



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN ALAT PEMBAKARAN SAMPAH *LOW EMISSION*  
DENGAN *PRIMARY COMBUSTION* DAN *SECONDARY COMBUSTION***

**TUGAS AKHIR**

**LINTANG ALFIANI**

**2303321060**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2026**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**SUB JUDUL**

**SISTEM OTOMATIS BLOWER DC BERBASIS SUHU UNTUK  
*SECONDARY COMBUSTION* PADA ALAT PEMBAKARAN SAMPAH**

**TUGAS AKHIR**

**Digunakan untuk melengkapi sebagian syarat dalam mencapai gelar  
Program Pendidikan Diploma III (D3)**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**LINTANG ALFIANI**

**2303321060**

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2026**



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Nama : Lintang Alfiani

NIM : 2303321060

Program Studi : Elektronika Industri

Tanda Tangan : 

Tanggal : 23 Juni 2026



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Ini Diajukan Oleh :  
Nama : Lintang Alfiani  
NIM : 2303321060  
Program Studi : Elektronika Industri  
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Pembakaran Sampah  
*Low Emission Dengan Primary Combustion*  
*Dan Secondary Combustion*  
Sub Judul Tugas Akhir : Sistem Otomatis Blower DC Berbasis Suhu  
Untuk *Secondary Combustion* Pada Alat  
Pembakaran Sampah

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Senin, 29 Juni 2026  
dan dinyatakan LULUS .

Pembimbing I : Ihsan Auditia Akhinov, S.T., M.T. (  )

NIP. 198904052022031003

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

Depok, 8 Juli 2026

Disahkan Oleh



Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis berhasil menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pembakaran Sampah *Low Emission* dengan *Primary Combustion* dan *Secondary Combustion*.” dengan tepat waktu sebagai salah satu syarat kelulusan Program Pendidikan Diploma III di jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Murie Dwiyaniti, S.T.,M.T. selaku ketua jurusan Teknik Elektro;
2. Bapak Ihsan Auditia Akhinov, S.T.,M.T. selaku ketua program studi Elektronika Industri serta selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir;
3. Ayah yang sudah lama penulis rindukan, meskipun kini telah tiada namun biaya kuliah yang diamanahkan cukup hingga penulis wisuda;
4. Mama dan Ayla sebagai adikku tercinta yang selalu kebersamaan penulis tidak hanya kasih sayang, tetapi juga materi yang selalu ada untuk penulis;
5. Faiz dan segenap tim mekanik yang selalu membantu penulis hingga proses pengerjaan alat Tugas Akhir selesai.

Tugas akhir ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan, dorongan, dan dukungan dari semua pihak yang telah penulis sebutkan di atas. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Depok, 23 Juni 2026

Penulis

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

*Rancang Bangun Alat Pembakaran Sampah Low Emission dengan Primary Combustion dan Secondary Combustion*

**Abstrak**

Rancang bangun alat ini dimanfaatkan dengan tujuan agar proses pembakaran sampah tidak dilakukan secara terbuka, melainkan tertutup di dalam incinerator. Pendekatan yang digunakan adalah dengan menambahkan prinsip secondary combustion. Komponen yang digunakan sebagai integrasi sistem dengan primary combustion adalah Sensor Thermocouple tipe K dengan modul MAX6675 yang digunakan untuk mendeteksi suhu dalam incinerator. BTS7960 sebagai driver untuk Blower DC mengatur kecepatan Blower DC dengan Pulse Width Modulation. Arduino ATmega 2560 sebagai mikrokontroler memberikan sebuah logika perintah ke integrasi sistem agar alat dapat bekerja dengan baik. Sensor MQ135 dan MQ7 untuk mendeteksi hasil CO dan CO<sub>2</sub> sebagai emisi yang dihasilkan dari pembakaran sampah. Sistem bekerja dengan kontrol ON-OFF menginputkan nilai PWM ke Blower DC untuk mengatur kecepatan Blower DC. Berdasarkan suhu yang telah dideteksi dalam primary combustion, setelah suhu mencapai 700<sup>0</sup>C Blower DC aktif dalam keadaan PWM 10% kemudian bertahap meningkat hingga 100% saat suhu mencapai 900<sup>0</sup>C. Hasil pengujian yang telah dilakukan Blower DC mampu memberikan oksigen tambahan dan sesuai dengan prinsip kerja secondary combustion sehingga pembakaran sampah terjadi dengan sempurna mencapai suhu pembakaran ideal, yaitu 800<sup>0</sup>C dan dapat menurunkan emisi yang dihasilkan. Hal tersebut juga sudah dibandingkan dengan alat ukur gas analyzer untuk mengukur O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Ex, dan CO dan hasil ukurnya dibawah 45 µmol/mol untuk CO dan 20.9 %VOL untuk O<sub>2</sub> yang artinya emisi baik tidak berbahaya.

**Kata kunci:** BTS7960, Blower DC, Sensor Thermocouple tipe K, Karbon Monoksida dan Karbon dioksida.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

*Design and Construction of a Low-Emission Waste Incinerator with Primary and Secondary Combustion*

**Abstract**

*This device's design aims to ensure that the waste incineration process is not carried out openly, but rather enclosed within the incinerator. The approach used is to incorporate the principle of secondary combustion. The components used to integrate the system with primary combustion include a K-type thermocouple sensor with a MAX6675 module, which is used to detect the temperature inside the incinerator. The BTS7960, as a driver for the DC blower, regulates the blower's speed using Pulse Width Modulation. The Arduino ATmega 2560 microcontroller provides command logic to the integrated system to ensure the device's proper operation. The MQ135 and MQ7 sensors detect CO and CO<sub>2</sub> emissions from waste incineration. The system operates using ON-OFF control, inputting PWM values to the DC blower to regulate its speed. Based on the temperature detected during primary combustion, after the temperature reaches 700°C, the DC blower activates at 10% PWM, then gradually increases to 100% when the temperature reaches 900°C. Tests conducted by the DC Blower indicate that it can provide additional oxygen and adhere to the principle of secondary combustion, resulting in complete waste combustion, reaching the ideal combustion temperature of 800°C, reducing emissions. This performance has also been compared with a gas analyzer for O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Ex, and CO, with results below 45 µmol/mol for CO and 20.9%VOL for O<sub>2</sub>, indicating good, non-hazardous emissions.*

