



© 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



**PENGENDALIAN SUHU TUNGKU MESIN PEMBUAT
ARANG DENGAN SISTEM PIROLISIS (ANAEROB)
SEDIKIT OKSIGEN**

**TUGAS AKHIR
POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

THEODORUS DANTE PINURBA

2203321065

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© 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



**Pengaturan Kecepatan Blower Berbasis PWM Menggunakan
BTS7960**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Tiga**

**THEODORUS DANTE PINURBA
2203321065**

**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.

Nama : Theodorus Dante Pinurba

NIM : 2203321065

Tanda Tangan :

Tanggal : 28 Juli 2026

**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

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir diajukan oleh :
Nama : Theodorus Dante Pinurba
NIM : 2203321065
Program Studi : Elektronika Industri
Judul Tugas Akhir : Pengendali Suhu Tungku Mesin Pembuat Arang dengan Sistem Pirolisis (anaerob) Sedikit Oksigen.
Sub Judul : Pengaturan Kecepatan Blower Berbasis PWM Menggunakan BTS-7960

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada, 20 Juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing 1 : Ihsan Auditia Akhinov, S.T.,M.T.
NIP. 193404242018031001

Pembimbing 2 : Dr. Elitaria Bestri Agustina Siregar, S.S.,M.A.
NIP. 198608262022032004

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 30 Juli 2026

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro


Dr. Murie Dwiyaniti, 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan penyertaan-Nya, sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengaturan Kecepatan Blower Berbasis PWM Menggunakan Pengaturan Kecepatan Blower Berbasis PWM Menggunakan BTS-7960” ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini merupakan bentuk perwujudan fisik dari sistem kendali digital yang diaplikasikan pada teknologi pirolisis biomassa. Fokus utama dari laporan ini adalah pada tahapan realisasi perangkat keras, integrasi sistem kelistrikan, hingga pengujian performa alat dalam kondisi suhu ekstrem. Penulis berharap implementasi teknologi tepat guna ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam optimalisasi pengolahan limbah menjadi produk bernilai ekonomis tinggi dalam proses pengerjaan dan penyelesaian laporan ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Murie Dwiyantri, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Ihsan Auditia Akhinov, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Elektronika Industri dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir;
3. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan material, dan moral, serta doa-doa yang menyertai;
4. Muhammad Radhitya Farhan, selaku rekan tim yang telah bekerja sama dengan baik dalam tahap sinkronisasi desain dan sistem.
5. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Elektronika Industri angkatan 2022 yang telah memberikan semangat dan berbagi ilmu selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi pengembangan teknologi ini di masa depan. Akhir kata, semoga karya ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan perkembangan dunia elektronika industri.

Depok, 28 Juli 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

Pengaturan Kecepatan Blower Berbasis PWM Menggunakan Pengaturan Kecepatan Blower Berbasis PWM Menggunakan BTS-7960

Abstrak

Pemanfaatan limbah biomassa padat yang melimpah di lingkungan sekitar, seperti batok kelapa, sekam padi, dan sisa potongan kayu, sejauh ini masih belum optimal, padahal komoditas tersebut menyimpan potensi kandungan energi termokimia besar untuk diolah menjadi produk arang karbon aktif bernilai ekonomi tinggi. Proses pembuatan arang yang dilakukan secara tradisional oleh masyarakat memiliki kelemahan mendasar pada sektor pengendalian suhu pembakaran yang sangat tidak stabil, sehingga mengakibatkan fasa dekomposisi berjalan fluktuatif dan menghasilkan kualitas arang akhir yang tidak seragam serta kurang matang. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengimplementasikan sebuah sistem pengaturan kecepatan putaran aktuator high-pressure blower sentrifugal DC berbasis variasi lebar pulsa digital atau Pulse Width Modulation (PWM) menggunakan modulasi driver motor H-Bridge BTS7960 guna akselerasi laju pencapaian temperatur tertinggi secara konstan pada unit tungku mesin pirolisis anaerob berkapasitas besar mencapai 200 liter. Sistem kendali digital terintegrasi ini memanfaatkan papan pengembangan mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai pusat pemroses logika utama, elemen sensor thermocouple Tipe-K berpelindung fisik, serta chip pengondisi sinyal data biner modul MAX6675 sebagai konverter komunikasi serial data berbasis SPI. Metodologi rancang bangun instrumentasi yang digunakan menerapkan sistem kontrol otomatis sirkuit tertutup (closed-loop control) dengan memodulasi tingkat persentase nilai duty cycle pulsa PWM digital ke gerbang sirkuit secara bertahap demi menjaga efisiensi konversi termal. Logika pemrograman dikondisikan secara khusus agar volume tiupan angin langsung bernilai maksimal saat deteksi awal suhu tungku masih berada pada fasa rendah untuk akselerasi fasa pemanasan mula (start-up phase). Kecepatan RPM kipas kemudian diprogram melambat secara gradual pada fasa transisi menengah mendekati parameter target, dan berada pada kondisi minimum/idle ketika grafik suhu riil telah menyentuh temperatur puncak operasional. Pembatasan asupan debit oksigen pembakaran luar ini sangat vital guna mengunci stabilitas termal tungku pirolisis tanpa memicu risiko kelebihan panas (overheating) pada sirkuit mekanik reaktor. Seluruh parameter pemantauan visual instrumentasi daya, termasuk visualisasi nilai batas panas (setpoint) konstan dan status pembacaan suhu aktual derajat Celsius, ditampilkan secara real-time melalui alamat register layar LCD 20x4 I2C. Hasil pengujian kelistrikan menunjukkan bahwa pengondisian sinyal PWM arus tinggi pada aktuator udara melalui pensaklaran transistor MOSFET driver BTS7960 terbukti andal dalam mempercepat laju pembakaran luar tungku untuk mencapai temperatur optimal secara responsif, mereduksi intervensi manual operator di lapangan, serta menjaga fasa stabilitas termal dekomposisi biomassa guna menghasilkan arang karbon aktif bermutu tinggi secara berkelanjutan.

Kata kunci: PWM Blower, BTS7960, Arduino Uno, Pengendali Suhu, Pirolisis .



