

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Gas rawa merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang dihasilkan melalui proses dekomposisi bahan organik di lingkungan anaerobik, seperti rawa. Proses ini menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Pemanfaatan gas rawa sebagai energi terbarukan telah menarik perhatian, khususnya di wilayah pedesaan Indonesia, sebagai upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil seperti LPG. Menurut studi sebelumnya, pemanfaatan gas rawa mampu mendukung kemandirian energi sekaligus berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil.[3]

Proses pengisian gas rawa menghadirkan berbagai tantangan teknis, khususnya dalam menjaga kestabilan tekanan selama proses berlangsung. Pengelolaan pengisian gas tersebut memerlukan desain sistem kontrol otomatis berdasarkan batas tekanan maksimum dan minimum yang diinginkan. Untuk menjawab tantangan ini, digunakan pengontrol On-Off (Two-Position Control), yaitu sistem kendali sederhana yang hanya memiliki dua keadaan keluaran, yaitu aktif (ON) dan non-aktif (OFF), yang bekerja berdasarkan nilai kesalahan (*error*) antara keluaran sistem dan nilai referensi (*setpoint*). Untuk meningkatkan kestabilan dan menghindari frekuensi *switching* yang berlebihan, pada penelitian ini diterapkan metode kontrol On-Off dengan histeresis. Metode ini bekerja dengan mengaktifkan kompresor pengisian ketika tekanan gas berada di bawah batas minimum yang telah ditetapkan, dan menonaktifkan kompresor setelah tekanan mencapai batas maksimum. Pengaturan ini memastikan tekanan dalam tangki tetap stabil pada rentang yang aman serta mampu mengurangi frekuensi perubahan status ON-OFF secara berlebihan.[4]

Programmable Logic Controller (PLC) berbasis ESP32 dipilih sebagai pusat kendali sistem valve otomatis. Mikrokontroler ESP32 memiliki fitur Wi-Fi dan Bluetooth, prosesor dual-core, serta kemampuan terhubung ke jaringan nirkabel, sehingga mendukung penerapan sistem kontrol otomatis yang terintegrasi dengan monitoring melalui Bot Telegram.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Sistem On – Off dengan Histerisis

Sistem kendali On – Off dengan histerisis merupakan sistem kontrol sederhana yang mengoperasikan perangkat dalam dua kondisi saja, aktif (ON) DAN non – aktif (OFF) berdasarkan nilai yang ditetapkan. Perangkat akan aktif saat nilai variabel proses turun melewati set point minimum dan non – aktif saat nilai tersebut melewati set point maksimum. Selama nilai proses berada di antara kedua batas variabel, status perangkat tetap dipertahankan. Mencegah switching yang terlalu sering.

Prinsip Kerja dengan Histerisis :

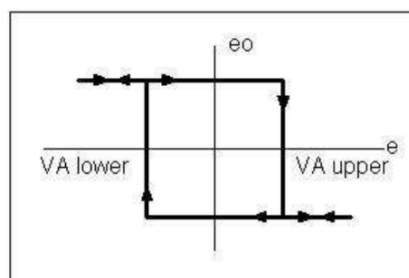
- Jika  $PV < SP - h \rightarrow$  Aktuator ON
- Jika  $PV > SP + h \rightarrow$  Aktuator OFF

$h$  adalah nilai histerisis. Contoh :

- Setpoint suhu  $25^{\circ} \text{C}$
- Histerisis  $\pm 1^{\circ} \text{C}$

Maka

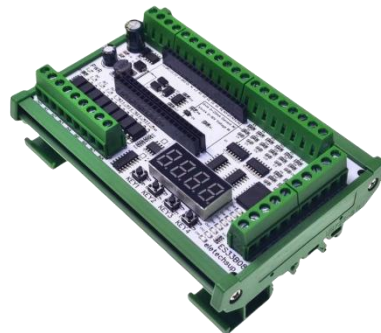
- Jika suhu turun ke  $24^{\circ} \text{C} \rightarrow$  Pemanas menyala
- Jika suhu turun ke  $26^{\circ} \text{C} \rightarrow$  Pemanas mati



Gambar 2. 1 Kurva Histerisis

Histerisis menciptakan zona netral antara kondisi ON dan OFF, zona ini berfungsi menstabilkan sistem dan mencegah perangkat beralih status yang tidak perlu akibat perubahan kecil. Hal ini penting untuk mengurangi keausan pada komponen mekanik seperti aktuator. [5]