**Keywords:** *BTS7960, DC Blower, K-type Thermocouple Sensor, Carbon Monoxide and Carbon Dioxide.*



## DAFTAR ISI

|                                               |      |
|-----------------------------------------------|------|
| HALAMAN SAMPUL .....                          | i    |
| HALAMAN JUDUL .....                           | ii   |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....          | iii  |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....           | iv   |
| KATA PENGANTAR.....                           | v    |
| DAFTAR ISI.....                               | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                           | x    |
| DAFTAR TABEL .....                            | xii  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                         | xii  |
| BAB I.....                                    | 1    |
| PENDAHULUAN .....                             | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                       | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                     | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah .....                     | 3    |
| 1.4 Tujuan .....                              | 3    |
| 1.5 Luaran Wajib .....                        | 3    |
| BAB II.....                                   | 4    |
| TINJAUAN PUSTAKA .....                        | 4    |
| 2.1 Driver BTS7960 .....                      | 4    |
| 2.2 Blower DC.....                            | 5    |
| 2.3 L298N.....                                | 6    |
| 2.4 Kipas DC .....                            | 7    |
| 2.5 <i>Power Supply</i> (Catu Daya) .....     | 8    |
| 2.6 Arduino ATmega 2560.....                  | 8    |
| 2.7 Sensor Thermocouple .....                 | 9    |
| 2.8 Sensor MQ 135.....                        | 10   |
| 2.9 Sensor MQ 7.....                          | 11   |
| 2.10 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)..... | 12   |
| 2.11 <i>Real Time Clock</i> (RTC).....        | 13   |
| BAB III.....                                  | 14   |
| PERENCANAAN DAN REALISASI.....                | 14   |
| 3.1 Rancangan Alat.....                       | 14   |
| 3.1.1 Desain Alat .....                       | 14   |

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                             |                                                                         |           |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.2                       | Deskripsi Alat.....                                                     | 16        |
| 3.1.3                       | Cara Kerja Alat.....                                                    | 16        |
| 3.1.4                       | Spesifikasi Alat.....                                                   | 17        |
| 3.1.5                       | Spesifikasi Komponen .....                                              | 18        |
| 3.1.6                       | Diagram Blok .....                                                      | 20        |
| 3.1.7                       | Rangkaian Alat .....                                                    | 21        |
| 3.1.7.1                     | Rangkaian Alat Keseluruhan.....                                         | 21        |
| 3.1.7.2                     | Rangkaian Alat Sistem <i>Secondary Combustion</i> .....                 | 22        |
| 3.1.8                       | Flowchart Alat.....                                                     | 24        |
| 3.1.8.1                     | Flowchart Sistem <i>Secondary Combustion</i> .....                      | 25        |
| 3.2                         | Realisasi Alat.....                                                     | 26        |
| 3.2.1                       | Rancangan Mekanik.....                                                  | 26        |
| 3.2.2                       | Hasil Rancangan Mekanik .....                                           | 26        |
| 3.2.3                       | Cara Kerja Blower DC Berdasarkan Suhu <i>Secondary Combustion</i> ..... | 28        |
| 3.3                         | Realisasi Pemrograman .....                                             | 29        |
| 3.3.1                       | Inisialisasi.....                                                       | 29        |
| 3.3.2                       | Void Setup .....                                                        | 32        |
| 3.3.3                       | Void Loop.....                                                          | 33        |
| <b>BAB IV</b>               | <b>.....</b>                                                            | <b>38</b> |
| <b>PEMBAHASAN</b>           | <b>.....</b>                                                            | <b>38</b> |
| 4.1                         | Deskripsi Pengujian.....                                                | 38        |
| 4.2                         | Prosedur Pengujian .....                                                | 40        |
| 4.3                         | Data Hasil Pengujian.....                                               | 43        |
| 4.3.1                       | Perubahan PWM Blower DC Terhadap Suhu .....                             | 43        |
| 4.3.2                       | Hasil Reduksi Massa Sampah .....                                        | 48        |
| 4.3.3                       | Data Emisi pada Secondary Chamber.....                                  | 51        |
| 4.3.4                       | Perbandingan Data Emisi Gas Analyzer .....                              | 55        |
| 4.4                         | Analisa Data Hasil Pengujian.....                                       | 58        |
| <b>BAB V</b>                | <b>.....</b>                                                            | <b>60</b> |
| <b>PENUTUP</b>              | <b>.....</b>                                                            | <b>60</b> |
| 5.1                         | Kesimpulan.....                                                         | 60        |
| 5.2                         | Saran.....                                                              | 60        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>       | <b>.....</b>                                                            | <b>61</b> |
| <b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> | <b>.....</b>                                                            | <b>63</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>             | <b>.....</b>                                                            | <b>64</b> |

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR GAMBAR**

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Driver BTS7960 .....                             | 4  |
| Gambar 2. 2 Blower DC.....                                   | 5  |
| Gambar 2. 3 L298N.....                                       | 6  |
| Gambar 2. 4 Kipas DC .....                                   | 7  |
| Gambar 2. 5 Power Supply .....                               | 8  |
| Gambar 2. 6 Arduino ATmega 2560 .....                        | 8  |
| Gambar 2. 7 Sensor Thermocouple tipe K.....                  | 9  |
| Gambar 2. 8 Sensor MQ135.....                                | 10 |
| Gambar 2. 9 Sensor MQ7.....                                  | 11 |
| Gambar 2. 10 Liquid Crystal Display .....                    | 12 |
| Gambar 3. 1 Design 2D Tampak Depan dan Samping Kanan .....   | 14 |
| Gambar 3. 2 Design 3D Tampak Depan dan Samping Kanan.....    | 15 |
| Gambar 3. 3 Blok Diagram.....                                | 20 |
| Gambar 3. 4 Wiring Diagram.....                              | 21 |
| Gambar 3. 5 Wiring Diagram Sistem Secondary Combustion ..... | 22 |
| Gambar 3. 6 Flowchart Alat .....                             | 24 |
| Gambar 3. 7 Flowchart Sistem Secondary Combustion .....      | 25 |
| Gambar 3. 8 Foto Alat Tampak Depan.....                      | 26 |
| Gambar 3. 9 Foto Alat Tampak Belakang.....                   | 27 |
| Gambar 3. 10 Filter Bagian Cerobong .....                    | 27 |
| Gambar 3. 11 Panel Box dan Panel Sensor.....                 | 28 |
| Gambar 3. 12 Inisialisasi Library.....                       | 29 |
| Gambar 3. 13 Inisialisasi Pin Thermocouple .....             | 29 |
| Gambar 3. 14 Inisialisasi Pin MQ7.....                       | 30 |
| Gambar 3. 15 Inisialisasi Pin MQ135 .....                    | 30 |
| Gambar 3. 16 Inisialisasi Pin Driver BTS7960.....            | 30 |
| Gambar 3. 17 Variabel PWM Blower DC.....                     | 30 |
| Gambar 3. 18 Konfigurasi Thermocouple dan LCD I2C.....       | 31 |
| Gambar 3. 19 Update waktu untuk lakukan perintah.....        | 31 |
| Gambar 3. 20 Variabel data suhu, CO, dan CO2 .....           | 31 |