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

PWM-Based Blower Speed Regulation Using an BTS-7960

Abstract

The industrial and commercial utilization of abundant solid biomass waste, such as raw coconut shells, discarded rice husks, and residual wood processing fragments, remains heavily suboptimal in contemporary waste management practices, despite its inherently high thermodynamic potential to be efficiently processed into high-economic-value activated carbon charcoal. The traditional charcoal-making process widely practiced by local micro-enterprises inherently suffers from severely unstable temperature control within the combustion chamber, resulting in non-uniform material carbonization and sub-standard charcoal quality. To overcome these critical limitations, this undergraduate final project aims to implement a highly responsive pulse width modulation (PWM)-based speed regulation system designed for a DC centrifugal high-pressure blower utilizing a heavy-duty BTS7960 H-Bridge motor driver. This integrated electronic panel is constructed specifically to accelerate the achievement of the maximum target temperature inside a large-scale 200-liter capacity anaerobic pyrolysis furnace. Structurally, this embedded system utilizes an Arduino Uno R3 micro-controller framework as the centralized primary controller, coupled with an industrialized K-type thermocouple sensor probe and a monolithic MAX6675 digitizing module acting as the high-speed SPI data converter. The applied electronic engineering method establishes a robust closed-loop automatic control system by continuously modulating the digital PWM output signal duty cycle progressively over runtime. The embedded control logic firmware is systematically programmed to maximize the blower's air supply velocity when the actual furnace temperature registers at a low state, thereby driving immediate start-up combustion acceleration. Subsequently, the system is designed to seamlessly decelerate the fan speed during the medium transition phase, and ultimately operate the actuator at a minimum idle state as the core temperature nears its optimal peak. This deliberate reduction of air volume is paramount to securely lock the furnace's internal thermal stability while successfully preventing devastating circuit overheating or structural rektor warping risks. All vital human-machine interface (HMI) visual monitoring parameters, including the hardcoded constant temperature target setpoint and real-time actual temperature status, are continuously displayed on a shielded I2C 20x4 character LCD screen. Ultimately, the empirical test results indicate that modulating the high-current PWM switching signal across the external air actuator successfully accelerates the external combustion rate of the furnace to reach its optimal operational thermal zone. This closed-loop configuration drastically reduces manual operator intervention while maintaining exceptional thermal stability throughout the prolonged biomass decomposition phase.

Keyword: PWM Blower, BTS7960, Arduino Uno, Temperature Controller, Pyrolysis.



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

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Luaran Wajib	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Tungku Pirolisis	7
2.3 Thermocouple Tipe-K	8
2.4 Modul MAX6675	9
2.5 Arduino Uno R3	11
2.6 Driver Motor BTS7960	12
2.7 Modul I2C Serial Interface LCD	13
2.8 LCD 20x4	14
2.9 Blower Sentrifugal DC	15
2.10 Power Supply 12V 5A	16
2.11 Step-Down LM2596	17
BAB III METODOLOGI	
3.1 Metodologi Perancangan (Model Prototyping)	19
3.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)	21
3.2.1 Alur Perancangan Perangkat Keras	22



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

3.3 Perancangan Perangkat LUNAK (Software)	26
3.3.1 Konsep Perancangan Perangkat Lunak	26
3.3.2 Alur Perancangan Perangkat Lunak	28
3.4 Rancangan Alat	30
3.4.1 Deskripsi Alat	32
3.4.2 Cara Kerja Alat	33
3.4.3 Spesifikasi Alat	34
3.4.4 Tahapan Kerja	35
3.4.4.1 Perancangan Fisik dan Mekanis	35
3.4.4.2 Perancangan dan Wiring Elektronik	36
3.5 Realisasi Alat	38
3.5.1 Flowchart.....	41
3.5.2 Blok Diagram	43
3.5.3 Visualisasi Alat	44
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Deskripsi Pengujian	60
4.2 Prosedur Pengujian	61
4.3 Data Hasil Pengujian	64
4.4 Analisa Data Pengujian PWM Blower	66
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	xi



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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar Penelitian Terdahulu	7
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat	44
Tabel 4. 1 Data dengan Blower Manual	75
Tabel 4. 2 Data Uji Coba Pembakaran Tungku Isi 80%	76
Tabel 4. 3 Data Uji Coba Pembakaran Tungku Isi 50%	76
Tabel 4. 4 Data Uji Coba Pembakaran Tungku Isi 30%	76





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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tungku Pirolisis	8
Gambar 2.2 Thermocouple Tipe-K	9
Gambar 2.3 Modul MAX6675	10
Gambar 2.4 Arduino Uno R3	11
Gambar 2.5 Driver Motor BTS7960	12
Gambar 2.6 Modul I2C Serial Interface LCD	13
Gambar 2.7 LCD 20×4.....	14
Gambar 2.8 Blower	15
Gambar 2.9 Power Supply 12V 5A.....	16
Gambar 2.10 Step-Down LM2596.....	17
Gambar 3.1 Flowchart Perancangan Perangkat Keras	25
Gambar 3.2 Flowchart Perancangan Perangkat Lunak	30
Gambar 3.3 Wiring Alat.....	38
Gambar 3.4 Visualisasi Alat	40
Gambar 3.5 Flowchart	42
Gambar 3.6 Blok Diagram	44
Gambar 4.1 Digital Infrared Thermometer Gun	65



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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup.....	xi
Lampiran 2 Dokumentasi Alat.....	xii
Lampiran 3 Dokumentasi Pengerjaan Alat.....	xiii
Lampiran 4 Poster	xiv
Lampiran 5 SOP	xv
Lampiran 6 Program	xvi





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

Limbah biomassa padat yang melimpah di lingkungan sekitar, seperti batok kelapa, sekam padi, sisa pengolahan kayu, dan limbah perkebunan lainnya, pada dasarnya memiliki potensi kandungan energi termokimia besar yang dapat dioptimalkan lebih lanjut melalui konversi teknologi pirolisis guna menghasilkan produk arang karbon aktif berkualitas tinggi. Karbon aktif atau arang aktif hasil dekomposisi ini memiliki nilai jual yang sangat tinggi di sektor pasar komersial maupun kebutuhan filtrasi industri berskala makro, proses pemurnian elemen gas, penyerapan kadar air, hingga pemisahan zat kimia atau logam berat beracun dalam limbah cair. Namun, realisasi konversi teknologi ramah lingkungan ini pada unit reaktor fisik berkapasitas besar mencapai 200 liter seringkali terbentur oleh kompleksitas mekanis, di mana keberhasilan proses dekomposisi termal secara anaerob (tanpa oksigen) sangat bergantung pada tingkat efisiensi pasokan energi kalor eksternal yang disalurkan secara terus-menerus. Masalah utama dan paling krusial yang kerap ditemui oleh operator di lapangan adalah sangat sulitnya mencapai serta mempertahankan fasa temperatur tertinggi secara konstan dalam rentang waktu yang lama apabila mekanisme pembakaran luar pada sirkuit tungku utama masih dikendalikan secara manual atau konvensional.

