

Prototype Sistem Kendali Automatic Tank Gauge Terhadap Level Pertalite Dengan Metode Fuzzy Logic Control Berbasis Mikrokontroler ATmega2560

Irmayani Irmayani; Edy Supriyadi; Abyan Syafiq Andana Putra

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains Terapan dan Teknologi,
Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, Indonesia

Email: ir.irmayani@istn.ac.id; edy_syadi@istn.ac.id; abyansandana@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem kendali *Automatic Tank Gauge* (ATG) terhadap level cairan pertalite dengan *Fuzzy Logic Control* (FLC) berbasis mikrokontroler ATmega2560 dengan board Arduino untuk pengontrolan dan pemantauan level cairan pada tangki serta suhu dan tekanannya. Sistem menggunakan sensor HC-SR04 untuk pengukur level dan ketinggian cairan, sensor DS18B20 untuk pengukur suhu, sensor BMP180 untuk pengukur tekanan, relay 12V SPDT untuk penggerak pada Pompa 12V, dan LCD 20x4 untuk pembacaan nilai setiap sensor. Sistem dirancang untuk meningkatkan akurasi pemantauan serta pengendalian level cairan secara otomatis. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diproses menggunakan metode FLC untuk menentukan keputusan pengendalian terhadap aktuator berupa relay 12V yang mengaktifkan pompa DC 12V dalam proses pengisian atau pengosongan cairan pada tangki. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi pada pengendalian menggunakan metode FLC sebesar 95%, sehingga cukup efektif untuk pemakaian dalam pemantauan dan pengontrolan level cairan pada tangki.

Kata kunci: Sistem Kendali, *Automatic Tank Gauge* (ATG), *Fuzzy Logic*, *Fuzzy Logic Control* (FLC), ATmega2560

Abstract

This research designs and implements an Automatic Tank Gauge (ATG) control system for pertalite liquid levels using Fuzzy Logic Control (FLC) based on an ATmega2560 microcontroller with an Arduino board for controlling and monitoring liquid levels in tanks as well as temperature and pressure. The system uses an HC-SR04 sensor to measure liquid level and height, a DS18B20 sensor to measure temperature, a BMP180 sensor to measure pressure, a 12V SPDT relay to drive a 12V pump, and a 20x4 LCD to read the values of each sensor. The system is designed to improve the accuracy of monitoring and automatic control of liquid levels. The data obtained from the sensors is then processed using the FLC method to determine control decisions for the actuator in the form of a 12V relay that activates the 12V DC pump in the process of filling or emptying the liquid in the tank. The test results show an accuracy level of 95% in control using the FLC method, making it effective enough for use in monitoring and controlling liquid levels in tanks.

Keywords: Control System, *Automatic Tank Gauge* (ATG), *Fuzzy Logic*, *Fuzzy Logic Control* (FLC), ATmega2560

1. PENDAHULUAN

Perusahaan pengolahan minyak dan gas memproduksi berbagai produk minyak dan gas. Untuk mengukur dan mengetahui berapa banyak minyak dan gas yang terdapat dalam sebuah tangki, diperlukan peralatan pengukuran tangki otomatis (*Automatic Tank Gauging*) atau yang biasa disebut ATG. *Automatic Tank Gauging* adalah peralatan yang diperlukan untuk menentukan tingkat atau jumlah cairan (baik dalam satuan volume maupun berat) berdasarkan pengukuran tingkat cairan yang disimpan dalam tangki penyimpanan dan juga dapat digunakan untuk menentukan beberapa parameter cairan dalam tangki. *Automatic Tank Gauging* memiliki aplikasi yang berbeda-beda tergantung pada kebutuhan yang diperlukan. (Sinuraya et al., 2024)

Salah satu kegiatan yang dilakukan dalam proses pengelolaan pengisian bahan bakar minyak adalah monitoring persediaan bahan bakar siap jual yang terdapat dalam tangki melalui proses pengukuran volume bahan bakar. Proses pengukuran volume bahan

bakar dalam tangki dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya adalah proses *manual dipping* yang menggunakan *dipstick*, maupun proses pengukuran dengan menggunakan sensor *Automatic Tank Gauge* (ATG). ATG merupakan suatu alat bantu yang digunakan untuk mengukur ketinggian level cairan Bahan Bakar Minyak (BBM) atau Bahan Bakar Khusus (BBK) yang terdapat dalam tangki. (Widiyati & Ariantari, 2020)

Untuk membaca dari hasil pengukuran proses *manual dipping* maupun hasil pembacaan ATG, digunakan data *strapping table*/ tabel koreksi kalibrasi, yaitu bagian dari master data tangki di sistem POS/ ATG console yang digunakan untuk menghitung kuantitas volume persediaan di suatu *storage location* (tangki) dengan kombinasi ketinggian level di tangki dan kualitas volume di setiap ketinggian level di tangki. Data yang terdapat pada tabel koreksi berasal dari hasil kalibrasi tangki yang dilakukan oleh pihak yang berwenang. Data tabel koreksi yang sama digunakan oleh SPBU yang telah menggunakan ATG

sensor maupun yang masih menggunakan proses *manual dipping*. Sehingga, apabila ketinggian *level manual dipping* sama dengan ketinggian *level* sensor ATG, maka akan diperoleh hasil perhitungan kuantitas *volume* yang sama. (Widiyati & Ariantari, 2020)

Permasalahan dinamis dalam pengendalian *level* cairan banyak dijumpai pada berbagai sektor industri seperti pertambangan, industri makanan dan minuman, pengolahan, hingga transportasi, serta pada sistem penyimpanan buatan manusia seperti tangki bahan bakar. Sistem kendali otomatis tidak hanya menentukan kinerja peralatan dan efisiensi proses, tetapi juga berpengaruh terhadap aspek keselamatan, kualitas produk, dan keberlanjutan lingkungan. Perkembangan teknologi mendorong penerapan sistem pemantauan berbasis observasi fenomena dinamis secara real-time maupun nirkabel, sehingga metode produksi dan penyimpanan cairan perlu terus disempurnakan melalui integrasi teknik pemrograman modern dan algoritma kendali yang lebih adaptif. (Olejnik & Awrejcewicz, 2022)