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Gambar 3. 21 Parameter sensor MQ7 .....            | 31 |
| Gambar 3. 22 Parameter sensor MQ135 .....          | 32 |
| Gambar 3. 23 Setup LCD.....                        | 32 |
| Gambar 3. 24 Setup sensor MQ135 .....              | 33 |
| Gambar 3. 25 Setup Driver BTS7960 .....            | 33 |
| Gambar 3. 26 Fungsi Loop .....                     | 33 |
| Gambar 3. 27 Loop sensor Thermocouple .....        | 33 |
| Gambar 3. 28 Loop sensor MQ7.....                  | 34 |
| Gambar 3. 29 Loop sensor MQ135.....                | 35 |
| Gambar 3. 30 Loop Driver BTS7960.....              | 35 |
| Gambar 3. 31 Loop Kontrol Otomatis Blower DC ..... | 35 |
| Gambar 3. 32 Loop Output LCD .....                 | 36 |
| Gambar 3. 33 Loop Kirim Ke Data Logger .....       | 37 |
| Gambar 3. 34 Loop Kirim Ke Data Input Logger.....  | 37 |
| Gambar 4. 1 %PWM Blower DC vs Suhu 1 Kg.....       | 43 |
| Gambar 4. 2 %PWM Blower DC vs Suhu 2.5 Kg.....     | 44 |
| Gambar 4. 3 %PWM Blower DC vs Suhu 4.19 Kg.....    | 45 |
| Gambar 4. 4 %PWM Blower DC vs Suhu 12 Kg.....      | 46 |
| Gambar 4. 5 %PWM Blower DC vs Suhu 13 Kg.....      | 47 |
| Gambar 4. 6 Data Emisi 1 Kg.....                   | 51 |
| Gambar 4. 7 Data Emisi 2.5 Kg.....                 | 51 |
| Gambar 4. 8 Data Emisi 4.19 Kg.....                | 52 |
| Gambar 4. 9 Data Emisi 12 Kg.....                  | 53 |
| Gambar 4. 10 Data Emisi 13 Kg.....                 | 54 |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR TABEL**

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Ambang Batas Gas CO dan CO <sub>2</sub> ..... | 12 |
| Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat.....                         | 17 |
| Tabel 3. 2 Spesifikasi Komponen.....                     | 18 |
| Tabel 3. 3 Spesifikasi BTS7960 .....                     | 22 |
| Tabel 3. 4 Spesifikasi Mekanik Alat .....                | 26 |
| Tabel 4. 1 Alat dan Bahan Pengujian .....                | 38 |
| Tabel 4. 2 Reduksi Massa Sampah 1 Kg.....                | 48 |
| Tabel 4. 3 Reduksi Massa Sampah 2.5 Kg.....              | 48 |
| Tabel 4. 4 Reduksi Massa Sampah 4.19 Kg.....             | 49 |
| Tabel 4. 5 Reduksi Massa Sampah 12 Kg.....               | 49 |
| Tabel 4. 6 Reduksi Massa Sampah 13 Kg.....               | 50 |
| Tabel 4. 7 Perbandingan Data Emisi 1 Kg .....            | 55 |
| Tabel 4. 8 Perbandingan Data Emisi 2.5 Kg .....          | 56 |
| Tabel 4. 9 Perbandingan Data Emisi 4.19 Kg .....         | 56 |
| Tabel 4. 10 Perbandingan Data Emisi 12 Kg .....          | 57 |
| Tabel 4. 11 Perbandingan Data Emisi 13 Kg .....          | 58 |

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR LAMPIRAN**

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1. Foto Alat .....                              | 64 |
| Lampiran 2. Pengujian Alat.....                          | 66 |
| Lampiran 3. Wiring Diagram .....                         | 67 |
| Lampiran 4. Design 2D dan 3D Alat Pembakaran Sampah..... | 68 |
| Lampiran 5. SOP Pengoperasian Alat.....                  | 69 |
| Lampiran 6. Poster .....                                 | 70 |
| Lampiran 7. Source Code.....                             | 71 |





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan suatu bahan material hasil aktivitas manusia, hewan, maupun tumbuhan yang sudah tidak terpakai dan dibuang sebagai hasil dari proses produksi, baik itu dalam industri maupun rumah tangga. Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) Bantar Gebang menjadi tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan sampah, pemilahan sampah, penggunaan ulang sampah, pendaur ulang sampah, pengolahan sampah, sekaligus tempat pemrosesan akhir sampah. Namun, TPST Bantar Gebang seringkali mengalami longsor. Pada tahun 2006 TPST Bantar Gebang mengalami longsor, puluhan pemulung tertimbun sampah. Kejadian longsor sampah juga terulang pada Oktober 2022 yang menyebabkan lumpuhnya akses jalan menuju TPST Bantar Gebang (Khansa et al., 2024).

Selain itu, beberapa warga juga melakukan pembakaran sampah secara terbuka (Pembakaran Konvensional) yang dapat menimbulkan gas rumah kaca (GRK), dioksin, furan, dan partikulat halus yang memperburuk kualitas udara dan dapat menyebabkan gangguan pernapasan, iritasi mata, kanker, serta kerusakan sistem endokrin. Akan tetapi, hal tersebut dapat diminimalisir dengan alat khusus terstandar agar tidak menimbulkan polusi udara, seperti teknik “insenerasi”, yaitu proses membakar sampah pada suhu tinggi di dalam alat tertutup untuk mengurangi volumenya secara signifikan menghasilkan energi, dan merupakan solusi efektif untuk pengelolaan sampah (Milcha Fakhria et al., 2025).

Upaya yang dapat dilakukan dalam mengatasi permasalahan latar belakang adalah merancang bangun alat pembakaran sampah. Incinerator merupakan alat pembakaran sampah yang dilakukan di sebuah drum dan selama proses pembakaran berlangsung di dalam. Namun beberapa penerapan incinerator hanya dilakukan dengan metode *primary combustion* saja. Salah satu langkah pendekatan pengembangan yang dapat dilakukan adalah menggunakan *primary combustion* dan *secondary combustion*. Hal ini untuk memenuhi proses pembakaran dengan tiga komponen utama, yaitu bahan bakar, oksigen, dan panas (Purnawan, 2024).

Penerapan *secondary combustion* terjadi saat suhu pembakaran mencapai 700 - 1200<sup>0</sup>C yang dideteksi dari sensor Thermocouple tipe K dan laju aliran udara



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(1,5-3m<sup>3</sup>/jam). Sistem otomatis yang diimplementasikan adalah mengotomatiskan Blower DC ON ketika suhu diatas 700 derajat guna memberikan oksigen, sehingga gas hasil pembakaran yang belum sempurna, seperti CO dan partikulat halus dapat terbakar kembali dan mengalami proses oksidasi (Mu & Zhou, 2025). Pembuatan alat Tugas Akhir berupa pembakaran sampah *low emission* ini diharapkan mampu menurunkan emisi Karbon Monoksida (CO) dan menaikkan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) hingga asap yang dihasilkan dari pembakaran sampah dan dikeluarkan dari cerobong incinerator menjadi ramah lingkungan.