Pada sistem pembakaran luar proses konvensional, unit penyuplai oksigen yang dialirkan menuju ruang bakar luar reaktor umumnya hanya mengandalkan perangkat *high-pressure blower* sentrifugal jenis standar yang berputar secara konstan pada kecepatan penuh tanpa adanya modul kendali variabel yang fleksibel. Kondisi statis ini mengakibatkan distribusi pasokan udara dan gas di dalam sirkuit pembakaran menjadi tidak seimbang serta fluktuatif; embusan angin yang terlampaui besar justru berisiko tinggi mendinginkan dinding luar reaktor akibat efek konveksi udara paksa, sementara pasokan tiupan angin yang terlalu lemah membuat pasokan bahan bakar oli bekas tidak dapat teroksidasi secara sempurna sehingga menghasilkan jelaga hitam. Akibat ketidakseimbangan pasokan oksigen tersebut, tingkat temperatur tertinggi yang dibutuhkan untuk memicu retensi fasa termal pembukaan pori-pori mikro karbon aktif (yaitu pada suhu ekstrem di atas

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

600 °C hingga mendekati 1.000 °C) menjadi sangat sulit untuk dicapai secara optimal. Ketiadaan kontrol parameter kecepatan aktuator yang adaptif ini pada akhirnya memicu pemborosan energi bahan bakar yang masif, memperpanjang durasi operasional produksi dari jam ke jam, serta menurunkan mutu karakteristik arang secara drastis akibat tingkat kematangan material yang tidak seragam. Oleh karena itu, sirkuit ini mutlak memerlukan sebuah sistem pengendali otomatis terintegrasi yang mampu memodulasi nilai tegangan listrik masuk pada kumparan motor blower secara dinamis dan responsif berdasarkan dinamika pembacaan suhu riil.

Sebagai bentuk pemecahan masalah teknis di lapangan, maka pada proyek Tugas Akhir ini diimplementasikan metode pengaturan kecepatan putaran motor blower berbasis modulasi lebar pulsa atau sinyal digital *Pulse Width Modulation* (PWM) yang diintegrasikan secara langsung dengan modul elektronika daya AC *Light Dimmer* produksi Robotdyn. Pemanfaatan keluaran sinyal digital PWM yang dibangkitkan dari pin sirkuit terpadu mikrokontroler Arduino Uno R3 dirancang secara khusus untuk mengendalikan waktu penundaan pemicuan (*firing delay*) pada kaki gerbang TRIAC (*Triode for Alternating Current*) yang terpasang di atas papan sirkuit AC Dimmer setelah mendeteksi pulsa interupsi *Zero Crossing Detection* dari gelombang sinus jala-jala PLN. Mekanisme pemotongan fasa (*phase cutting*) gelombang tegangan sinus bolak-balik (AC) ini memungkinkan nilai tegangan RMS (*Root Mean Square*) yang masuk menuju lilitan aktuator udara dapat diubah secara gradual, linier, dan otomatis berdasarkan kalkulasi selisih penyimpangan (*error*) pembacaan sensor *thermocouple* Tipe-K. Melalui pendekatan kendali digital PWM ini, laju pengasupan volume oksigen ke dalam ruang bakar luar dapat diatur secara presisi, di mana siklus kerja (*duty cycle*) sinyal pemicuan akan otomatis membesar saat sistem membutuhkan akselerasi kalor menuju temperatur tertinggi, dan akan mengecil secara gradual ketika target suhu operasional pirolisis telah terpenuhi guna menghemat konsumsi energi.

Pemilihan fokus sub-judul yang menitikberatkan pada aspek implementasi fisik ini didasarkan pada urgensi pemecahan masalah interferensi kelistrikan industri di lingkungan lapangan sesungguhnya, yang mana fenomena tersebut tidak akan pernah dapat diselesaikan secara tuntas jika hanya melalui tahapan simulasi

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

perangkat lunak atau perancangan teori di atas kertas. Aktivitas pensaklaran cepat (*high-speed switching*) komponen semikonduktor TRIAC pada modul AC Dimmer untuk mengatur beban induktif motor listrik blower berdaya 370 Watt secara kontinu berpotensi besar menghasilkan fluktuasi riak gelombang (*ripple voltage*) yang tinggi serta gangguan elektromagnetik konduktif (*conductive noise*). Gangguan frekuensi tinggi ini sangat rentan memicu distorsi data biner pada jalur komunikasi serial SPI (*Serial Peripheral Interface*) milik modul pengondisi sinyal Modul MAX6675 , bahkan dapat memicu kegagalan fungsi internal (*hardware crash* atau *auto-restart*) pada sirkuit logika mikrokontroler Arduino Uno akibat fenomena penurunan tegangan mendadak (*voltage drop*). Melalui pelaksanaan Tugas Akhir ini, penulis secara khusus mengkaji dan merealisasikan langkah perlindungan sirkuit, termasuk implementasi pengisolasian tegangan tinggi melalui komponen optokopler internal, penerapan teknik pengawatan (*wiring panel*) standar industri untuk mereduksi efek *Cross-Talk*, menambahkan kapasitor *decoupling*, serta menyusun pemetaan program interupsi eksternal yang presisi. Dengan realisasi sistem kendali PWM blower yang kokoh dan terisolasi ini, diharapkan akselerasi peningkatan suhu menuju fasa temperatur tertinggi pada tungku reaktor pirolisis dapat dicapai secara aman, responsif, stabil, dan andal untuk jangka panjang.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana melakukan integrasi dan perakitan fisik komponen elektronik pada unit tungku pirolisis agar sistem bekerja dengan stabil?
2. Bagaimana mengimplementasikan perangkat lunak kontrol suhu ke dalam mikrokontroler untuk mengatur kecepatan blower?
3. Bagaimana performa nyata sistem dalam menjaga kestabilan suhu tungku saat dioperasikan pada kondisi panas ekstrem?

1.3 Batasan Masalah

1. Pengaturan kecepatan putaran motor blower-
2. Pengendalian motor AC bolak-balik dalam sistem ini murni mengandalkan modulasi lebar pulsa digital atau sinyal Pulse Width Modulation (PWM).



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

3. Penentuan sudut pemicuan gerbang (firing delay) pada TRIAC hanya memanfaatkan pulsa referensi waktu gelombang sinus yang dibaca melalui rangkaian interupsi eksternal Zero Crossing Detection dari jala-jala PLN.
4. Pembacaan parameter panas tungku dibatasi pada temperatur aktual di dalam ruang bakar luar reaktor pirolisis anaerob kapasitas 200 liter menggunakan Thermocouple Tipe-K terisolasi dan pengondisi sinyal IC MAX6675.

