon sistem dengan setpoint 8 cm menggunakan *software labview* dengan hasil *rise time* 170 milidetik dan *overshoot* 0 %