Ambang batas kualitas udara konsentrasi partikulat (PM<sub>25</sub>) di wilayah Indonesia sekitar 0 – 15.5µg/m<sup>3</sup> untuk kategori baik, 15.6 – 55.4µg/m<sup>3</sup> untuk kategori sedang, 55.5 – 150.4µg/m<sup>3</sup> untuk kategori tidak sehat, 150.5 – 250.4µg/m<sup>3</sup> untuk kategori tidak sehat, dan >250.55µg/m<sup>3</sup> untuk kategori berbahaya (bmkg, 2026). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 19 Tahun 2021, Baku mutu emisi pengurangan limbah nonbahan berbahaya dan beracun secara termal dengan parameter total partikulat memiliki ambang batas maksimum 120 5mg/Nm<sup>3</sup>, sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) adalah 210mg/Nm<sup>3</sup>, oksida nitrogen (NO<sub>2</sub>) adalah 470mg/Nm<sup>3</sup>, hidrogen klorida (HCl) adalah 10mg/Nm<sup>3</sup>, merkuri (Hg) adalah 3mg/Nm<sup>3</sup>, karbon monoksida (CO) adalah 625mg/Nm<sup>3</sup>, dan hidrogen fluorida (HF) adalah 2 mg/Nm<sup>3</sup>.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara otomatisasi ON-OFF Blower DC berdasarkan suhu menggunakan Arduino ATmega 2560?
2. Bagaimana pengaruh variasi nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) kecepatan Blower DC terhadap suhu?
3. Bagaimana pengaruh variasi nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) kecepatan Blower DC terhadap emisi berupa CO dan CO<sub>2</sub>?
4. Apakah berat sampah dapat mempengaruhi suhu, CO, dan CO<sub>2</sub> dalam proses *secondary combustion*?
5. Apakah jenis sampah dapat mempengaruhi suhu, CO, dan CO<sub>2</sub> dalam proses *secondary combustion*?



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Sistem otomatis hanya difokuskan pada pengaturan kecepatan Blower DC pada *secondary combustion*, sehingga mekanik dalam otomasi tidak ditekankan.
2. Otomatisasi dilakukan berdasarkan pembacaan suhu *secondary combustion* dan difokuskan pada suhu diatas 700°C.
3. Pengaturan kecepatan Blower DC menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM).
4. Berat sampah yang dilakukan saat uji coba hanya pada rentang 1 – 13 kg menyesuaikan kapasitas ruang bakar alat Tugas Akhir.
5. Jenis sampah yang dilakukan saat uji coba adalah sampah rumah tangga yang bersifat kering baik berupa organik maupun anorganik, atau yang bersifat basah dari endapan sampah bagian bawah per sebagian tempat sampah dengan rentang 10-25%.

### 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Merancang sistem otomatis Blower DC menggunakan BTS7960 dengan Arduino ATmega 2560.
2. Menganalisis performa perubahan kecepatan Blower DC pada alat pembakaran sampah terhadap suhu *secondary combustion*.
3. Menganalisis emisi CO dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan berdasarkan perubahan variasi nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) kecepatan Blower DC.
4. Menganalisis batas minimal dan maksimal kapasitas pembakaran dalam satu kali siklus dari berat sampah.
5. Menganalisis jenis sampah yang digunakan saat uji coba apakah dapat mempengaruhi hasil proses pembakaran berupa suhu, CO, dan CO<sub>2</sub>.

### 1.5 Luaran Wajib

Luaran yang diharapkan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Laporan Tugas Akhir
2. Draft Hak Cipta Alat
3. Draft Jurnal
4. Alat Tugas Akhir



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian alat pembakaran sampah *low emission* dengan *primary combustion* dan *secondary combustion* dengan sistem otomatis Blower DC berdasarkan suhu pembakaran sampah pada *Secondary Combustion*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Blower DC aktif saat suhu mencapai 700°C. Untuk mengarahkan asap ke atas cerobong dan mencegahnya keluar ke bawah, kecepatan blower ideal menggunakan PWM *duty cycle* 50%.
2. Peningkatan PWM Blower DC terhadap suhu dapat meningkatkan suhu pembakaran, sehingga residu atau jelaga hitam yang mengandung karbon monoksida (CO) berbahaya dapat terbakar kembali.
3. Variasi nilai PWM yang tinggi dapat menurunkan emisi CO dan CO<sub>2</sub>. Namun, jika suhu turun saat PWM tinggi, hal itu menandakan sampah sudah habis terbakar sehingga nilai PWM harus segera diturunkan.
4. Massa sampah memengaruhi durasi, pencapaian suhu, dan emisi. Sampah yang sedikit mempersulit pencapaian suhu di atas 700°C, sedangkan massa yang tinggi mempermudah pencapaian suhu ideal di atas 900°C meskipun membutuhkan waktu pembakaran yang lebih lama.
5. Jenis sampah yang telah dilakukan uji coba seberat minimal 1 kg menghasilkan suhu maksimum 700°C dengan kadar emisi yang aman (CO < 100 PPM dan CO<sub>2</sub> < 1000 PPM), menunjukkan proses pembakaran berhasil menekan emisi di bawah ambang batas berbahaya.