1.4 Tujuan

1. Mewujudkan implementasi modul AC Light Dimmer berbasis TRIAC untuk mengatur kecepatan putaran motor high-pressure blower sentrifugal secara aman dan stabil..
2. Mampu menyusun logika program PWM pada Arduino Uno R3 yang sinkron dengan interupsi Zero Crossing Detection untuk memotong fasa tegangan AC secara presisi.
3. Mampu mengatasi dan mereduksi gangguan interferensi elektromagnetik (switching noise) akibat aktivitas pensaklaran TRIAC melalui isolasi kelistrikan yang aman.
4. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran blower terhadap akselerasi laju pembakaran untuk mencapai fasa temperatur tertinggi tungku pirolisis.

1.5 Luaran Wajib

1. Prototipe Pengendali Suhu Tungku Mesin Pembuat Arang
2. Laporan Tugas Akhir.
3. SOP

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 PENUTUPAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun, realisasi perangkat keras, dan pengujian performa sistem kontrol otomatis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan fungsional sebagai berikut:

1. Realisasi Perangkat Keras Utama: Sistem pengaturan kecepatan *high-pressure blower* sentrifugal DC menggunakan *driver* motor *H-Bridge* BTS7960 berhasil dirancang, dirakit, dan diintegrasikan secara fisik ke dalam box panel kontrol hager.
2. Akurasi Pengondisian Sinyal: Papan pengembangan Arduino Uno R3 sukses memproses konversi data biner 12-bit secara *real-time* dari modul transmisi SPI MAX6675 yang terhubung langsung dengan sensor *Thermocouple* Tipe-K untuk memantau fluktuasi kalor tungku pirolisis.
3. Efektivitas Logika Bergradasi: Implementasi logika pemrograman *Pulse Width Modulation* (PWM) bertingkat pada fungsi *void loop()* terbukti responsif dalam menggeser nilai *duty cycle* penggerak motor secara otomatis berdasarkan parameter batasan fasa suhu (nilai PWM 80 saat kondisi awal di bawah 100 °C, dan nilai PWM 50 saat fasa menengah transisi pirolisis).
4. Stabilitas Termal Tungku: Variasi kecepatan angin yang dihembuskan oleh blower keong DC terbukti andal dalam akselerasi laju pembakaran awal, mengunci stabilitas temperatur operasional, serta meminimalkan risiko fluktuasi panas berlebih (*overheating*) pada reaktor anaerob kapasitas 200 liter.
5. Keandalan Proteksi Kelistrikan: Pembagian jalur distribusi daya menggunakan kombinasi *Switching Power Supply* 12V 5A dan regulator *Step-Down* LM2596 sukses menyuplai tegangan logika 5V DC konstan, sehingga mampu mereduksi gangguan *switching noise* MOSFET driver serta mencegah fenomena macet sistem (*hardware crash*) pada mikrokontroler

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

5.2 Saran

Beberapa saran konstruktif yang dapat diberikan untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem pengaturan kecepatan blower di masa mendatang adalah sebagai berikut:

1. **Optimasi Algoritma Kendali Udara:** Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk meng-upgrade algoritma kontrol dari sistem bertingkat (*multi-step control*) konvensional menjadi metode kontrol cerdas seperti *Proportional-Integral-Derivative* (PID) atau *Fuzzy Logic Controller*. Hal ini sangat penting guna menghasilkan transisi pulsa PWM yang lebih halus (*smooth*) serta meminimalkan nilai *overshoot* temperatur saat tungku mendekati titik *setpoint* optimal.
2. **Peningkatan Manajemen Termal Driver:** Mengingat *driver motor H-Bridge* BTS7960 melewati arus DC yang besar secara kontinu saat memacu *blower* sentrifugal, disarankan untuk menambahkan kipas pendingin DC (*exhaust fan*) tambahan yang dipasang tegak lurus menembus sirip aluminium (*heatsink*) bawaan driver di dalam box panel. Langkah preventif ini krusial untuk mencegah terjadinya fenomena *thermal shutdown* akibat akumulasi panas pada transistor MOSFET.
3. **Implementasi Pengondisian Sinyal Ekstra:** Untuk lebih menjamin integritas transmisi data biner komunikasi serial SPI pada modul MAX6675 dari risiko gangguan riak gelombang (*switching noise*), disarankan untuk mengganti kabel probe biasa dengan tipe kabel *shielded twisted pair* grounded eksternal serta memperbesar nilai penapis kapasitor *decoupling* pada bus tegangan 5V.
4. **Integrasi Modul Data Logger:** Disarankan untuk menambahkan modul *Real-Time Clock* (RTC) yang dipadukan dengan modul micro SD *card logger* atau sirkuit Internet of Things (IoT) pada papan Arduino. Penambahan fitur ini sangat berguna untuk merekam grafik korelasi data suhu aktual terhadap fluktuasi pergeseran siklus kerja (*duty cycle*) PWM blower secara otomatis dan berkelanjutan untuk keperluan analisis data yang lebih komprehensif.



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

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R., Prabowo, H., & Kurniawan, D. (2021).
Rancang Bangun Sistem Pemantau dan Kendali Suhu Ruang Pirolisis Berbasis Arduino. *Jurnal Elkomika*, 9(2), 241–250 (p. 18).
- Hafni, A. R., dkk. (2017).
Alat Elektronik Pemakaian Air Menggunakan Liquid Crystal Display (LCD) 20x4. *Orbith: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 13(2), 85–92.
- Amin, M., Hidayat, N., & Sitorus, R. J. (2022).
Optimasi Pembakaran Menyeluruh pada Reaktor Pirolisis Biomassa. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 15(2), 95–102 (p. 18).
- De Souza, T. P., Ribeiro, M. C., & Almeida, J. A. S. (2021).
Understanding the Impacts of Pyrolysis Temperature on the Energy Quality of Charcoal. *Biomass and Bioenergy*, 148, 106–115 (p. 19).
- Gultom, H. S., Wijaya, B., & Siahaan, M. R. (2024).
Strategi Pengendalian Temperatur dan Tekanan untuk Meningkatkan Kinerja Proses Pirolisis. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 8(2), 73–81 (p. 17).
- Hakim, A. R., Susilo, T. B., & Prasetyo, I. (2021).
Sistem Kontrol Suhu Dan Laju Pemanasan Proses Pirolisis dengan Metode PID. *Jurnal Rekayasa Proses*, 15(3), 112–121 (p. 17).
- Jendri, J., Ramdhani, M., & Hambali, E. (2020).
Sistem Kontrol Suhu dan Laju Pemanasan Alat Pirolisis. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, 12(2), 85–94 (p. 17).
- Juliastuti, N. L. G. R., Sugita, I. M., & Sudiarta, G. A. K. R. (2023).
Pengaruh Suhu dan Waktu Pirolisis terhadap Karakteristik Arang dari Tempurung Kelapa. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanik*, 12(1), 18–25 (p. 18).
- Litik, F. T. S., Wibowo, A. S., & Susanto, R. (2023).
Rancang Bangun Sistem Pemantau dan Kendali Suhu Pada Model Alat Pirolisis. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 12(1), 45–52 (p. 17).
- Suarjaya, I. G. A. M. D., Putra, I. K. G. S., & Widyantara, I. M. O. (2023).
Rancang Bangun Reaktor Pirolisis Biomassa dan Plastik Berbasis IoT. *Jurnal Spektrum*, 10(3), 134–142 (p. 19).