Dalam konteks ini, penerapan *Automatic Tank Gauge* (ATG) menjadi sangat relevan karena sistem ini mampu memonitor *level*, suhu, dan tekanan cairan secara akurat di dalam tangki, sekaligus mendukung proses pengendalian otomatis yang lebih presisi dan efisien. Integrasi ATG dengan algoritma kendali cerdas, seperti fuzzy logic pada mikrokontroler, memungkinkan peningkatan stabilitas sistem, pengurangan kesalahan pengukuran, serta optimalisasi manajemen penyimpanan cairan secara menyeluruh. (Olejnik & Awrejcewicz, 2022)

Pengendalian *level* yang sempurna memainkan peran yang sangat penting dalam proses-proses ini dalam konteks operasi ekonomi. Untuk mencapai titik keseimbangan yang diinginkan secepat mungkin dan mempertahankan keadaan tersebut, berbagai metode pengendalian telah digunakan, seperti pengendalian *Proportion Integral Differential* (PID), *Adaptive Control*, metode *backstepping*, *Robust Integral of the Sign of the Error* (RISE), *Active Disturbance Adaptive Rejection Control* (ADRA), *Predictive Control*, *Sliding Mode Control*, estimasi keadaan, dan metode orde fraksional. (Xu et al., 2020) Salah satu dari metode pengendalian tersebut yaitu *Fuzzy Logic Control* (FLC) yang dipakai pada penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem kendali *Automatic Tank Gauge* (ATG) berbasis mikrokontroler ATmega2560 dengan metode *Fuzzy Logic Control* (FLC) berbasis mikrokontroler ATmega2560 dengan *board* Arduino Mega, di mana dilakukan pengujian sensor *level* dengan parameter (0 – 15 cm)(15 – 30 cm)(30 – 45 cm) terhadap ketinggian, suhu, dan tekanan. Alat ini diharapkan dapat mempermudah pengendalian dan pemantauan

level cairan pada ATG serta meningkatkan keselamatan kerja pada skala industrinya. Uji coba dilakukan untuk membuktikan performa sistem secara keseluruhan untuk memastikan tingkat akurasi dan respon kendali yang dihasilkan terhadap model grafik yang terbentuk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Automatic Tank Gauge (ATG)

Automatic Tank Gauge (ATG) adalah suatu sistem instrumentasi dan kendali yang digunakan untuk mengukur, memantau, dan mengendalikan *level* fluida di dalam tangki secara otomatis dan kontinu. Sistem ini banyak diterapkan pada industri minyak dan gas, kimia, air bersih, serta proses industri lainnya yang membutuhkan pengukuran *level* cairan secara presisi dan real-time. (Budiman et al., 2025)

Sistem ATG umumnya terdiri atas sensor *level* (misalnya transduser ultrasonik atau sensor float), unit pemrosesan sinyal, serta subsistem pengolahan dan tampilan data yang terhubung ke sistem kontrol atau aplikasi monitoring. Sensor *level* berfungsi mengukur tinggi permukaan cairan dalam tangki, kemudian data tersebut diolah menjadi informasi *volume* dengan koreksi yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti suhu dan densitas cairan. (Gianto et al., 2025)

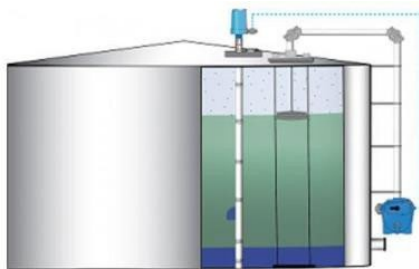
ATG dirancang untuk mengukur tingkat cairan dalam tangki secara kontinu dan *real-time* serta mengurangi ketergantungan pada metode manual seperti penggunaan *dipstick*. ATG terutama digunakan dalam industri pengelolaan stok bahan bakar untuk memastikan *volume*, suhu, dan parameter lainnya tercatat dengan akurat dan mendukung pengambilan keputusan operasional yang cepat dan tepat. Perangkat ini juga membantu dalam pengendalian inventaris dan mengurangi kesalahan yang muncul akibat pencatatan manual yang rentan *human error*. (Azfar & Agiyani, 2026)

Dalam aplikasi pengukuran *level* cairan, sensor ultrasonik memancarkan pulsa suara yang dipantulkan oleh permukaan cairan. Waktu yang dibutuhkan pulsa tersebut untuk kembali ke penerima diukur lalu dikonversi menjadi jarak dari sensor ke permukaan cairan. Keakuratan metode ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu udara/medium, geometri tangki, serta kondisi permukaan cairan, tetapi secara keseluruhan memberikan solusi non-kontak dan tidak invasif untuk pemantauan *level* cairan di berbagai aplikasi industri. Evaluasi sensor ultrasonik untuk pengukuran *volume* cairan dalam pipa atau ruang sempit menunjukkan bahwa sensor ini mampu mencapai presisi tinggi dalam rentang aplikasi yang relevan. (Smith et al., 2023)

Pengukuran ultrasonik memiliki banyak keunggulan, termasuk kemampuan deteksi tanpa kontak langsung dengan cairan, respons cepat, serta kompatibilitas dengan sistem otomatis. Namun, teknik

ultrasonik juga menghadapi tantangan seperti variasi kecepatan suara akibat perubahan suhu & kelembapan, serta gangguan dari resonansi atau pantulan multipath dalam wadah bergeometri kompleks. (Afandi et al., 2024)