#### 5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut alat pembakaran sampah *low emission* dengan *primary combustion* dan *secondary combustion* ke depannya, disarankan sistem *secondary combustion* dapat dikembangkan dengan menggunakan kontrol PID agar Blower DC dapat aktif dan lebih presisi di suhu dan emisi tertentu, serta residu yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali dengan penerapan *wetscrubber* agar menjadi *zero waste* dengan menghilangkan hasil pembakaran sampah.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adi Winarno, Widodo, W., & Hanif Darmawan, R. (2023). SMOKE DETECTION DESIGN USING MQ-2 SENSOR AND EXHAUST FAN BASED ON MICROCONTROLLER. *BEST: Journal of Applied Electrical, Science, & Technology*, 5(1). <https://doi.org/10.36456/best.vol5.no1.7216>
- Fui Ming, H. C., Santoso, H., & Nurdin, Muh. F. (2022). Rancang Bangun Kompor Biomassa Menggunakan Bahan Dasar Plat Galvanis Dilengkapi Dengan Teknologi Blower. *Journal BEARINGS: Borneo Mechanical Engineering and Science*, 1(1). <https://doi.org/10.35334/bearings.v1i1.2995>
- Khansa, S., Tantri, K., & Safitri, D. (2024). Ancaman Keselamatan dan Kenyamanan Lingkungan Hidup di Sekitar Area Pembuangan Sampah. *Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains*, 5(1), 93–99. <https://doi.org/10.55448/fj76vf28>
- Milcha Fakhria, Churun A'in, Siti Rudiyantri, & Nur Hadina Br Purba. (2025). Edukasi Masyarakat tentang Sifat Termal Sampah dan Dampak Negatif Pembakaran Plastik terhadap Lingkungan dan Kesehatan. *Aksi Nyata : Jurnal Pengabdian Sosial Dan Kemanusiaan*, 2(4), 44–55. <https://doi.org/10.62383/aksinyata.v2i4.2209>
- Mu, Y., & Zhou, S. (2025). Experimental study on the effect of secondary combustion technology on energy efficiency and pollutant emissions in crematoriums. *Journal of Physics: Conference Series*, 3084(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/3084/1/012041>
- Nurhuda, M., & Khosyi'in, M. (2024). Perancangan Alat Uji Relay Thermal Trafo Tenaga Berbasis Arduino Mega 2560 Dan Sensor Suhu Thermocouple Type K. *Syntax Idea*, 6(10). <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i10.8038>
- Purnawan, B. (2024). Optimalisasi Pemusnahan Barang Bad Stock menggunakan Insinerator Sederhana pada CV. TJU. *Jurnal Teknologi Dan Sains Modern*, 1(3), 85–93. <https://doi.org/10.69930/jtsm.v1i3.171>
- Putra, G. S. A., Nabila, A., & Pulungan, A. B. (2020). Power Supply Variabel Berbasis Arduino. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 139–143. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.53>
- Putranda, D., & Eko Wahyudi, M. P. (2023). Pengembangan Exhaust Autofilter Pada Smoking Room Berbasis Arduino. *JURNAL INTEGRASI*, 15(2), 104–111. <https://doi.org/10.30871/ji.v15i2.6370>
- Refalista, A., Irawati, R., Irawan, I., & Wisjhnuadji, T. W. (2023). Penggunaan Sensor MQ-2,4,7,135 dan ESP32 Untuk Air Pollution Monitoring Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ticom: Technology of Information and Communication*, 12(1), 31–36. <https://doi.org/10.70309/ticom.v12i1.104>

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Unnazif, D., & Almasri. (2022). Perancangan dan Pembuatan Sistem Kontrol Alat Tanam Benih Jagung Berbasis Arduino Uno . *Jurnal Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika*, Vol. 10, No. 3(September 2022), 2302–3295.

Yoski, M. S., & Mukhaiyar, R. (2020). Prototipe Robot Pembersih Lantai Berbasis Mikrokontroller dengan Sensor Ultrasonik. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 158–161. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.67>



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



#### LINTANG ALFIANI

Anak pertama dari 2 bersaudara, lahir di Kebumen, 27 Januari 2004. Lulus dari SD Negeri Jejalen Jaya 01 tahun 2016, SMP Negeri 13 Tambun Selatan tahun 2019, dan MA PINK03 tahun 2022. Saat ini sedang menjalani gelar Diploma Tiga (D3) Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Alat

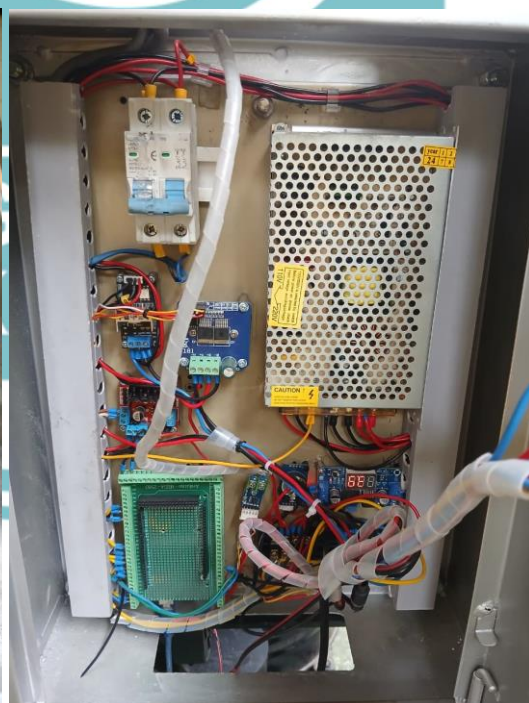




## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Lampiran 2. Pengujian Alat

| Data Saat Ini |       |      |       |            |          |     |     |     |     |      |
|---------------|-------|------|-------|------------|----------|-----|-----|-----|-----|------|
| TIME          | CH1   | CH2  | CH3   | CH4        | CH5      | CH6 | CH7 | CH8 | CH9 | CH10 |
| 22:28:35.49   | 918   | 21.7 | 201.4 | 22/06/2026 | 22:28:28 |     |     |     |     |      |
| Data Riwayat  |       |      |       |            |          |     |     |     |     |      |
| TIME          | CH1   | CH2  | CH3   | CH4        | CH5      | CH6 | CH7 | CH8 | CH9 | CH10 |
| 22:28:17.15   | 894   | 16.6 | 355.8 | 22/06/2026 | 22:28:09 |     |     |     |     |      |
| 22:28:18.37   | 901   | 5    | 355.8 | 22/06/2026 | 22:28:11 |     |     |     |     |      |
| 22:28:19.74   | 900.2 | 17.1 | 355.8 | 22/06/2026 | 22:28:12 |     |     |     |     |      |
| 22:28:20.98   | 899.5 | 10.5 | 355.8 | 22/06/2026 | 22:28:13 |     |     |     |     |      |
| 22:28:22.20   | 897.7 | 7.9  | 288.4 | 22/06/2026 | 22:28:15 |     |     |     |     |      |
| 22:28:23.57   | 899.2 | 7.6  | 288.4 | 22/06/2026 | 22:28:16 |     |     |     |     |      |
| 22:28:24.95   | 908.5 | 11.4 | 288.4 | 22/06/2026 | 22:28:17 |     |     |     |     |      |
| 22:28:26.18   | 909.7 | 6.7  | 288.4 | 22/06/2026 | 22:28:19 |     |     |     |     |      |
| 22:28:27.55   | 906.2 | 18.6 | 288.4 | 22/06/2026 | 22:28:20 |     |     |     |     |      |
| 22:28:28.78   | 915   | 9.9  | 201.4 | 22/06/2026 | 22:28:21 |     |     |     |     |      |
| 22:28:30.15   | 916.7 | 6.8  | 201.4 | 22/06/2026 | 22:28:22 |     |     |     |     |      |
| 22:28:31.52   | 915.5 | 3.4  | 201.4 | 22/06/2026 | 22:28:24 |     |     |     |     |      |
| 22:28:32.90   | 911.7 | 13.4 | 201.4 | 22/06/2026 | 22:28:25 |     |     |     |     |      |
| 22:28:34.13   | 916   | 6.5  | 201.4 | 22/06/2026 | 22:28:26 |     |     |     |     |      |
| 22:28:35.49   | 918   | 21.7 | 201.4 | 22/06/2026 | 22:28:28 |     |     |     |     |      |