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

Widiatmoko, W., Supriadi, S., & Budiman, A. (2022).

Design of Temperature Monitoring Equipment for Furnaces Based on Arduino Uno. *International Journal of Electronic and Electrical Engineering*, 14(4), 310–318 (p. 18).

Jauhari, A., dkk. (2020).

Catu Daya Digital Menggunakan LM2596 Berbasis Mikrokontroler Arduino. *J3EIT: Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*, 3(2), 45-52.

Jendri, J., Ramdhani, M., dkk. (2020).

Sistem Kontrol Suhu dan Laju Pemanasan Alat Pirolisis. *JNTETI (Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi)*, 9(3), 210–218.

Parapat, R. Y., dkk. (2026).

Strategi Pengendalian Temperatur dan Tekanan untuk Meningkatkan Kinerja Proses Pirolisis. *Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)*, 3(2), 1–18.

Prasetyo, J., dkk. (2020).

Sistem Kontrol Suhu Dan Laju Pemanasan Proses Pirolisis. *Jurnal Elkolind*, 7(1), 32-40.

Setiawan, B., dkk. (2024).

Desain Perancangan Buck Converter Berbasis IC LM2596. *JSIT: Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 1(2), 12-18.

Suryantoro, H., dkk. (2026).

Pengembangan Sistem Monitoring Perangkat Elektronik Menggunakan Layar Antarmuka LCD I2C 20x4. *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, 14(1), 112–119.



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

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

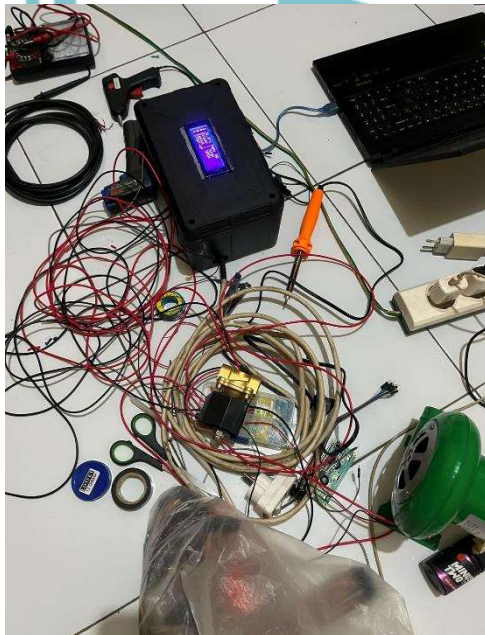
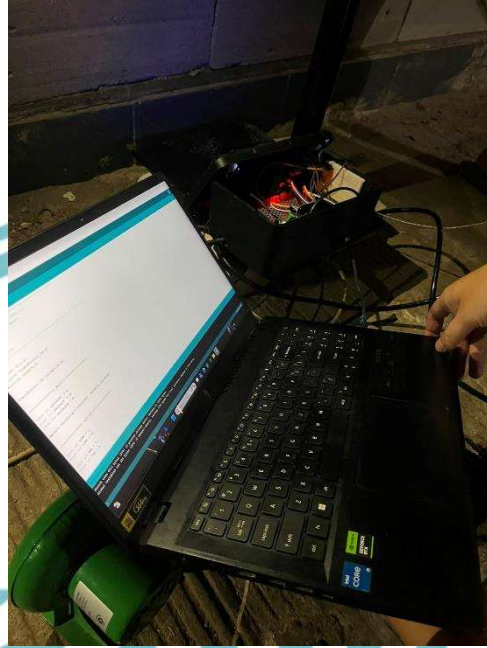


Theodorus Dante Pinurba

Anak Pertama dari 2 bersaudara, lahir di Jakarta, 15 Februari 2004. Lulus dari SDS Strada Van Lith 2 tahun 2016, SMP Strada Santa Anna tahun 2019, SMA Santo Antonius tahun 2022. Gelar diploma tiga (D3) diperoleh pada tahun 2026 dari jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Lampiran 2 Dokumentasi Alat



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

Lampiran 3 Dokumentasi Pengerjaan Alat



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 :

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 4 Poster



PERANCANGAN PENGENDALI SUHU TUNGKU MESIN PEMBUAT ARANG DENGAN SISTEM PIROLISIS (ANAEROB) SEDIKIT OKSIGEN

01 LATAR BELAKANG

Kebutuhan arang batok kelapa berkualitas semakin meningkat untuk keperluan industri, rumah tangga, dan ekspor. Namun, proses pembuatan arang secara konvensional masih bergantung pada pengalaman operator sehingga suhu pembakaran sulit dikontrol, kualitas arang tidak seragam, serta gas hasil pirolisis belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu dirancang sistem kontrol tungku pirolisis berbasis Arduino Uno yang mampu melakukan monitoring suhu secara real-time, mengatur kecepatan blower secara otomatis, serta mengendalikan dua buah solenoid valve untuk pembuangan dan resirkulasi gas hasil pirolisis.

02 TUJUAN

Merancang dan membangun sistem kontrol tungku pirolisis berbasis Arduino Uno yang mampu:

- Memonitor suhu menggunakan sensor Thermocouple Type-K dan MAX6675.
- Mengontrol kecepatan blower secara otomatis menggunakan BTS7960.
- Mengendalikan dua buah solenoid valve berdasarkan suhu proses.
- Menampilkan kondisi sistem secara real-time pada LCD I2C 20×4.