### 2.2.2 ES33B08 ESP32 8 CH Expansion Board PLC



*Gambar 2. 2 ES33B08 ESP32 8 CH Expansion Board PLC*

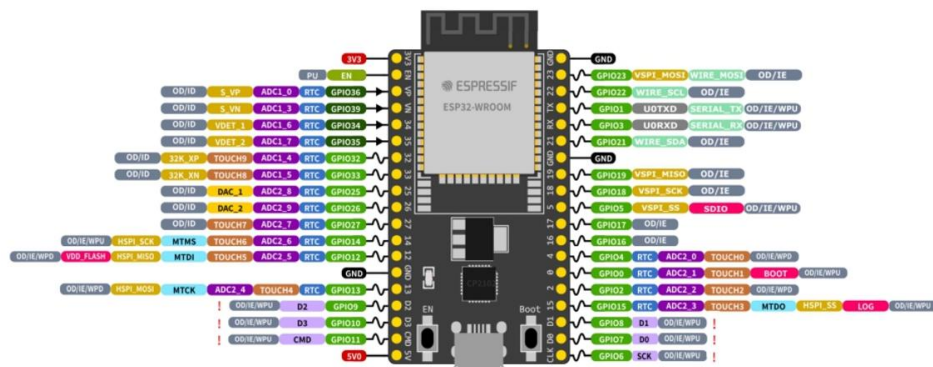
Modul Ekspansi ESP32 dengan output transistor Darlington serta input/output analog dan digital adalah Solusi multifungsi yang dirancang khusus untuk meningkatkan kapabilitas perangkat ESP32. Modul ini memungkinkan pengguna untuk mengoptimalkan proyek – proyek baik dalam konteks Internet of Things(IoT), otomasi, maupun kontrol industri. Fitur utama dengan delapan saluran (channel) yang tersedia, modul ini memberikan fleksibilitas luar biasa dalam pengelolaan berbagai perangkat dan sensor. Output transistor Darlington memungkinkan pengendalian beban yang lebih besar dengan efisiensi tinggi, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan daya tinggi. Selain itu input/output analog dan digital membuat modul ini ideal untuk berbagai aplikasi, mulai dari pengukuran sensor hingga pengendalian aktuator.

*Tabel 2. 1 Spesifikasi ES33B08 ESP32 8 CH Expansion Board*

| NO. | Kategori            | Spesifikasi                                                       |
|-----|---------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Nama Produk         | ES33B08 ESP32 8 CH Expansion Board                                |
| 2.  | Fungsi Umum         | Ekspansi Input/output dan analog, kontrol delay, komunikasi RS485 |
| 3.  | ESP32 Support       | Slot Untuk ESP32 38 – pin (2 slot)                                |
| 4.  | Input Digital       | 8x input (3 – 24V), Isolasi optic, low – level Trigger (NPN)      |
| 5.  | Output Digital      | 8x output transistor Darlington (maks. 300mA per channel)         |
| 6.  | Input analog (Arus) | 4x input 0/4 – 20 mA                                              |

|     |                         |                               |
|-----|-------------------------|-------------------------------|
| 7.  | Input Analog (Tegangan) | 4x input 0 – 5V / 0 – 10V     |
| 8.  | Komunikasi              | 1x RS485 interface (A+, B - ) |
| 9.  | Indikator               | 1x tampilan digital 4 – digit |
| 10. | Tombol                  | 4x Tombol Onboard             |
| 11. | Power Supply            | DC 11 – 28 V                  |
| 12. | Konsumsi Arus           | 14 – 42 mA                    |

### 2.2.3 Mikrokontroler ESP32 Dev Modul



Gambar 2. 3 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler canggih berbasis arsitektur Xtensa LX6 dengan konfigurasi dual-core 32-bit, meskipun terdapat beberapa varian yang hanya dilengkapi dengan satu inti prosesor. Mikrokontroler ini dirancang dengan integrasi fitur konektivitas nirkabel, yaitu Wi-Fi dan Bluetooth, yang menjadikannya sangat andal untuk berbagai kebutuhan aplikasi komunikasi data tanpa kabel. Kombinasi kemampuan prosesor yang kuat dan konektivitas nirkabel tersebut memungkinkan ESP32 untuk menjalankan berbagai fungsi dengan efisiensi tinggi dan konsumsi daya yang relatif rendah.