◀ Terbaru



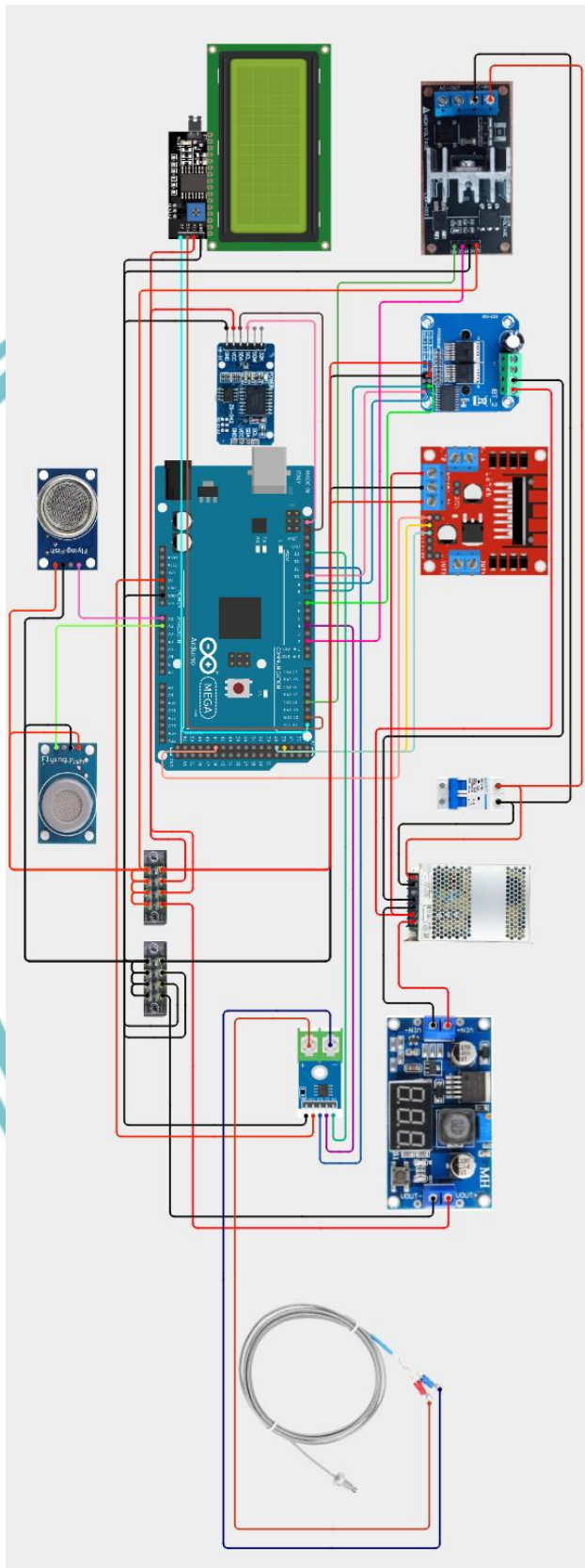
#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Wiring Diagram



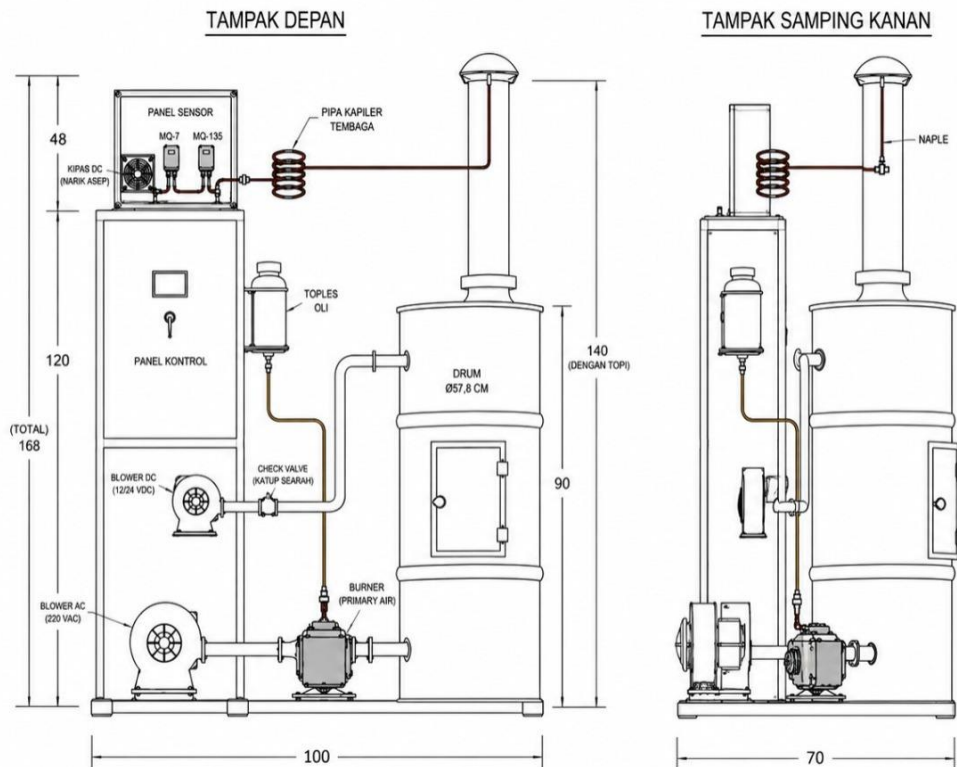
### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Design 2D dan 3D Alat Pembakaran Sampah



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## Lampiran 5. SOP Pengoperasian Alat



# PROSEDUR PENGUNAAN ALAT INCINERATOR SAMPAH **LOW EMISSION**



UTAMAKAN  
KESELAMATAN  
KERJA



AWAS  
LISTRIK



AWAS  
PANAS & API



Dokumen ini disusun berdasarkan integrasi prosedur operasional dari laporan Tugas Akhir Faiz Luthfi dan Lintang Alfiani sebagai panduan penggunaan incinerator sampah *low emission* dengan sistem *primary combustion* dan *secondary combustion*.

## A PERSIAPAN SEBELUM PENGOPERASIAN



1. Letakkan incinerator pada area terbuka, datar, memiliki sirkulasi udara yang baik, dan jauh dari bahan yang mudah terbakar.
2. Pastikan seluruh komponen mekanik dan kelistrikan telah terpasang dengan baik.
3. Periksa ketersediaan oli bekas pada tangki bahan bakar dan isi apabila diperlukan.
4. Pasang Cerobong Incinerator.
5. Pastikan pintu ruang bakar tertutup sebelum alat dinyalakan.
6. Hubungkan kabel daya ke sumber listrik 220 VAC.