03 FUNGSI

Sistem berfungsi untuk menjaga kestabilan suhu proses karbonisasi sehingga menghasilkan arang yang lebih baik. Selain itu sistem dapat mengatur blower secara otomatis, mengalihkan aliran gas hasil pirolisis menggunakan solenoid valve, serta memberikan informasi kondisi proses kepada operator melalui LCD.

04 CARA KERJA SISTEM

- Arduino melakukan inisialisasi seluruh perangkat.
- MAX6675 membaca suhu tungku.
- LCD menampilkan suhu dan status sistem.
- Suhu $<100^{\circ}\text{C}$ → Blower PWM 80.
- Suhu $\geq 100^{\circ}\text{C}$ → Blower PWM 50.
- Suhu $\leq 600^{\circ}\text{C}$
- Valve 1 OPEN
- Valve 2 CLOSE
- Suhu $>600^{\circ}\text{C}$
- Valve 1 CLOSE
- Valve 2 OPEN
- Sistem bekerja terus hingga proses karbonisasi selesai.



Lampiran 5 SOP



POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP)

PENGOPERASIAN TUNGKU MESIN PEMBUAT ARANG SISTEM PIROLISIS

1. Tujuan
SOP ini bertujuan sebagai pedoman dalam pengoperasian tungku mesin pembuat arang agar proses pirolisis berlangsung dengan aman, efektif, dan menghasilkan arang berkualitas.

2. Ruang Lingkup
SOP ini berlaku untuk seluruh proses pengoperasian alat mulai dari persiapan, pengoperasian, monitoring, hingga penghentian sistem.

3. Peralatan

- Tungku pirolisis
- Arduino Uno
- Sensor Thermocouple Type-K + MAX6675
- LCD I2C 20x4
- Driver BTS7960
- Blower DC
- Solenoid Valve 1 (Pembuangan Syngas)
- Solenoid Valve 2 (Sirkulasi Syngas)
- Catu daya (Power Supply)
- Biomassa (kayu/tempurung kelapa)

4. Alat Pelindung Diri (APD)
Sebelum mengoperasikan alat wajib menggunakan:

- Sarung tangan tahan panas
- Kacamata keselamatan
- Masker
- Sepatu safety

5. Pemeriksaan Sebelum Operasi
Pastikan:

- ☐ Semua kabel terhubung dengan baik.
- ☐ Power supply dalam kondisi normal.
- ☐ Sensor thermocouple terpasang dengan benar.
- ☐ Blower dapat berputar dengan normal.
- ☐ Solenoid valve dapat membuka dan menutup.
- ☐ Tidak terdapat kebocoran pada tungku.
- ☐ Biomassa telah dimasukkan ke dalam reaktor.
- ☐ Tutup tungku telah dikunci rapat.

6. Prosedur Pengoperasian

6.1 Menyalakan Sistem

- Hubungkan alat ke sumber listrik.
- Nyalakan sakelar utama.
- LCD akan menampilkan tampilan awal sistem.
- Pastikan suhu awal terbaca dengan normal.

6.2 Menyalakan Tungku

- Nyalakan api pada ruang pembakaran.
- Tutup kembali pintu pembakaran.
- Amati kenaikan suhu melalui LCD.

6.3 Proses Pirolisis

- Selama proses berlangsung:
- Sensor membaca suhu secara real-time.
- Arduino mengendalikan kecepatan blower.
- Solenoid valve bekerja otomatis sesuai logika program.
- Operator hanya melakukan monitoring.

6.4 Monitoring

- Periksa secara berkala:
- Suhu tungku
- Kondisi blower
- Status Solenoid Valve 1
- Status Solenoid Valve 2
- Kondisi nyala api
- Asap yang keluar dari cerobong

7. Penghentian Sistem

- Apabila proses selesai:
- Matikan sumber api.
- Biarkan suhu turun secara bertahap.
- Matikan blower.
- Matikan sistem kontrol.
- Putuskan sumber listrik.
- Tunggu hingga suhu tungku aman (<50°C).
- Buka tutup tungku.
- Keluarkan arang.

8. Larangan

- Jangan membuka tutup tungku saat suhu masih tinggi.
- Jangan menyentuh bagian logam tanpa APD.
- Jangan mengoperasikan alat saat terjadi kebocoran gas.
- Jangan mematikan sistem secara paksa ketika proses pirolisis masih berlangsung.
- Jangan meninggalkan alat tanpa pengawasan dalam waktu lama.

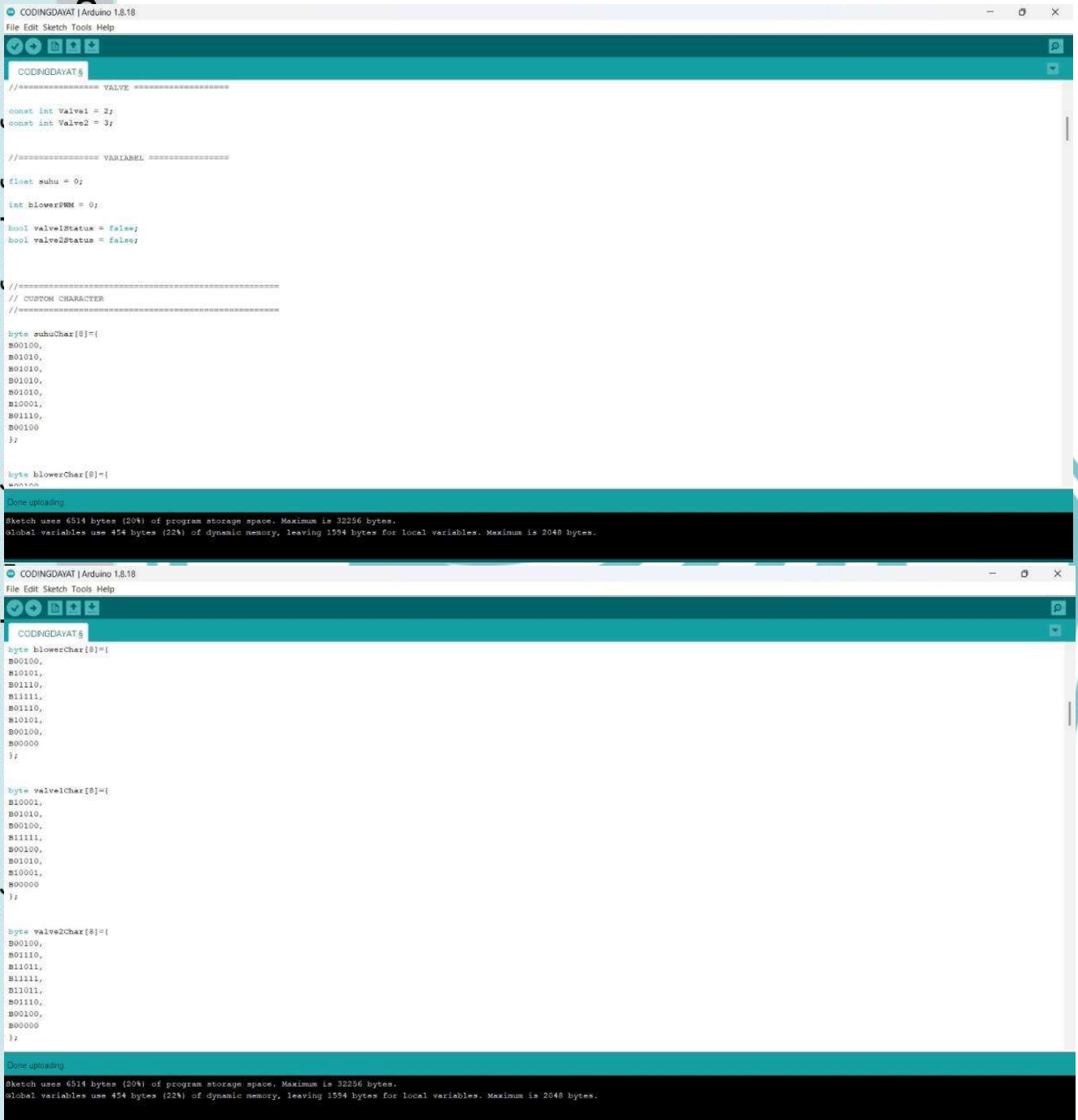
Hak Cipta :