Keunggulan ini menjadikan ESP32 sebagai salah satu pilihan utama dalam pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT), baik untuk skala kecil seperti perangkat rumah tangga pintar, maupun untuk skala industri seperti sistem monitoring dan otomasi. Fleksibilitas yang ditawarkan ESP32 tidak hanya terletak pada fitur teknisnya, tetapi juga pada dukungan ekosistem perangkat lunak dan komunitas yang luas, sehingga mempermudah proses pengembangan dan integrasi sistem. Dengan segala kemampuannya, ESP32 telah menjadi solusi mikrokontroler

yang populer dan terpercaya untuk aplikasi modern yang membutuhkan kinerja tinggi, konektivitas stabil, dan efisiensi daya.

*Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32*

| NO. | Kategori             | Spesifikasi                                                     |
|-----|----------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1.  | Nama Modul           | ESP32 DevKitC V4                                                |
| 2.  | Chip Utama           | ESP32 – WROOM - 32D                                             |
| 3.  | Processor            | Xtensa® dual-core 32-bit LX6 CPU (hingga 240 MHz)               |
| 4.  | Memori               | 520 KB SRAM, 4 MB Flash                                         |
| 5.  | Fitur Nirkabel       | Wi – Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth v4.2 (BR/EDR dan BLE)        |
| 6.  | Pin O/I              | 38 Pin (termasuk GPIO, ADC, DAC, PWM, UART, SPI, I2C)           |
| 7.  | Antarmuka USB        | CP2102 USB to UART bridge                                       |
| 8.  | Tegangan Operasional | 5V via USB atau 3.3V via pin                                    |
| 9.  | Level Logika I/O     | 3.3V                                                            |
| 10. | Port USB             | Micro USB                                                       |
| 11. | Tombol Onboard       | EN (reset) dan BOOT (untuk mode flashing)                       |
| 12. | Driver USB           | CP2102                                                          |
| 13. | Pemrograman          | Arduino IDE, PlatformIO, ESP – IDF                              |
| 14. | Fungsi Khusus        | Dual core processing, low power sleep modes, deep sleep support |

#### 2.2.4 Sensor Pressure Transmitter



*Tabel 2. 3 Sensor Pressure*

Sensor tekanan tipe transmitter transducer dengan konfigurasi tiga kabel merupakan sebuah perangkat instrumentasi yang dirancang khusus untuk mendeteksi dan mengukur tekanan dari berbagai media, baik dalam bentuk gas maupun cairan. Sensor ini berfungsi untuk mengubah tekanan fisik menjadi sinyal listrik analog yang proporsional, sehingga dapat dengan mudah diproses dan dianalisis oleh sistem elektronik seperti mikrokontroler atau perangkat pengendali lainnya.

Jenis sensor ini umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi teknis dan industri, antara lain untuk memantau tekanan udara, gas, air, maupun cairan lain seperti minyak. Penggunaan sensor ini sangat luas, mulai dari sistem kontrol hidrolik dan pneumatik, sistem monitoring tekanan dalam tangki, hingga sistem otomasi berbasis Internet of Things (IoT).

Sensor tekanan ini memiliki tiga buah kabel dengan fungsi spesifik, yaitu:

1. **Kabel Merah** berfungsi sebagai input tegangan (VCC), yang biasanya diberi tegangan sebesar 5V atau 12V tergantung spesifikasi sensor.
2. **Kabel Hitam** berperan sebagai koneksi ke ground (GND) atau referensi tegangan nol.
3. **Kabel Kuning** merupakan jalur output analog yang menghasilkan sinyal dengan nilai tegangan yang berubah secara proporsional terhadap tekanan yang terdeteksi oleh sensor.

Dengan konfigurasi tersebut, sensor ini dapat memberikan data pengukuran tekanan secara real-time dan akurat, yang sangat penting dalam sistem pemantauan dan pengendalian tekanan secara otomatis.

*Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor Pressure Transmitter*

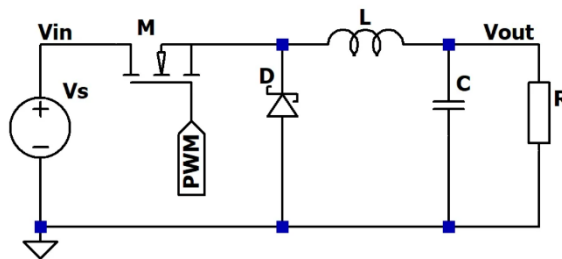
| No | Spesifikasi              | Nilai         |
|----|--------------------------|---------------|
| 1  | Tegangan Kerja           | 5 V           |
| 2  | Tegangan Keluaran        | 0,5 V – 4,5 V |
| 3  | Arus Kerja               | $\leq 10$ mA  |
| 4  | Rentang Tekanan Kerja    | 0 ~ 1 MPa     |
| 5  | Rentang Suhu Kerja       | 0° - 85° C    |
| 6  | Rentang suhu penyimpanan | 0° 100° C     |

|    |                   |                 |
|----|-------------------|-----------------|
| 7  | Galat Pengukuran  | $\pm 1.5\%$ FSO |
| 8  | Galat Suhu        | $\pm 3,5\%$ FSO |
| 9  | Waktu Respon      | $\leq 2,0$ ms   |
| 10 | Umur siklus Kerja | 500.000 kali    |

### 2.2.5 LM2596S Buck Converter



Gambar 2. 4 LM2596S Buck Converter



Gambar 2. 5 Rangkaian Buck Converter

LM2596S merupakan sebuah modul buck converter atau penurun tegangan berbasis arsitektur switching regulator yang dirancang untuk mengubah tegangan arus searah (DC) dari level yang lebih tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah, sesuai dengan kebutuhan operasional dari berbagai jenis mikrokontroler, sensor, ataupun modul elektronik lainnya. Modul ini sangat umum digunakan dalam sistem elektronik yang memerlukan efisiensi tinggi dalam pengelolaan daya, terutama pada aplikasi yang melibatkan suplai tegangan dari sumber seperti baterai, adaptor, atau panel surya.

Meskipun LM2596S bekerja secara eksklusif pada tegangan DC, prinsip kerjanya memiliki kemiripan dengan transformator step-down pada sistem arus bolak-balik (AC), yaitu menurunkan level tegangan dari input ke output. Namun, berbeda dengan transformator konvensional, LM2596S menggunakan metode switching regulator berbasis frekuensi tinggi, yang melibatkan proses

pensaklaran cepat dan penggunaan induktor untuk menyimpan serta melepaskan energi secara terkontrol. Hal ini memungkinkan modul untuk mempertahankan efisiensi konversi daya yang tinggi, sekaligus meminimalkan panas yang dihasilkan.

Dengan kemampuan untuk mengatur dan menstabilkan tegangan output secara presisi, LM2596S sangat ideal untuk diaplikasikan pada sistem elektronik yang sensitif terhadap fluktuasi tegangan, dan menjadi salah satu komponen penting dalam perancangan sistem daya terdistribusi maupun perangkat IoT berbasis mikrokontroler.

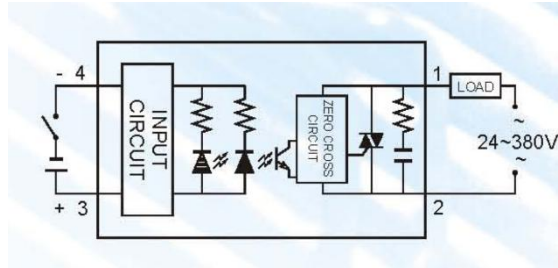
*Tabel 2. 5 Spesifikasi Buck Converter*

| NO. | Kategori              | Spesifikasi                                                                 |
|-----|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Jenis Modul           | DC – DC Step Down (Buck Converter) dengan Digital Voltmeter                 |
| 2.  | Input Voltage (Vin)   | 4V – 40 V DC                                                                |
| 3.  | Output Voltage (Vout) | 1.25V – 37V DC                                                              |
| 4.  | Output Current Max    | 2A - 3A                                                                     |
| 5.  | Display               | 7 – segment LED display (menampilkan voltase input/output. Tergantung mode) |

### 2.2.6 Solid State Relay (SSR)



*Gambar 2. 6 Solid State Relay*



Gambar 2. 7 Rangkaian SSR

Solid State Relay (SSR) adalah jenis relay modern yang dirancang untuk mengatur aliran arus listrik tanpa menggunakan bagian mekanis yang bergerak seperti pada relay elektromagnetik konvensional. Karena tidak mengandalkan gerakan fisik untuk mengalihkan sirkuit, SSR mampu memberikan kinerja yang lebih cepat, lebih andal, serta memiliki umur operasional yang lebih panjang. Ketidadaan kontak mekanis juga menjadikannya bebas dari suara klik saat bekerja dan bebas dari percikan api, sehingga sangat ideal untuk aplikasi yang membutuhkan pergantian beban secara cepat dan aman.

Prinsip kerja SSR melibatkan penggunaan sinyal kontrol berupa tegangan DC untuk mengatur rangkaian beban arus bolak-balik (AC). Pengalihan ini dilakukan melalui komponen semikonduktor seperti triac, thyristor, atau optocoupler, yang memungkinkan proses switching berlangsung secara elektronik tanpa keausan kontak. Hal ini membuat SSR sangat cocok untuk digunakan dalam sistem otomatisasi industri yang menuntut presisi tinggi dan keandalan jangka panjang.

Tabel 2. 6 Spesifikasi SSR

| No. | Kategori       | Spesifikasi                                    |
|-----|----------------|------------------------------------------------|
| 1.  | Model          | FOTEK SSR - 40DA                               |
| 2.  | Jenis          | Solid State Relay (SSR)                        |
| 3.  | Input Voltage  | 3 – 32V DC                                     |
| 4.  | Output Voltage | 24 – 380V AC                                   |
| 5.  | Output Current | Maksimal 40A                                   |
| 6.  | Jenis Output   | AC                                             |
| 7.  | Tipe Switching | DC to AC (mengendalikan tegangan AC dengan DC) |
| 8.  | Response Time  | $\leq 10\text{ms}$                             |

### 2.2.7 Power Supply

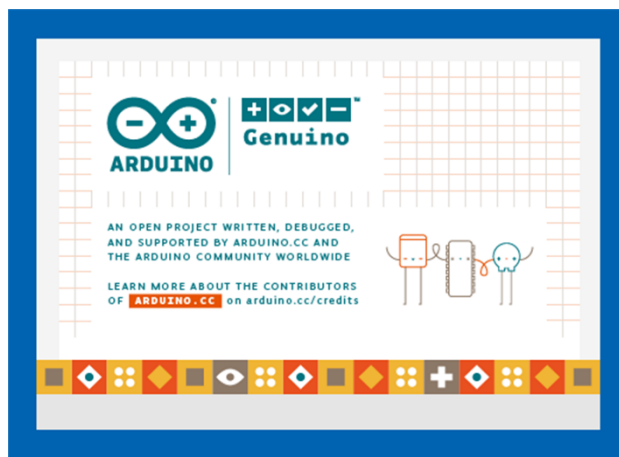


*Gambar 2. 8 Power Supply 12V 5A*

Power supply adalah komponen listrik yang berfungsi untuk mengubah tegan AC menjadi DC agar dapat menyediakan daya listrik bagi komponen elektronik yang membutuhkan daya listrik bagi komponen elektronik yang membutuhkan tetangan DC.

Power supply ini menerima tegangan AC melalui terminal input yang diberi label L (Line) dan N (Neutral), serta menyediakan keluaran DC pada terminal output yang berlabel +V dan -V. Tegangan 12V DC yang dihasilkan sangat stabil dan mampu menyuplai arus hingga 5 Ampere, sehingga cocok digunakan untuk perangkat dengan kebutuhan daya sedang.

### 2.2.8 Software Arduino IDE



*Gambar 2. 9 Software Arduini IDE*

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk mengembangkan program bagi board Arduino, berfungsi sebagai media untuk melakukan pemrograman pada mikrokontroler.

Dengan Arduino IDE, penggunaan dapat menulis, mengedit, dan memvalidasi kode program melalui editor teks yang intuitif. Proses pemrograman ini melibatkan unggahan kode ke papan arduino, di mana kode tersebut dikenal sebagai "Sketch" atau source code arduino, dengan ekstensi file .ino. Dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman java, Arduino IDE mendukung library C/C++, yang memudahkan penggunaan dalam proses operasional input dan output.

### 2.2.9 Software Telegram



# Telegram

*Gambar 2. 10 Software Telegram*

Telegram merupakan salah satu platform pesan instan yang populer karena kemudahan penggunaan, kecepatan, serta fitur keamanannya. Salah satu fitur unggulan yang ditawarkan Telegram adalah dukungan terhadap *bot*, yaitu program otomatis yang dapat berinteraksi dengan pengguna atau grup melalui pesan. Bot Telegram memungkinkan pengembang untuk menciptakan berbagai layanan otomatis, mulai dari hal sederhana seperti memberikan informasi cuaca, mengirim pengingat, hingga tugas-tugas yang lebih kompleks seperti mengelola anggota grup, memoderasi konten, atau bahkan mengintegrasikan sistem eksternal seperti IoT (Internet of Things), API layanan web, dan database. Bot ini dapat dikustomisasi sepenuhnya sesuai dengan kebutuhan pengguna, baik melalui penggunaan perintah (command), pemrosesan pesan masuk, maupun interaksi berbasis tombol dan menu dinamis. Telegram menyediakan API dan dokumentasi yang lengkap, sehingga memudahkan pengembang dalam merancang bot yang responsif dan fungsional sesuai tujuan tertentu.