DESAIN 3D INCINERATOR SAMPAH **LOW EMISSION**

## B MENYALAKAN SISTEM



1. Nyalakan MCB pada panel kontrol.
2. Pastikan LCD menampilkan data suhu dan status sistem.
3. Buka katup aliran oli sedikit menuju burner.
4. Nyalakan burner hingga api stabil.



PANEL KONTROL

## SPESIFIKASI SINGKAT

- Sistem Pembakaran : Primary & Secondary
- Suhu Aktivasi Blower :  $\geq 700^{\circ}\text{C}$
- Aktivasi Blower : Otomatis  $\pm 10\%$
- Bahan Bakar : Oli Bekas
- Kapasitas Sampah : Maks. 12 Kg
- Sumber Listrik : 220 VAC

## C PROSES PEMBAKARAN SAMPAH



1. Masukkan sampah setelah api stabil dengan kapasitas maksimum 12 Kg.
2. Tutup rapat pintu ruang bakar.
3. Biarkan proses *primary combustion* berlangsung.
4. Pantau suhu melalui LCD.



PANTAU  
SUHU  
MELALUI  
LCD

**NOTE** : Jangan melebihi kapasitas incinerator.

## D OPERASI OTOMATIS SECONDARY COMBUSTION



1. Sistem memantau suhu menggunakan *thermocouple* tipe K.
2. Blower DC tetap mati ketika suhu di bawah  $700^{\circ}\text{C}$ .
3. Pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$  blower DC aktif otomatis sekitar 10%.
4. Udara sekunder membantu pembakaran gas sisa sehingga emisi lebih rendah.



## PERHATIAN KESELAMATAN

- Gunakan APD lengkap saat mengoperasikan alat.
- Jauhkan bahan mudah terbakar dari area alat.
- Pastikan area berventilasi baik sebelum menyalakan alat.
- Jangan membuka pintu ruang bakar saat proses pembakaran masih berlangsung.
- Lakukan pengecekan rutin pada komponen alat.

## F MENGAKHIRI PROSES PEMBAKARAN



1. Tunggu hingga sampah menjadi abu.
2. Tutup aliran oli dan matikan burner.
3. Biarkan sistem mendingin.
4. Matikan MCB dan lepaskan sumber listrik bila selesai.



TUTUP  
ALIRAN OLI



BIARKAN  
MENDINGIN



MATIKAN  
MCB



LEPASKAN  
SUMBER  
LISTRIK

## GUNAKAN APD LENGKAP



SARUNG  
TANGAN



MASKER



KACAMATA  
SAFETY



SEPATU  
SAFETY



PAKAIAN  
KERJA



**LOW EMISSION  
BETTER ENVIRONMENT**

Disusun oleh :  
Faiz Luthfi  
Lintang Alfiani



Tanggal Penyusunan :  
**JULI 2026**



Utamakan Keselamatan Kerja  
Demi Kinerja yang Optimal



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### Lampiran 6. Poster

# INCINERATOR SAMPAH

## LOW EMISSION

Solusi Cerdas  
Kelola Sampah  
untuk Lingkungan  
yang Lebih Baik

PEMBAKARAN  
EFISIEN  
—  
EMISI  
LEBIH RENDAH

Incinerator sampah low emission dirancang dengan sistem primary combustion dan secondary combustion untuk memastikan pembakaran yang efisien, mengurangi emisi berbahaya, dan ramah lingkungan.




#### KEUNGGULAN

- PEMBAKARAN EFISIEN**  
Sistem pembakaran ganda untuk hasil yang optimal.
- EMISI LEBIH RENDAH**  
Mengurangi asap, bau, dan polusi udara.
- AMAN & TERKONTROL**  
Dilengkapi sistem kontrol suhu otomatis.
- RAMAH LINGKUNGAN**  
Solusi cerdas untuk kelola sampah lebih baik.

#### SISTEM PEMBAKARAN 2 TAHAP



**SAMPAH**  
Dimasukkan ke ruang bakar

→



**PRIMARY COMBUSTION**  
Pembakaran awal pada suhu tinggi

→



**SECONDARY COMBUSTION**  
Udara sekunder membakar gas sisa (≥ 700°C)

→



**EMISI RENDAH**  
Pembakaran sempurna, emisi lebih rendah, lebih ramah lingkungan



TEKNOLOGI PEMBAKARAN MODERN  
UNTUK LINGKUNGAN YANG LEBIH BAIK

▲ ▲



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### Lampiran 7. Source Code

```
#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <RTCLib.h>

#include <max6675.h>

#include <AverageValue.h>

#include "PWM.h"

#include <movingAvg.h>

// Pin Thermocouple
int thermoSO = 6;
int thermoCS = 4;
int thermoSCK = 5;

// Pin MQ7
const int MQ7 = A1;

// Pin MQ135
int MQ135Pin = A0;

// Pin L298N
#define ENA 44
#define IN1 26
#define IN2 28
int kipasDC = 0;

// Pin BTS7960
#define RPWM 9
#define LPWM 10
#define R_EN 7
#define L_EN 8
int BlowerDC = 0;

// Pin Blower AC
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
#define ZC_PIN 2
#define DIM_PIN 18

volatile unsigned int dimDelay = 9000;
int brightness = 0;
String inputData = "";
bool modeKalibrasi = false;

volatile bool zcDetected = false;
volatile unsigned long lastZCtime = 0;

void zeroCrossISR() {
  if (dimDelay >= 9000) {
    digitalWrite(DIM_PIN, LOW);
    return;
  }
  delayMicroseconds(dimDelay);
  digitalWrite(DIM_PIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(DIM_PIN, LOW);
}

// Konfigurasi Thermocouple, RTC, LCD I2C
MAX6675 thermocouple(thermoSCK, thermoCS, thermoSO);
RTC_DS3231 rtc;
char bufferTanggal[11];
char bufferJam[9];
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// Update Waktu
```

```
unsigned long prevThermo = 0;
unsigned long intervalThermo = 1000;
unsigned long prevRTC = 0;
unsigned long intervalRTC = 1000;
unsigned long prevMQ7 = 0;
unsigned long intervalMQ7 = 1000;
unsigned long prevMQ135 = 0;
unsigned long intervalMQ135 = 1500;
unsigned long prevSerial = 0;
unsigned long intervalSerial = 1000;
```

```
// Variabel data
```

```
float suhu = 0;
DateTime now;
float CO = 0;
float CO2 = 0;
```

```
//Parameter mq7
```

```
movingAvg avgTemp(50); // define the moving average object
```

```
const float VCC = 5.0;
const float RL = 10000.0;
```

```
float R0 = 2635.702;
float a = 135.9648908;
float b = -2.031602056;
```

```
float CO_reg = 0;
```

```
// Parameter MQ135
```

```
float Rload_MQ135 = 20000;
float r0_MQ135 = 57000;
float a_MQ135 = 110.7432567;
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
float b_MQ135 = -2.856935538;

float minppm_MQ135 = 0;

float maxppm_MQ135 = 0;

const long MAX_VALUES_NUM = 10;

AverageValue<float> averageValue(MAX_VALUES_NUM);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  avgTemp.begin();
  Wire.begin();

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();

  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("RTC Gagal Terdeteksi!");
    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print("RTC ERROR ");
  } else {
    if (rtc.lostPower()) {
      rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    }
  }
}

minppm_MQ135 = pow((1000/110.7432567), 1/-2.856935538);
maxppm_MQ135 = pow((10/110.7432567), 1/-2.856935538);
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
pinMode(ENA, OUTPUT);
pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);
digitalWrite(IN1, HIGH);
digitalWrite(IN2, LOW);
```

```
if (SetPinFrequency(RPWM, 25000)) {
    Serial.println("Frekuensi 25kHz OK");
    pinMode(RPWM, OUTPUT);
    pinMode(LPWM, OUTPUT);
    pinMode(R_EN, OUTPUT);
    pinMode(L_EN, OUTPUT);
    digitalWrite(R_EN, HIGH);
    digitalWrite(L_EN, HIGH);
}
```

```
pinMode(ZC_PIN, INPUT);
pinMode(DIM_PIN, OUTPUT);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(ZC_PIN), zeroCrossISR, RISING);
Serial.println("Dimmer Ready (0-255)");
}
```

```
void loop() {
    unsigned long currentMillis = millis();

    if (zcDetected) {
        zcDetected = false;
        unsigned long startWait = micros();
        while ((micros() - lastZCtime < dimDelay) && (micros() - startWait < 10000));
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
digitalWrite(DIM_PIN, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(DIM_PIN, LOW);
}

if (currentMillis - prevThermo >= intervalThermo) {
    prevThermo = currentMillis;
    suhu = thermocouple.readCelsius();
}

if (currentMillis - prevRTC >= intervalRTC) {
    prevRTC = currentMillis;
    now = rtc.now();
    sprintf(bufferTanggal, "%02d/%02d/%04d", now.day(), now.month(),
now.year());
    sprintf(bufferJam, "%02d:%02d:%02d", now.hour(), now.minute(),
now.second());
}

// Perhitungan MQ7
if (currentMillis - prevMQ7 >= intervalMQ7) {
    prevMQ7 = currentMillis;

    float adc = analogRead(MQ7);
    float avg = avgTemp.reading(adc);

    float RS = ((1023.0 * RL) / avg) - RL;
    float ratio = RS / R0;
    CO = a * pow(ratio, b);

    CO_reg= 0.65466089 * CO - 65.49184863;
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

}

// Perhitungan MQ135

if (currentMillis - prevMQ135 >= intervalMQ135) {

  prevMQ135 = currentMillis;

  int adcRaw = analogRead(MQ135Pin);

  double rs = ((1023.0 * Rload_MQ135) / adcRaw) - Rload_MQ135;

  float rsr0 = rs / r0_MQ135;

  if (rsr0 < maxppm_MQ135 && rsr0 > minppm_MQ135) {

    float ppm_MQ135 = a_MQ135 * pow((float)rs / (float)r0_MQ135,
b_MQ135);

    averageValue.push(ppm_MQ135);

    CO2 = averageValue.average();

  }

// KONTROL OTOMATIS BERDASARKAN SUHU

// Kipas DC selalu ON

kipasDC = 100;

if (suhu <= 700) {

  BlowerDC = 0;      // DC OFF

  brightness = 100;  // AC 100%

}

else if (suhu <= 800) {

  BlowerDC = 30;      // DC 30%

  brightness = 100;  // AC 100%

}

else {

  BlowerDC = 50;      // DC 50%

  brightness = 70;    // AC 70%

```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    }

    // Update dimmer AC

    dimDelay = map(brightness, 0, 255, 9000, 200);

    // Output
    analogWrite(ENA, 255); // Kipas DC selalu 100%
    analogWrite(RPWM, map(BlowerDC, 0, 100, 0, 255));
    analogWrite(LPWM, 0);
  }

  // Output LCD
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("Suhu: ");
  if (isnan(suhu)) lcd.print("ERROR  ");
  else { lcd.print(suhu, 1); lcd.print((char)223); lcd.print("C  "); }

  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.print("CO  : ");
  lcd.print(CO, 1); // Desimal float puluhan di LCD
  lcd.print(" PPM ");

  lcd.setCursor(1, 2);
  lcd.print("CO2 : ");
  lcd.print(CO2, 1);
  lcd.print(" PPM ");

  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("D:");

```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
lcd.print(BlowerDC);
lcd.print("% ");
```

```
lcd.print("A:");
lcd.print(brightness);
```

```
lcd.print(" ");
lcd.print(bufferJam);
```

```
// PENGIRIMAN DATA STREAMER EXCEL
```

```
if (!modeKalibrasi && currentMillis - prevSerial >= intervalSerial) {
  prevSerial = currentMillis;
  Serial.print(suhu, 1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(CO, 1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(CO2, 1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(BlowerDC);
  Serial.print(",");
  Serial.print(brightness);
  Serial.print(",");
  Serial.println(bufferJam);
}
```

```
// Baca Serial Input
```

```
while (Serial.available()) {
  char c = Serial.read();
  if (c == '\n') {
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// Proses pemisahan data string berdasarkan koma (Parsing CSV)
int indeksKoma1 = inputData.indexOf(',');
int indeksKoma2 = inputData.indexOf(',', indeksKoma1 + 1);

if (indeksKoma1 != -1 && indeksKoma2 != -1) {
    // Potong nilai string
    String strKipas = inputData.substring(0, indeksKoma1);
    String strBlower = inputData.substring(indeksKoma1 + 1, indeksKoma2);
    String strDimmer = inputData.substring(indeksKoma2 + 1);

    // Konversi ke Integer dan proteksi batas maksimal parameter data
    // kipasDC tidak dibaca dari serial karena selalu 100%
    BlowerDC = constrain(strBlower.toInt(), 0, 100);
    brightness = constrain(strDimmer.toInt(), 0, 255);
    // Kalkulasi delay interupsi untuk Dimmer AC
    dimDelay = map(brightness, 0, 255, 9000, 200);
}
inputData = ""; // Reset tampungan serial teks
} else {
    if (c != '\r' && inputData.length() < 40) {
        inputData += c;
    }
}
}
```