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 Program

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



```

CODINGDAYAT $
//===== VALVE =====
const int Valve1 = 2;
const int Valve2 = 3;

//===== VARIABEL =====
float suhu = 0;
int blowerPWM = 0;
bool valve1Status = false;
bool valve2Status = false;

//===== CUSTOM CHARACTER =====
//=====
byte suhuChar[8]={
  B00100,
  B01010,
  B01010,
  B01010,
  B01010,
  B10001,
  B01110,
  B00100
};

byte blowerChar[8]={
  B00100
};

Done uploading.
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1554 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

CODINGDAYAT $
byte blowerChar[8]={
  B00100,
  B10101,
  B01110,
  B11111,
  B01110,
  B10101,
  B00100,
  B00000
};

byte valve1Char[8]={
  B10001,
  B01010,
  B00100,
  B11111,
  B00100,
  B01010,
  B10001,
  B00000
};

byte valve2Char[8]={
  B00100,
  B01110,
  B11011,
  B11111,
  B11011,
  B01110,
  B00100,
  B00000
};

Done uploading.
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1554 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
  
```

```

CODINGDAYAT $
*****
* TOKOH PEMBUAT BANGUN BINGKISIS
* POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
* Arduino Uno
* MAX6675
* DS18B20
* DCD I2C 20x4
*****

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <max6675.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

//***** MAX6675 *****
const int thermoSO = 4;
const int thermoCB = 5;
const int thermoSCK = 6;
MAX6675 thermocouple(thermoSCK, thermoCB, thermoSO);

//***** DS18B20 *****
const int RPM1 = 9;
const int LPM1 = 10;

const int REN = 7;
const int LEN = 8;

Done uploading.
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1554 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

```

CODINGDAYAT $
void setup()
{
  pinMode(RPM1,OUTPUT);
  pinMode(LPM1,OUTPUT);

  pinMode(REN,OUTPUT);
  pinMode(LEN,OUTPUT);

  pinMode(Valve1,OUTPUT);
  pinMode(Valve2,OUTPUT);

  // Enable DS18B20
  digitalWrite(REN,HIGH);
  digitalWrite(LEN,HIGH);

  // awal blower mati
  analogWrite(RPM1,0);
  analogWrite(LPM1,0);

  // awal valve
  digitalWrite(Valve1,LOW);
  digitalWrite(Valve2,LOW);

  delay(1000);

Done uploading.
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1554 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

- 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 mengutipkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
CODINGDAYAT $  
  
led.init();  
led.backlight();
```

```
led.createChar(0, suhuChar);  
led.createChar(1, blowerChar);  
led.createChar(2, valve1Char);  
led.createChar(3, valve2Char);
```

```
splashScreen();  
}
```

```
//=====  
// BACA Suhu  
//=====  
  
void bacaSuhu()  
{  
  suhu = thermocouple.readCelsius();  
  
  if (isnan(suhu))  
  {  
    suhu = 0;  
  }  
}
```

```
Done uploading  
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.  
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
```

```
CODINGDAYAT $  
}
```

```
//=====  
// KONTROL BLOWER  
//=====  
  
void kontrolBlower()  
{  
  // 0 - 500 C  
  if (suhu < 500)  
  {  
    blowerPWM = 100;  
  }  
  
  // 500 - 600 C  
  else if (suhu >= 500 && suhu < 600)  
  {  
    blowerPWM = 80;  
  }  
  
  // 600 C KEATAS  
  // --
```

```
Done uploading  
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.  
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
```

Arduino IDE on COM5

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

CODINGDAYAT $

//=====
// SPLASH SCREEN
//=====

void splashScreen()
{
    led.clear();

    led.setCursor(0,0);
    led.print("Tunggu Pembuatan");

    led.setCursor(0,1);
    led.print("Arang Pirolelis");

    led.setCursor(0,2);
    led.print("Teknik Elektro");

    led.setCursor(0,3);
    led.print("POLITEKNIK JKP");

    delay(3000);

    led.clear();
}

//=====
// SETUP
//=====

Done uploading
Sketch uses 4514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

```

CODINGDAYAT | Arduino 1.8.18
File Edit Sketch Tools Help

CODINGDAYAT $

if(suhu < 500)
{
    valve1Status = true;
    valve2Status = false;

    digitalWrite(Value1,HIGH);
    digitalWrite(Value2,LOW);
}

// Suhu >=500
// Valve1 CLOSE
// Valve2 OPEN

else
{
    valve1Status = false;
    valve2Status = true;

    digitalWrite(Value1,LOW);
    digitalWrite(Value2,HIGH);
}

Done uploading
Sketch uses 4514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