ATG sebagai penyimpanan BBM mengurangi ketergantungan pada pengukuran manual yang sering kali rentan terhadap kesalahan manusia (*human error*) serta paparan lingkungan berbahaya ketika operator harus membuka tutup tangki untuk pemeriksaan langsung. Dengan adanya ATG, nilai parameter utama tangki dapat dipantau dari jarak jauh atau dari *control room*, sehingga potensi cedera akibat paparan langsung terhadap uap BBM atau kontak fisik berkurang, sehingga mendukung pencapaian standar keselamatan operasional yang lebih tinggi. Studi analisis penggunaan ATG di lingkungan operasional BBM menunjukkan bahwa sistem ini tidak hanya meningkatkan akurasi inventarisasi, tetapi juga meningkatkan aspek keselamatan kerja melalui pengurangan risiko kesalahan operasi dan beban kerja manual. (Budiman et al., 2025)



Gambar 1. ATG pada Kilang BBM

Selain memantau parameter tangki, ATG juga berperan dalam deteksi dini adanya anomali atau perubahan yang tidak normal dalam kondisi tangki, misalnya kenaikan suhu yang tidak wajar atau perbedaan level BBM yang signifikan yang tidak sesuai dengan transaksi. Deteksi anomali seperti ini bisa menjadi indikator awal terjadinya kebocoran atau *overflow* (pengisian berlebihan) yang dapat berujung pada risiko keselamatan seperti tumpahan bahan bakar atau ledakan. Integrasi ATG dengan sistem pemantauan digital dan *software analytics* mampu menghasilkan real-time alerts yang mendukung respons cepat terhadap kondisi berisiko, sehingga memperkecil dampak keselamatan yang lebih besar terhadap fasilitas penyimpanan dan lingkungan sekitar. Pendekatan semacam ini telah diteliti dalam konteks *fuel storage tank monitoring*, yang menyoroti bahwa sistem otomatis dengan real-time monitoring sangat penting untuk mitigasi risiko serta perlindungan terhadap keselamatan operasional. (Budiman et al., 2025)

ATG membantu manajemen dalam membuat keputusan keselamatan berbasis data lebih cepat dan tepat, misalnya dalam menentukan jadwal inspeksi, pengisian ulang, atau penanganan kondisi abnormal.

Hal ini selaras dengan prinsip *process safety management* (PSM) yang menekankan pentingnya *monitoring* otomatis sebagai salah satu elemen pengendalian risiko yang efektif untuk mencegah kejadian yang bisa membahayakan pekerja, masyarakat dan lingkungan di sekitar fasilitas penyimpanan BBM. Selain itu, ATG juga berkontribusi terhadap peningkatan *morale* dan kesadaran keselamatan pekerja karena sistem ini meminimalkan situasi kerja yang berbahaya atau berisiko tinggi. (Budiman et al., 2025)

Pada penelitian ini, cairan yang dipakai berupa BBM jenis Peralite. Menurut (Purnama et al., 2023) bahan bakar peralite merupakan bahan bakar gasoline berwarna hijau terang dan jernih dari Pertamina yang memiliki angka *research octan number* (RON) 90 dan memiliki kandungan sulfur maksimal 0,005% m/m atau setara dengan 500 ppm. Dengan RON 90, peralite mengandung 90% isooktana ($\text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3$) dan 10% n-heptana ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$). Untuk pembuatan peralite, komposisinya adalah nafta dengan RON 65 hingga 70 dan ditambahkan HOMC atau komponen mogas oktan tinggi sehingga RON peralite menjadi 90.

Teknologi pengukuran pada tangki penyimpanan Peralite mencakup metode manual hingga sistem otomatis seperti *Automatic Tank Gauge* (ATG) yang dirancang untuk memperbaiki akurasi pengukuran level, densitas, dan temperatur bahan bakar. Pengukuran pada tangki Peralite menunjukkan bahwa sistem ATG memberikan nilai *trueness* dan *precision* yang lebih baik ketimbang metode manual, sehingga mampu meminimalkan kesalahan dan potensi kerugian volume dibandingkan metode konvensional. Pengukuran yang akurat sangat penting dalam konteks pengelolaan stok BBM untuk menjamin stabilitas pasokan, akurasi laporan inventaris, serta pengambilan keputusan operasional yang efisien. (Pramasta, 2025)

2.2 Fuzzy Logic

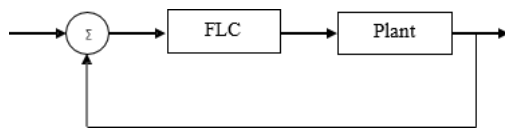
Logika fuzzy merupakan salah satu dari cabang *artificial intelligent* atau sistem cerdas. Logika fuzzy memiliki sistem seperti manusia yang mempunyai logika penalaran yang samar atau tidak pasti. Pemikiran manusia dalam menilai suatu hal tidak jarang menggunakan kata sangat, agak, sekitar, dst. Sehingga untuk menerjemahkan dalam sebuah bahasa mesin yang menggunakan bahasa pasti 0 dan 1 akan sulit jika tidak menggunakan logika fuzzy. Dalam logika klasik keputusan sebuah logika hanya dua, yakni betul atau salah. Secara numerik biasa di nyatakan dengan angka 1 dan 0 atau secara bahasa benar atau salah. Hal ini berbeda dengan logika fuzzy yang mempunyai rentang nilai banyak yang secara matematika dapat ditulis sebagai berikut:

$$0 \leq x \leq 1 \quad (1)$$

Dalam persamaan 2.1 dapat disimpulkan bahwa logika *fuzzy* tidak mutlak memiliki nilai 0 dan 1 melainkan memiliki nilai dari 0 sampai dengan 1. Jadi logika tidak berisikan benar (1) atau salah (0) melainkan berisi setengah benar, seperempat salah, dan seterusnya.

2.2.1 Fuzzy Logic Control

Dalam merancang sebuah sistem kendali yang akan diimplementasikan menggunakan logika fuzzy maka dalam sebuah kontroler logika fuzzy memiliki tahapan-tahapan. Secara garis besar dapat dijabarkan melalui diagram balok yang disajikan pada Gambar 2 merupakan sebuah sistem kontrol *close loop*.



Gambar 2 Sistem Kontrol Logika Fuzzy

Fuzzy Logic Control (FLC) melakukan tindakan kontrol pada plant dengan menggunakan aturan kontrol dan mekanisme pengambilan keputusan (*inference*). Aturan kontrol adalah ekspresi fuzzy yang mengatur logika fuzzy antara masukan kontroler dan nilai keluaran kontroler. (Febriansyah & Nugraha, 2021) Mekanisme pengambil keputusan menilai prinsip aturan dan kemudian menetapkan tindakan kontrol yang tepat. Tingkat kekomplekan sistem fuzzy bergantung pada banyaknya masukan dan keluaran, batasan, dan parameter fuzzy yang diizinkan sebagai masukan crisp yang didasarkan pada bentuk linguistik. Satu masukan dan satu keluaran sistem fuzzy biasanya disebut *Single Input Single Output* (SISO), sedangkan banyak masukan dan satu keluaran sistem fuzzy sering disebut *Multi Input Single Output* (MIMO).

2.2.2 Fuzzy Mamdani

Model Mamdani lebih dikenal dengan metode Max – Min. metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Sistem fuzzy mamdani memerlukan 4 tahapan sebagai berikut:

- Pembentukan Himpunan Fuzzy**
Pada metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
- Penggunaan Fungsi Implikasi**
Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah minimum.
- Penarikan Kesimpulan atau Komposisi Aturan (Agregasi)**
Tidak seperti penalaran monoton, inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan sistem. Inferensi sistem fuzzy dapat

dilakukan dengan tiga metode: max, additive, dan probabilistik OR atau PROBOR.

d. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan kebalikan daripada fuzzifikasi yang mana akan mengubah nilai fuzzy yang bersifat samar menjadi nilai crisp (tegas). Hal ini penting karena pada mesin hanya akan menerima informasi yang merupakan nilai crisp. Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Defuzzifikasi pada logika fuzzy mamdani menurut (Febriansyah & Nugraha, 2021) mempunyai beberapa metode seperti berikut:

1. Centroid

Pada metode ini, penyelesaian crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy. Secara umum untuk semesta kontinu dirumuskan dalam persamaan (2), dan untuk semesta diskret dirumuskan dalam persamaan (3).

$$z^* = \frac{\int z \cdot \mu_c(z) dz}{\int \mu_c(z)} \quad (2)$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \cdot \mu_c(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j)} \quad (3)$$

2. Bisektor

Metode bisektor berfungsi untuk penyelesaian crisp yang diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy.

$$\int_{R1}^P \mu(z) dz = \int_P^{Rn} \mu(z) dz \quad (4)$$

3. Mean of Maximum (MOM)

Pada metode ini, penyelesaian crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain fuzzy yang memiliki nilai maksimum.

$$Z = \text{mean}\{z_i \mid \mu_x(z_i) = \text{maximum } \mu_x\} \quad (5)$$

$$Z = \frac{LOM + SOM}{2} \quad (6)$$

4. Largest of Maximum (LOM)

Pada metode ini, penyelesaian crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar pada domain fuzzy yang memiliki nilai maksimum.

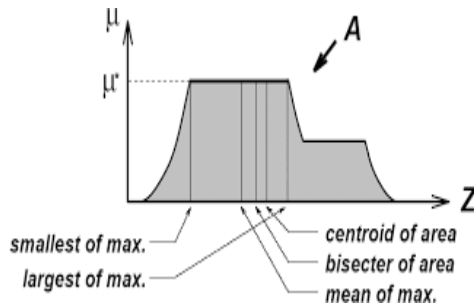
$$Z = \text{MAX}\{z_i \mid \mu_x(z_i) = \text{maximum } \mu_x\} \quad (7)$$

5. Smallest of Maximum (SOM)

Pada metode ini, penyelesaian crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil pada domain fuzzy yang memiliki nilai maksimum.

$$Z = \min\{z_i \mid \mu_x(z_i) = \text{maximum } \mu_x\} \quad (8)$$

Ilustrasi metode defuzzifikasi pada logika fuzzy mamdani dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3 Ilustrasi Defuzzifikasi Mamdani

2.3 Mikrokontroler ATmega2560

Mikrokontroler adalah suatu sistem komputer fungsional dalam satu chip. Di dalamnya terkandung prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler adalah membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik.

Mikrokontroler ATmega2560 merupakan mikrokontroler 8-bit yang dikembangkan oleh *Microchip Technology* (sebelumnya oleh Atmel) dan termasuk dalam keluarga AVR Microcontroller. Perangkat ini dirancang untuk berbagai aplikasi sistem tertanam (embedded system) yang memerlukan kemampuan pengolahan data, pengendalian perangkat elektronik, serta komunikasi dengan sensor maupun aktuator. ATmega2560 memiliki kapasitas memori yang relatif besar, yaitu memori flash sebesar 256 KB untuk menyimpan program, SRAM sebesar 8 KB sebagai memori kerja, serta EEPROM sebesar 4 KB untuk penyimpanan data. Kapasitas memori tersebut memungkinkan mikrokontroler ini menjalankan program dengan tingkat kompleksitas yang cukup tinggi, seperti sistem monitoring, sistem kendali otomatis, hingga penerapan metode komputasi logika. (Febriansyah & Nugraha, 2021)

Selain itu, ATmega2560 dilengkapi dengan berbagai fitur periferal yang mendukung pengembangan sistem kendali dan otomasi. Mikrokontroler ini memiliki 54 pin digital input/output dengan 15 pin yang dapat digunakan sebagai PWM (*Pulse Width Modulation*), serta 16 kanal input analog dengan resolusi ADC 10-bit untuk membaca data dari sensor analog. ATmega2560 juga mendukung beberapa protokol komunikasi serial seperti UART, SPI, dan I2C

(TWI) sehingga dapat terhubung dengan berbagai perangkat eksternal. Dalam praktiknya, mikrokontroler ini banyak digunakan pada papan pengembangan Arduino Mega 2560 yang dapat diprogram menggunakan Arduino IDE dengan bahasa berbasis C/C++, sehingga sering dimanfaatkan dalam penelitian, pendidikan, maupun pengembangan prototipe sistem seperti robotika, monitoring lingkungan, dan sistem kendali.



Gambar 4 Arduino Mega 2560

3. METODE PENELITIAN

Sistem *Automatic Tank Gauge* (ATG) digunakan untuk memantau *level*, suhu, dan tekanan cairan bahan bakar dalam tangki secara otomatis dan real-time. Pada penelitian ini, sistem kendali menggunakan metode *Fuzzy Logic Control* karena dapat menangani ketidakpastian dan fluktuasi data sensor secara fleksibel dan adaptif melalui aturan berbasis logika linguistik (IF-THEN).

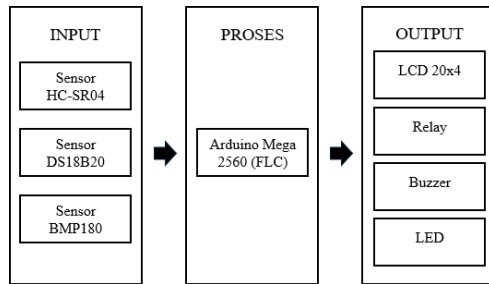
Perancangan *prototype* meliputi perancangan perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*), untuk *hardware* mencakup di antaranya Arduino Mega 2560 dengan mikrokontroler ATmega2560, sensor HC-SR04, sensor DS18B20, sensor BMP180, modul 2-channel Relay 12V, modul Buzzer, modul LED RYG, serta rangkaian *buck* dan *boost converter* pada Relay dan aktuator berupa Pompa DC 12V. Untuk *software* mencakup Arduino IDE sebagai kode untuk sistem FLC pada mikrokontroler ATmega2560, Fritzing sebagai perancangan skematik *wiring diagram* untuk setiap komponen dan aktuator pada mikrokontroler serta integrasi keseluruhan *hardware*, MATLAB sebagai simulasi untuk FLC, dan *Sketchup* untuk desain bentuk fisik keseluruhan alat.

Implementasi dan pengujian sistem untuk memastikan keseluruhan komponen dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan terhadap respon dan pembacaan pada setiap komponen dan aktuator, dari hasil pengujian dilakukan analisis untuk mengetahui kestabilan dan tingkat keberhasilan sistem.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Research and Development (R&D) dengan pengembangan alat dalam penelitian. Alur penelitian akan diuraikan secara terstruktur dengan mencakup tahapan perancangan sistem, perancangan alat, serta pengujian.

3.1 Rancangan Sistem

Bentuk rancangan sistem keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 5 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem pada Gambar 5 menunjukkan alur kerja sistem Automatic Tank Gauge (ATG) yang terdiri dari tiga bagian utama yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input, sistem menggunakan 3 sensor yaitu HC-SR04, DS18B20, dan BMP180 untuk memperoleh data kondisi di dalam tangki dan 4 output yaitu LCD 20x4, Relay, Buzzer, dan LED.

3.2 Input

Sensor HC-SR04 Ultrasonic berfungsi untuk mengukur ketinggian atau level cairan di dalam tangki dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Sensor ini bekerja dengan memancarkan gelombang suara berfrekuensi tinggi yang kemudian dipantulkan kembali oleh permukaan cairan, sehingga jarak antara sensor dan permukaan cairan dapat dihitung.

Selain itu, digunakan juga sensor DS18B20 Temperature Sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu cairan dalam tangki secara digital dengan tingkat akurasi yang cukup baik.

Sensor lainnya adalah BMP180 Pressure Sensor yang digunakan untuk mengukur tekanan udara di dalam tangki sehingga kondisi tekanan dapat dipantau sebagai salah satu parameter keamanan sistem.

3.3 Proses

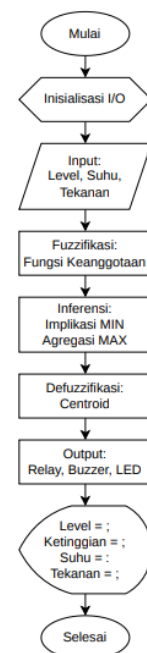
Data yang diperoleh dari ketiga sensor tersebut kemudian dikirimkan ke bagian proses, yaitu mikrokontroler ATmega2560 dengan board Arduino Mega 2560 yang menggunakan metode *Fuzzy Logic*

Control dalam pengolahan datanya. Pada tahap ini mikrokontroler melakukan pembacaan data sensor, kemudian memprosesnya melalui tahapan logika fuzzy seperti fuzzifikasi, inferensi berdasarkan aturan (*rule base*), dan defuzzifikasi untuk menghasilkan keputusan sistem. Metode *fuzzy logic* digunakan karena dapat menangani kondisi yang bersifat tidak pasti (*uncertainty*) atau berubah-ubah, sehingga sistem dapat menentukan respon yang lebih fleksibel terhadap perubahan *level*, suhu, dan tekanan yang terjadi di dalam tangki.

3.4 Output

Hasil pengolahan data pada mikrokontroler kemudian diteruskan ke bagian output yang terdiri dari beberapa perangkat indikator dan aktuator. LCD 20x4 yang berfungsi untuk menampilkan informasi hasil pembacaan sensor seperti nilai *level* cairan, suhu, dan tekanan secara langsung kepada pengguna. Selain itu terdapat Relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa pengisian atau pengosongan tangki. Sistem juga dilengkapi dengan buzzer yang berfungsi sebagai alarm atau peringatan suara apabila terjadi kondisi tertentu seperti *level* cairan yang melebihi batas aman (*overflow*) dan LED sebagai indikator visual yang menunjukkan status kerja sistem, seperti kondisi normal, peringatan, atau aktifnya perangkat tertentu. Dengan adanya integrasi antara bagian input, proses, dan output tersebut, sistem ATG dapat melakukan pemantauan dan pengendalian kondisi tangki secara otomatis dan lebih efisien.

3.5 Flowchart Sistem



Gambar 6 Flowchart Sistem

Pada Gambar 6 menunjukkan Flowchart Sistem yang menggambarkan alur kerja sistem kendali

Automatic Tank Gauge (ATG) berbasis mikrokontroler yang menggunakan metode *Fuzzy Logic Control* untuk mengolah data sensor dan mengendalikan perangkat keluaran secara otomatis. Proses diawali dengan tahap mulai, yang menandakan bahwa sistem dinyalakan dan seluruh rangkaian mulai bekerja. Setelah itu sistem melakukan inisialisasi I/O, yaitu proses pengaturan awal pada mikrokontroler ATmega2560 untuk menentukan fungsi setiap pin yang digunakan sebagai input maupun output. Pada tahap ini mikrokontroler menyiapkan komunikasi dengan sensor serta perangkat keluaran agar sistem dapat berjalan dengan baik.

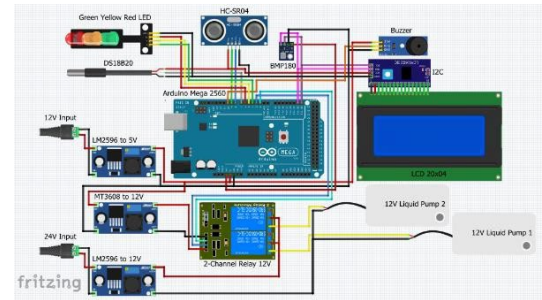
Tahap berikutnya yaitu pengambilan data input yang dari beberapa sensor, yaitu sensor level HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian cairan di dalam tangki dengan parameter 0 – 45 cm, sensor suhu DS18B20 untuk mendeteksi temperatur cairan dalam tangki dengan parameter 0 – 75 °C, serta sensor tekanan BMP180 untuk mendeteksi tekanan di dalam tangki dengan parameter 980 – 1060 hPa. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diproses melalui tahap fuzzifikasi, yaitu proses mengubah nilai tegas (*crisp*) hasil pembacaan sensor menjadi nilai linguistik dalam fungsi keanggotaan fuzzy seperti rendah, sedang, atau tinggi. Proses ini bertujuan untuk mempermudah sistem dalam melakukan pengambilan keputusan berdasarkan kondisi yang terjadi di dalam tangki.

Setelah proses fuzzifikasi, sistem melanjutkan ke tahap inferensi fuzzy yang terdiri dari penerapan fungsi implikasi MIN dan agregasi MAX. Pada tahap ini sistem menerapkan aturan-aturan fuzzy (*rule base*) yang telah dirancang sebelumnya untuk menentukan respon sistem berdasarkan kombinasi kondisi *level*, suhu, dan tekanan. Hasil dari proses inferensi tersebut kemudian digabungkan untuk menghasilkan keluaran fuzzy yang mewakili keputusan sistem. Selanjutnya dilakukan tahap defuzzifikasi menggunakan metode *centroid* untuk mengubah nilai fuzzy menjadi nilai tegas (*crisp*) kembali sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengendalian perangkat keluaran.

Tahap berikutnya yaitu pengendalian output, di mana hasil defuzzifikasi digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat seperti relay, buzzer, dan LED. Relay berfungsi untuk mengendalikan pompa, buzzer digunakan sebagai indikator peringatan jika terjadi kondisi tertentu seperti *level* tangki yang terlalu tinggi (*overflow*) atau tekanan yang tidak normal, sedangkan LED berfungsi sebagai indikator visual kondisi sistem. Selama proses pengendalian dilakukan, sistem menampilkan atau mencatat nilai *level*, ketinggian, suhu, dan tekanan pada LCD 20x4 sebagai hasil pembacaan nilai dan pemantauan kondisi tangki. Seluruh proses tersebut berlangsung secara berulang hingga status tangki berada di kondisi Normal.

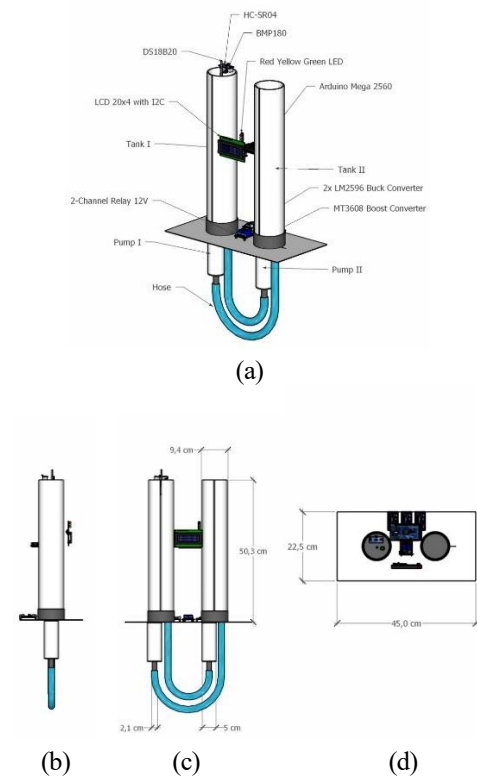
3.6 Perancangan Schematic Wiring ATG

Pada Gambar 7 menunjukkan Schematic Wiring dari komponen ATG secara keseluruhan



Gambar 7 Perancangan Schematic Wiring ATG

Komponen yang digunakan berupa mikrokontroler ATmega2560 dengan *board* Arduino Mega, sensor HC-SR04, sensor DS18B20, sensor BMP180, LM2596, XL6009, Relay 12V, Modul Buzzer Passive, LCD 20x4 dengan I2C, LED model *Traffic Light* serta Pompa DC 12V.



Gambar 8 (a) Tampak Isometrik (b) Tampak Samping (c) Tampak Depan (d) Tampak Atas

Pada Gambar 8 menampilkan perancangan tampak isometrik, tampak samping, tampak depan, dan tampak atas. Dimensi perancangan memiliki tinggi total ± 83 cm, panjang 45 cm, dan lebar 22.5 cm yang disesuaikan pada ruang *prototype* serta parameter deteksi dari sensor.

Sensor HC-SR04, DS18B20, dan BMP180 ditempatkan pada bagian atas atau bawah tutup dari tangki 1 (kiri) saling bersebelahan dengan tujuan mempermudah maintain atau perbaikan pada sensor.

Sensor HC-SR04 dikalibrasi hingga toleransi $\pm 0.1 - 0.3$ cm dan diatur untuk pembacaan *reverse* 0 – 45 cm dari bawah tutup tangki. Sensor DS18B20 berada di tengah tutup tangki dan BMP180 berada di sebelah DS18B20. LCD 20x4 ditempatkan di depan untuk mempermudah pemantauan nilai bacaan sensor secara langsung, serta buzzer dan LED yang berada tepat di atas LCD sebagai tambahan indikator audio dan visual. Secara keseluruhan, tata letak komponen dirancang berdasarkan fungsional, parameter bacaan, serta integrasi sistem sehingga mendukung pengontrolan, pemantauan, dan tingkat keamanan pada *prototype*.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor HC-SR04

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor HC-SR04 dapat mendeteksi ketinggian cairan pertalite pada *prototype* tangki dengan teliti dan akurat.

Tabel 1 Pengujian Sensor HC-SR04 pada Ketinggian Tangki

Penggaris (cm)	HC-SR04 (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
6	6.2	0.2	3.33
7	6.7	0.3	4.28
15	14.8	0.2	1.33
18	18.1	0.1	0.5
23	23.3	0.3	1.3
26	25.9	0.1	0.3
31	30.7	0.3	0.9
32	38.1	0.2	0.6
43	43.2	0.2	0.4
45	44.8	0.2	0.4
Rata-rata			1.33

Pada pengujian Tabel 1 menunjukkan sensor HC-SR04 memiliki pembacaan dengan rata-rata *error* sebesar 1.33%. Dalam hal ini, sensor HC-SR04 cukup akurat dalam batas toleransi mendeteksi ketinggian.

4.2 Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor DS18B20 dapat mendeteksi suhu cairan pertalite dalam *prototype* tangki dengan teliti dan akurat.

Tabel 2 Pengujian Sensor DS18B20 pada Suhu Tangki

Thermometer (°C)	DS18B20 (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
26	25.5	0.5	1.92
27	27.1	0.1	0.3
28	28	0	0
29	28.6	0.4	1.37
30	30.2	0.2	0.6
31	31	0	0
32	32.5	0.5	1.56
33	32.9	0.1	0.3
34	34	0	0
35	35.2	0.2	0.5
Rata-rata			0.65

--	--

Pada pengujian Tabel 2 menunjukkan sensor DS18B20 memiliki pembacaan dengan rata-rata *error* sebesar 0.65%. Dalam hal ini, sensor DS18B20 cukup akurat dalam mendeteksi suhu.

4.3 Pengujian Sensor BMP180

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor BMP180 dapat mendeteksi tekanan uap cairan pertalite dalam *prototype* tangki dengan teliti dan akurat.

Tabel 3 Pengujian Sensor BMP180 pada Tekanan Tangki

Barometer (hPa)	BMP180 (hPa)	Selisih (hPa)	Error (%)
1003	1003.6	0.6	0.06
1004	1003.5	0.4	0.04
1005	1005.5	0.5	0.05
1006	1006.3	0.3	0.03
1007	1006.8	0.2	0.02
1008	1008.4	0.4	0.04
1009	1008.8	0.2	0.02
1010	1009.7	0.3	0.03
1011	1011.3	0.3	0.03
1012	1011.9	0.1	0.01
Rata-rata			0.034

Pada pengujian Tabel 3 menunjukkan sensor BMP180 memiliki pembacaan dengan rata-rata *error* sebesar 0.034%. Dalam hal ini, sensor BMP180 cukup akurat dalam mendeteksi tekanan.

4.4 Pengujian Fuzzy Logic Control pada Prototype Automatic Tank Gauge

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah penerapan *Fuzzy Logic Control* pada *prototype Automatic Tank Gauge* bekerja secara akurat sesuai dengan perancangan berdasarkan nilai dari output proses *Fuzzy Logic Control*.

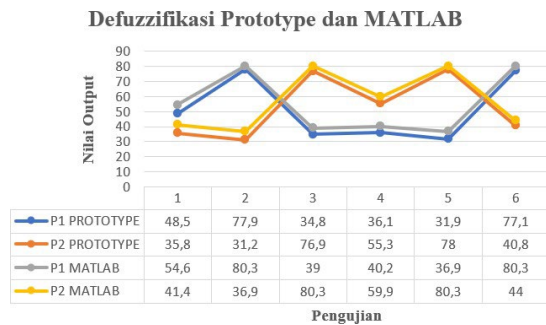
Tabel 4 Pengujian Fuzzy Logic Control pada Prototype

No	Input Fuzzy			Defuzzifikasi pada Prototype	
	HC-SR04	DS18B20	BMP180	Pompa 1	Pompa 2
1.	31	32	1012	48.5	35.8
2.	41	33	1016	77.9	31.2
3.	9	19	1005	34.8	76.9
4.	13	24	1008	36.1	55.3
5.	6	21	1006	31.9	78
6.	29	40	1017	77.1	40.8

Tabel 5 Pengujian Fuzzy Logic Control pada MATLAB

No	Input Fuzzy			Defuzzifikasi pada MATLAB	
	HC-SR04	DS18B20	BMP180	Pompa 1	Pompa 2
1.	31	32	1012	54.6	41.4
2.	41	33	1016	80.3	36.9
3.	9	19	1005	39	80.3
4.	13	24	1008	40.2	59.9
5.	6	21	1006	36.9	80.3
6.	29	40	1017	80.3	44

Pada pengujian Tabel 4 dan Tabel 5 didapatkan hasil defuzzifikasi dari *prototype* dan MATLAB yang menunjukkan perbandingan nilai defuzzifikasinya dengan akurasi sebesar 91.4% dengan perbedaan yang tidak signifikan. Dapat disimpulkan, implementasi *Fuzzy Logic Control* pada *prototype Automatic Tank Gauge* cukup sesuai dengan perancangan.



Gambar 9 Grafik Defuzzifikasi Prototype dan MATLAB

4.5 Pengujian Aktivasi Pompa 1 dan Pompa 2

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah Pompa 1 sebagai pengosongan cairan dan Pompa 2 sebagai pengisian cairan bekerja sesuai aktivasinya.

Tabel 6 Pengujian Aktivasi Pompa 1 dan Pompa 2

No	Input Fuzzy			Status	
	HC-SR04	DS18B20	BMP180	Pompa 1	Pompa 2
1.	31	32	1012	OFF	OFF
2.	41	33	1016	ON	OFF
3.	9	19	1005	OFF	ON
4.	13	24	1008	OFF	OFF
5.	6	21	1006	OFF	ON
6.	29	40	1017	ON	OFF

Pada pengujian Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa aktivasi pada Pompa 1 dan Pompa 2 sudah bekerja sesuai dengan perancangan dan dapat bekerja dengan baik pada perubahan input dari *prototype*.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, *prototype* sistem kendali *Automatic Tank Gauge* dengan *Fuzzy Logic Control* berbasis mikrokontroler ATmega2560 dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Sistem menunjukkan kinerja yang baik dalam proses pengendalian dan pemantauan, sistem mampu mengintegrasikan sensor-sensor dengan beberapa komponen dan aktuator dengan menghasilkan keputusan kendali yang sesuai dengan perancangan aturan *fuzzy*.

Pada implementasi parameter terukur ,sistem yang dirancang mampu mendeteksi perubahan *level* dengan cukup akurat dan dalam batas toleransi pengukuran ketinggian cairan dalam menjaga terjadinya fluktuasi yang berlebihan, serta perubahan suhu dan juga tekanan yang cukup akurat. Hal ini

menunjukkan bahwa sistem kendali bekerja dengan sesuai dalam mengendalikan *level* cairan pada tangki.

Pada hasil pengujian, sistem menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic Control* memberikan respon kendali yang cukup akurat terhadap hasil pemrosesan logika sebesar 79.56%. Maka, penerapan *Fuzzy Logic Control* pada sistem kendali *Automatic Tank Gauge* dianggap mampu menstabilkan sistem, meningkatkan keamanan kerja, serta meningkatkan kinerja kendali.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A., Khasani, Deendarlianto, Catrawedarma, I. G. N. B., & Wijayanta, S. (2024). The development of the ultrasonic flowmeter sensors for mass flow rate measurement: A comprehensive review. *Flow Measurement and Instrumentation*, 97(May). <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2024.102614>
- Azfar, M. F., & Agiyani, G. (2026). Sistem Informasi Automatic Tank Gauge Pada Pt Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Palembang. *Jurnal Riset Sistem Informasi*, 3(2), 45–57. <https://doi.org/10.69714/1gbfa027>
- Budiman, B. S., Prasetya, D. I., & Andriansyah, A. (2025). Analisis Efisiensi Penggunaan Automatic Tank Gauge (ATG) di Pertamina Berdasarkan Pendekatan Quality, Cost, Delivery, Safety, dan Morale (QCDSM). 5, 2358–2374.
- Febriansyah, M., & Nugraha, F. R. (2021). Rancang Bangun Prototype Sistem Kendali Tata Udara Laboratorium Kimia Menggunakan Fuzzy Logic Control Berbasis Arduino Mega 2560.
- Gianto, G., Az-Zahra, Y. L., & Sutanto, W. (2025). Prototipe Automatic Tank Gauge Pada Model Tangki Pendam Berbasis Internet of Things. 15(01), 29–42.
- Olejnik, P., & Awrejcewicz, J. (2022). Intelligent Mechatronics in the Measurement, Identification, and Control of Water Level Systems: A Review and Experiment. *Machines*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/machines10100960>
- Pramasta, F. M. M. (2025). Evaluasi Kinerja Sistem Pengukuran Pada Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Minyak (Studi Kasus Pada Pengukuran Level, Densitas Dan Temperatur) Febhe Maulita May Pramasta, Dr.-Ing. Ir. Awang Noor Indra Wardana, S.T., M.T., M.Sc., IPM.;Prof. Dr. Ir. Faridah, S.
- Purnama, D., Arif, A., Alwi, E., & Sugiarto, T. (2023). Analisis Penggunaan Bahan Bakar Campuran Pertalite dengan Bioetanol dari Tebu Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Injeksi. *MSI Transaction on Education*, 4(3), 123–134. <https://doi.org/10.46574/mted.v4i3.117>

-
- Sinuraya, E. W., Ajulian, A., & Santoso, I. (2024). *Network Interconnection Design and Automatic Tank Gauging (ATG) Data Communication on Tankvision Article Info Received : 12-09-2024 Accepted : 15-10-2024 Page No : 399-402.* 399–402.
- Smith, B. C., Bergman, R. W., & Darr, M. J. (2023). Evaluation of Ultrasonic Sensor for Precision Liquid Volume Measurement in Narrow Tubes and Pipes. *AgriEngineering*, 5(1), 287–298. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5010019>
- Widiyati, K., & Ariantari. (2020). Pengujian Batasan Selisih | 25 Mm | Antara Level Dipping Vs Level Atg Di Spbu Ptp Berdasarkan Api Mpms Dan Tko Pelaksanaan Pemeriksaan Persediaan Product Hydrocarbon. *Jurnal Teknologia*, 3(1), 1–8. <https://aperti.e-journal.id/teknologia/article/view/61>
- Xu, T., Yu, H., Yu, J., & Meng, X. (2020). Adaptive Disturbance Attenuation Control of Two Tank Liquid Level System with Uncertain Parameters Based on Port-Controlled Hamiltonian. *IEEE Access*, 8, 47384–47392. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979352>