CODINGDAVAT \$

```
//=====
// LCD DISPLAY
//=====

void tampilLCD()
{
    // DATA 1 SURU
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.write(byte(0));
    lcd.print(" SURU");
    lcd.setCursor(7,0);
    lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(7,0);
    lcd.print(suhu,1);
    lcd.print((char)223);
    lcd.print("C");
}
```

Done uploading.
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

CODINGDAVAT | Arduino 1.8.18
File Edit Sketch Tools Help

CODINGDAVAT \$

```
else
{
    blowerPWM = 50;
}

// Output B077560
analogWrite(RPWM,blowerPWM);
analogWrite(LPWM,0);
}

//=====
// KONTROL VALVE
//=====

void kontrolValve()
{
    // SURU < 500
    // Valve1 OPEN
    // Valve2 CLOSE

    //=====
}
```

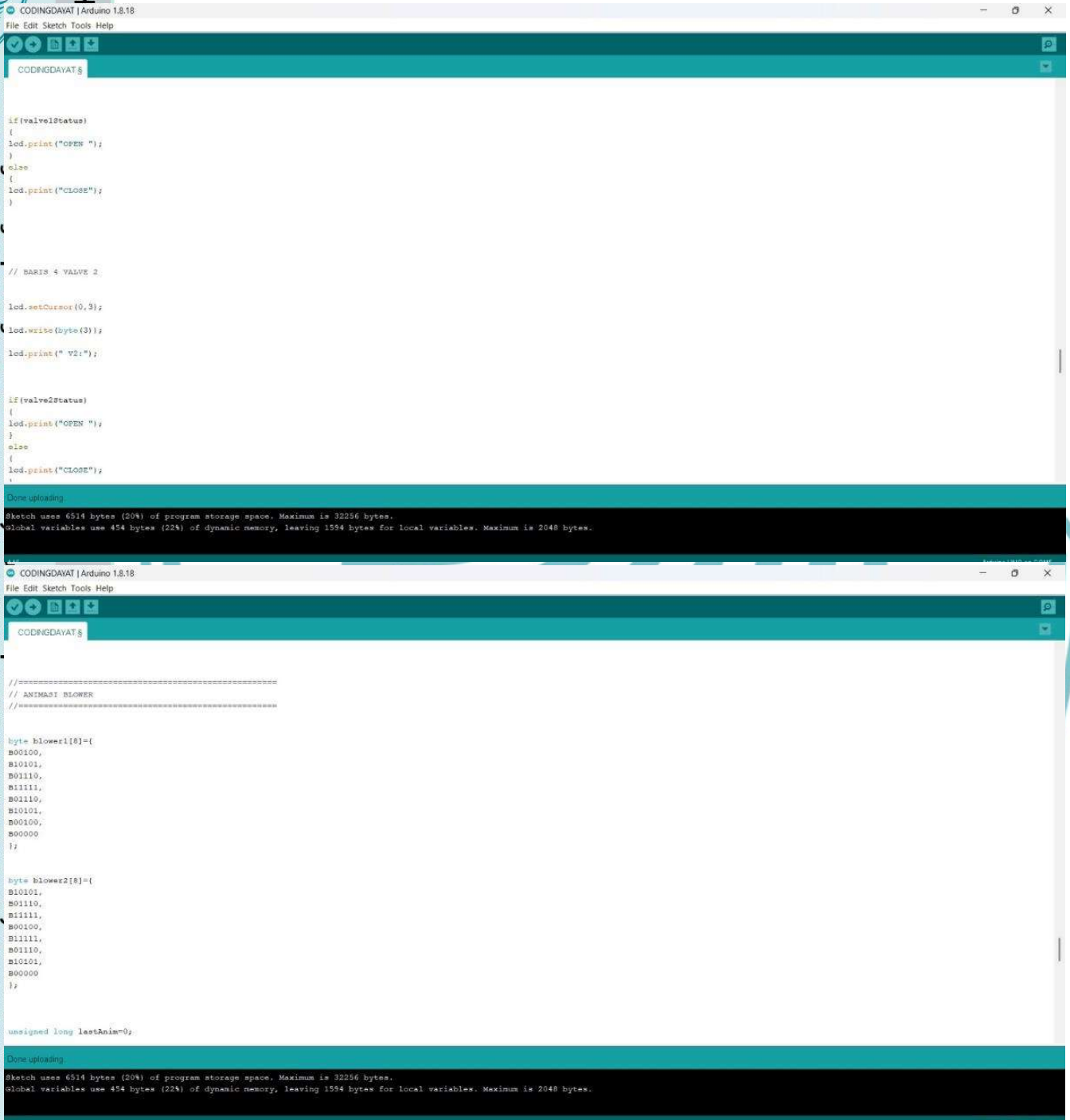
Done uploading.
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

146

Arduino IDE on C:\MS

- 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

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



```

CODINGDAVAT | Arduino 1.8.18
File Edit Sketch Tools Help

if (valve1status)
{
  led.print("OPEN ");
}
else
{
  led.print("CLOSE");
}

// BARIK 4 VALVE 2

led.setCursor(0,3);
led.write(byte(3));
led.print(" V2:");

if (valve2status)
{
  led.print("OPEN ");
}
else
{
  led.print("CLOSE");
}

Done uploading
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

CODINGDAVAT | Arduino 1.8.18
File Edit Sketch Tools Help

//=====
// ANIMASI BLOWER
//=====

byte blower1[8]={
  000100,
  010101,
  001110,
  011111,
  001110,
  010101,
  000100,
  000000
};

byte blower2[8]={
  010101,
  001110,
  011111,
  000100,
  011111,
  001110,
  010101,
  000000
};

unsigned long lastAnim=0;

Done uploading
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

```

CODINGDAVAT $
// BARIK 2. PIR
led.setOutbox(0,1);
led.write(byte(1));
led.print(" PIR :");
led.setOutbox(7,1);
led.print(" ");
led.setOutbox(7,1);
led.print(blowerPIR);

// BARIK 3. VALVE 1
led.setOutbox(0,2);
led.write(byte(2));
led.print(" V1:");

```

```

if(valve1Status)
{
Done uploading.
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
}

```

```

CODINGDAVAT $
unsigned long lastAnim=0;
bool frame=false;

void animasiBlower()
{
if(millis()-lastAnim>300)
{
lastAnim=millis();
if(frame)
led.createChar(1,blower1);
else
led.createChar(1,blower2);
frame=!frame;
}
}

// =====
// CER. SENSOR
// =====

```

```

Done uploading.
Sketch uses 6514 bytes (20%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 454 bytes (22%) of dynamic memory, leaving 1594 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta