© 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

DETEKSI KUALITAS PENGAPIAN BERDASARKAN WARNA PERCIKAN API BUSI MENGGUNAKAN SENSOR WARNA

TUGAS AKHIR

Amir Musyaffa
2303321037

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

DETEKSI KUALITAS PENGAPIAN BERDASARKAN WARNA PERCIKAN API BUSI MENGGUNAKAN SENSOR WARNA

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Diploma Tiga

Amir Musyaffa

2303321037

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

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	**: Amir Musyaffa**
NIM	**: 2303321037**
Tanda Tangan	**:**
Tanggal	**: 08 Juli 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

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama	: Amir Musyaffa
NIM	: 2303321037
Program Studi	: Elektronika Industri
Sub Judul	: Deteksi Kualiatas Pengapian Berdasarkan Warna Percikan Api Busi Menggunakan Sensor Warna
Judul Tugas Akhir	: Rancang Bangun Alat Uji Koil Busi Kendaraan Untuk Deteksi Kebocoran Isolasi dan Kualitas Warna Percikan Api

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Rabu. 08 Juli 2026 dan dinyatakan **LULUS.**

Pembimbing I : Ihsan Auditia A, S,T.,M,T.
NIP. 198904052022031003

Pembimbing II : Elitaria Bestari A, S. S.S.,M.A.
NIP. 198608262022032004

Depok, 15 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr., Murie Dwiyaniti , S.T., M.T

NIP. 197803312003122002

© 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

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Tiga pada Program Studi Teknik Elektro di Politeknik Negeri Jakarta. Tugas Akhir Deteksi Kualitas Pengapian Berdasarkan Warna Percikan Api Busi Menggunakan Sensor Warna. Alat ini dirancang untuk membantu proses pengujian koil dan kualitas pengapian kendaraan secara lebih efektif, aman, dan akurat melalui pemanfaatan sensor warna dan sistem mikrokontroler.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, dukungan, doa, dan bimbingan dari banyaknya pihak, sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan ini dengan baik. Maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis.
2. Bapak Ihsan Auditia A, S,T.,M,T dan juga Ibu Elitaria Bestari A, S. S.S.,M.A selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama penyusunan Tugas Akhir.
3. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi Elektronika Industri Politeknik Negeri Jakarta.
4. Teman-teman seperjuangan EC D 2023 yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penyusunan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang.

Depok, 08 Juli 2026

Amir Musyaffa

© 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

ABSTRAK

Sistem pengapian merupakan komponen krusial pada kendaraan bermotor yang sangat memengaruhi tingkat performa mesin serta efisiensi pembakaran bahan bakar. Pemeriksaan kualitas pengapian di lapangan umumnya masih dilakukan secara visual murni berdasarkan pengamatan warna percikan api busi. Pendekatan manual dan konvensional ini sangat rentan menghasilkan penilaian yang tidak konsisten dan terlalu subjektif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan utama untuk merancang suatu sistem pengujian otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan sensor warna TCS3200 guna mengidentifikasi kualitas pengapian kendaraan secara jauh lebih objektif dan presisi. Metode penelitian ini mencakup perancangan infrastruktur keras menggunakan rangka PVC Board yang dilengkapi empat buah sensor TCS3200 guna mengukur intensitas komponen warna Red, Green, Blue (RGB) dari percikan api elektroda busi. Alat diagnostik ini mengintegrasikan mikrokontroler pengolah data terpusat dan sebuah layar LCD 16x2 sebagai media penampil hasil analisis. Sistem beroperasi otomatis dengan membandingkan nilai RGB pembacaan sensor terhadap besaran nilai ambang (threshold) pasti yang telah ditetapkan melalui proses kalibrasi awal. Percikan berwarna biru terang mengindikasikan kualitas pengapian baik (Good), sedangkan warna kemerahan menunjukkan pengapian yang kurang optimal (Not Good).Hasil analisis kalibrasi membuktikan bahwa sensor TCS3200 secara akurat mampu mendeteksi perubahan warna percikan api pada berbagai variasi kondisi busi secara konsisten. Evaluasi kinerja dari sistem ini secara keseluruhan diuji langsung menggunakan empat buah busi berbeda melalui serangkaian 40 kali pengujian. Data eksperimen komprehensif menunjukkan bahwa sistem berhasil mengklasifikasikan kondisi busi dengan tepat sebanyak 36 kali dan mengalami kesalahan identifikasi diagnostik sebanyak 4 kali. Melalui pencapaian tersebut, instrumen uji pengapian otomatis ini terbukti sangat andal untuk dioperasikan dengan tingkat akurasi mencapai 90%. Kesimpulannya, pengintegrasian sensor TCS3

Kata Kunci: Akurasi; Arduino Uno; Busi; Sensor TCS3200; Sistem Pengapian.

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

ABSTRAK

The ignition system is a crucial component of motor vehicles, significantly impacting engine performance and fuel combustion efficiency. Field ignition quality inspections are generally performed purely visually based on observing the color of the spark plug spark. This manual, conventional approach is highly susceptible to inconsistent and overly subjective assessments. Therefore, the primary objective of this research is to design an automated testing system based on an Arduino Uno microcontroller and a TCS3200 color sensor to identify vehicle ignition quality more objectively and precisely. This research method involves designing a hard infrastructure using a PVC Board frame equipped with four TCS3200 sensors to measure the intensity of the Red, Green, and Blue (RGB) color components of the spark plug electrodes. This diagnostic tool integrates a centralized data processing microcontroller and a 16x2 LCD display to display the analysis results. The system operates automatically by comparing the RGB values of the sensor readings to a predetermined threshold value established through an initial calibration process. A bright blue spark indicates Good ignition quality, while a reddish color indicates suboptimal ignition quality. Calibration analysis results demonstrate that the TCS3200 sensor can accurately detect spark color changes across a wide range of spark plug conditions consistently. The overall performance evaluation of this system was directly tested using four different spark plugs through a series of 40 tests. Comprehensive experimental data showed that the system correctly classified the spark plug condition 36 times and experienced diagnostic misidentification four times. Through these achievements, this automatic ignition test instrument has proven highly reliable in operation, with an accuracy rate of up to 90%. In conclusion, the integration of the TCS3 sensor

Keywords: Accuracy; Arduino Uno; Business; TCS3200 Sensor; Ignition System.

© 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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL i
HALAMAN JUDUL ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS iii
LEMBAR PENGESAHAN iv
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK vi
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
1.5 Luaran 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Sistem Pengapian Kendaraan 5
2.2 Busi 5
2.2 Percikan Api Busi 6
2.2 Warna Percikan Api sebagai Indikator Kualitas Pengapian 7
2.3 Sensor Warna TCS3200 7
2.4 Model Warna RGB (Red Green Blue) 9
2.5 Arduino Uno 9
2.6 Breadboard 10
2.7 PVC Board 11
2.8 Penelitian Terdahulu 11
2.9 Persamaan dan Perbedaan Penelitian 13
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI 14
3.1 Rancangan Alat 14

© 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

3.2 Realisasi Alat 19
3.2.1 Realisasi Perangkat Keras 19
3.2.2 Realisasi Perangkat Lunak 20
BAB IV PEMBAHASAN 23
4.1 Pengujian 1 Kalibrasi Sensor TCS3200 23
4.1.1 Dekripsi Pengujian 23
4.1.2 Prosedur Pengujian 23
4.1.3 Data Hasil Pengujian 24
4.1.4 Analisis Data / Evaluasi 24
4.2 Pengujian Sistem Keseluruhan 25
4.2.1 Deskripsi Pengujian 25
4.2.2 Prosedur Pengujian 26
4.2.3 Data Hasil Pengujian 26
4.3.4 Analisi Data / Evaluasi 27
BAB V PENUTUP 28
4.1 Kesimpulan 28
4.2 Saran 28
DAFTAR PUSTAKA 30
LAMPIRAN 32

© 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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Model Warna RGB 9
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu 12
Tabel 2. 3 Persamaan dan Perbedaan Penelitian 13
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat 18
Tabel 4. 1 Hasil Kalibrasi Sensor TCS3200 24
Tabel 4. 2 Hasil Klasifikasi Kualitas Pengapian 26

© 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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 busi 6
Gambar 2. 2 Modul Sensor Warna TCS3200 8
Gambar 2. 3 Arduino Uno 9
Gambar 2. 4 Breadboard 10
Gambar 2. 5 PVC Board 11
Gambar 3. 1 Desain Mekanik 15
Gambar 3. 2 Wirring Diagram 16
Gambar 3. 3 Blok Diagram 17
Gambar 3. 4 Flowchart 21

© 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

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kendaraan bermobil tidak dapat beroperasi tanpa sistem pengapian yang bekerja dengan baik, sebab sistem inilah yang memicu terjadinya percikan api pada busi sehingga tercampur udara dan bahan bakar dapat terbakar di dalam ruang bakar. Dua komponen yang paling menentukan dalam proses ini adalah koil dan busi. Fungsi koil adalah mengonversi tegangan rendah dari baterai menjadi tegangan tinggi agar loncatan bunga api dapat terbentuk pada elektroda busi. Apabila kondisi pengapian tidak berada pada kondisi ideal, energi percikan api yang dihasilkan akan menjadi tidak stabil, dan hal ini pada gilirannya berdampak pada perubahan intensitas maupun warna percikan yang tampak.

Dampak dari pengapian yang buruk cukup beragam, mulai dari mesin yang sulit dinyalakan, proses pembakaran yang tidak sempurna, boros bahan bakar, hingga performa mesin yang menurun. Selama ini, pengecekan kondisi pengapian di lapangan umumnya masih dilakukan secara visual, yaitu dengan mengamati langsung percikan api pada busi. Pendekatan semacam ini rawan menghasilkan penilaian yang tidak konsisten, karena sangat bergantung pada jam terbang teknisi, kondisi pencahayaan di lokasi, serta unsur subjektivitas masing-masing individu. Akibatnya, metode manual ini sulit diandalkan untuk menghasilkan data pengujian yang seragam dan akurat..

Kemajuan teknologi sensor membuka peluang untuk mengotomatisasi proses pengujian tersebut agar hasilnya lebih presisi. Salah satu komponen yang berpotensi digunakan untuk keperluan ini adalah sensor warna TCS3200, yang bekerja dengan membaca komposisi warna dalam format RGB (Red, Green, Blue) (Bardani & Widodo, 2019). Sensor jenis ini cukup populer dipakai pada riset-riset identifikasi warna maupun sistem sortir otomatis berkat sensitivitasnya terhadap perubahan warna, dengan contoh penerapan pada penyortiran hasil pertanian (Khanh et al., 2022), pengenalan warna tanah (Lamsani et al., 2023), hingga kenendali lengan robot (Jie et al., 2021). Perlu dicatat pula bahwa akurasi pembacaan TCS3200 tidak

© 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

lepas dari pengaruh jarak sensor ke objek serta kondisi pencahayaan saat pengukuran berlangsung (Ta'ali et al., 2023); (Ferdiyansyah et al., n.d.).

Berbagai riset terdahulu telah mengeksplorasi pemanfaatan TCS3200 pada bidang yang beragam, misalnya deteksi zona warna pada robot, sistem sortir barang, hingga pengecekan kualitas cairan lewat perubahan warnanya. Bardani dan Widodo (2019), misalnya, membuktikan bahwa sensor ini dapat mengenali sejumlah warna dengan keberhasilan yang cukup tinggi ketika diterapkan pada robot KRSTI, sekaligus berpotensi dikembangkan lebih jauh untuk sistem identifikasi warna otomatis. Sementara itu, Sugiarto dkk. (2023) melaporkan bahwa TCS3200 mampu membedakan zona warna dengan akurasi hingga 80%, sebuah capaian yang menunjukkan kelayakan sensor ini sebagai alat pembaca warna.

Karakteristik sensor warna yang mampu membedakan variasi warna secara detail ini kemudian memunculkan gagasan untuk menerapkannya pada analisis percikan api busi. Dengan mengukur nilai RGB, perubahan warna percikan api dapat dinilai secara kuantitatif, sehingga penentuan kualitas pengapian tidak lagi semata bergantung pada penglihatan manusia. Secara umum, percikan api berwarna biru terang mengindikasikan pengapian yang baik, sementara percikan berwarna merah atau kekuningan mengindikasikan pengapian yang kurang optimal (Xing Mu, 2024). ondisi inilah yang mendasari perlunya sistem otomatis dan objektif untuk mengidentifikasi kualitas pengapian dari warna percikan api busi..

Berangkat dari permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan alat uji koil busi kendaraan yang memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno dipadukan dengan sensor warna TCS3200 ini dapat membaca dan menganalisis warna percikan api busi. Dengan alat ini, proses pengujian koil diharapkan dapat berlangsung lebih efektif, akurat, dan aman dibandingkan cara manual yang selama ini digunakan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik nilai RGB dari warna percikan api busi pada kondisi pengapian baik (*Good*) dibandingkan kondisi kurang baik (*Not Good*)?

© 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

2. Bagaimana rancangan sistem deteksi kualitas pengapian yang mengintegrasikan sensor warna TCS3200 dengan mikrokontroler Arduino Uno?
3. Bagaimana proses pengolahan data RGB sensor TCS3200 dilakukan untuk memperoleh nilai ambang (*threshold*) yang digunakan dalam klasifikasi kualitas pengapian?
4. Seberapa besar tingkat akurasi sensor warna TCS3200 dalam mengidentifikasi kualitas pengapian berdasarkan warna percikan api busi?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penelitian ini lebih terarah, maka batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Penelitian hanya membahas kualitas pengapian berdasarkan warna percikan api busi.
2. Sensor yang digunakan untuk membaca warna adalah sensor TCS3200.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno.
4. Kualitas pengapian ditentukan berdasarkan hasil pembacaan nilai RGB sensor TCS3200 yang dibandingkan dengan nilai threshold hasil kalibrasi sehingga diperoleh klasifikasi *Good* (G) atau *Not Good* (NG).
5. Hasil pembacaan sensor ditampilkan pada LCD.
6. Pengujian dilakukan pada alat uji yang telah dirancang dan tidak membahas performa mesin kendaraan secara keseluruhan.
7. Penelitian tidak membahas konsumsi bahan bakar, emisi gas buang, maupun sistem pengapian kendaraan secara menyeluruh.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik nilai RGB dari warna percikan api busi pada kondisi pengapian baik (*Good*) dan kurang baik (*Not Good*).
2. Merancang dan merealisasikan sistem deteksi kualitas pengapian yang mengintegrasikan sensor warna TCS3200 dengan mikrokontroler Arduino Uno.
3. Mengolah data RGB hasil pembacaan sensor TCS3200 untuk memperoleh nilai ambang (*threshold*) klasifikasi kualitas pengapian.

© 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

4. Mengukur tingkat akurasi sensor warna TCS3200 dalam mengidentifikasi kualitas pengapian berdasarkan warna percikan api busi..

1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Terciptanya alat uji koil busi kendaraan untuk mendeteksi kebocoran isolasi dan kualitas pengapian.
2. Sistem mampu membaca warna percikan api busi menggunakan sensor warna TCS3200.
3. Data hasil pengujian dapat digunakan sebagai indikator kondisi pengapian kendaraan.
4. Publikasi ilmiah atau laporan penelitian yang dapat dijadikan referensi pengembangan alat serupa.

© 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

BAB V
PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian alat yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Warna percikan api busi pada kondisi *Good* dan *Not Good* menunjukkan karakteristik RGB yang berbeda; busi *Not Good* cenderung memiliki nilai komponen merah (R) dan hijau (G) lebih tinggi dibandingkan busi *Good*, sedangkan komponen biru (B) relatif lebih stabil antar kedua kondisi. Dengan menyesuaikan hasil data dari threshold nya. R=935, G=944, B=836 untuk sensor 1 dan 2, serta R=729, G=753, B=670 untuk sensor 3 dan 4.
2. Sistem deteksi kualitas pengapian berhasil dirancang dan direalisasikan dengan membaca warna api pada busi menggunakan sensor warna TCS3200 dan Arduino Uno sebagai pengendali utama.
3. Proses kalibrasi menghasilkan nilai ambang (*threshold*) klasifikasi sebesar R=935, G=944, B=836 untuk sensor 1 dan 2, serta R=729, G=753, B=670 untuk sensor 3 dan 4, yang digunakan sebagai acuan penentuan kondisi busi.
4. Sensor warna TCS3200 mampu mengidentifikasi kualitas pengapian dengan tingkat akurasi sebesar 90% (36 dari 40 pengujian teridentifikasi benar)

4.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan sensor dengan sensitivitas cahaya yang lebih tinggi agar pembacaan warna percikan api menjadi lebih akurat.
2. Mengembangkan metode pengolahan data menggunakan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) atau logika *fuzzy* untuk meningkatkan akurasi klasifikasi kualitas pengapian.
3. Menambahkan sistem penyimpanan data sehingga hasil pengujian dapat direkam dan dianalisis lebih lanjut.

4. Melakukan pengujian pada berbagai jenis busi dan kondisi kendaraan untuk memperoleh data yang lebih beragam.
5. Mengembangkan sistem monitoring berbasis komputer atau *Internet of Things* (IoT) agar hasil pengujian dapat dipantau secara *real-time*.

© 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

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

Bardani, A. I., & Widodo, N. S. (2019). Deteksi Zona pada KRSTI dengan Sensor Warna TCS3200. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, *1*(2), 56. https://doi.org/10.12928/biste.v1i2.955

Cahyaputra, H. R., & Rahmadewi, R. (2024). KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH PAPRIKA MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR BERDASARKAN WARNA RGB MELALUI APLIKASI MATLAB. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, *9*(1), 242–249. https://doi.org/10.29100/jipi.v9i1.4440

Ferdiyansyah, M., Yoga, D., & Pratama, P. (n.d.). *Penerapan PLX-DAQ untuk Monitoring Secara Real Time pada Alat Deteksi Warna Berbasis Sensor TCS3200*.

Hermansyah, M., & Irawan, D. (2025). Implementasi Penyortiran Buah Tomat Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Sensor Warna TCS3200 Berbasis Arduino Uno. In *Sains Teknik Elektro* (Vol. 6, Number 1). http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/insantek

Jie, L. W., Sen, T. P., Ghani, N. M. A., & Abas, M. F. (2021). Automatic control of color sorting and Pick/Place of a 6-DOF Robot Arm. *Journal Europeen Des Systemes Automatises*, *54*(3), 435–443. https://doi.org/10.18280/JESA.540306

Khanh, H. Q., Ngon, N. C., Lan, T. N. P., Phuc, V. N. H., Thuong, H. T., & Cuong, N. Van. (2022). Evaluating the optimal working parameters of the color sensor TCS3200 in the fresh chili destemming system. *CTU Journal of Innovation and Sustainable Development*, *14*(1), 35–42. https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2022.004

Kučera, M., Gutten, M., Korenčiak, D., & Kúdelčík, J. (2025). Using the Spark Plug as a Sensor for Analyzing the State of the Combustion System. *Sensors*, *25*(13). https://doi.org/10.3390/s25134198

Lamsani, M., Pangestika, R. A., Cahyanti, M., & Swedia, E. R. (2023). SISTEM IDENTIFIKASI WARNA TANAH MUNSELL MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200 DAN KELEMBABAN YL-69. *Sebatik*, *27*(1), 379–389. https://doi.org/10.46984/sebatik.v27i1.2249

Muhammad Boby Bachtiar Putra, Hery Ardiansyah, & Bagus Dwi Saputra. (2025). Perancangan Alat Sortir Tomat Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Sensor Tcs3200 dan Blynk. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Komunikasi (JUPTIK)*, *3*(2), 55–60. https://doi.org/10.52060/juptik.v3i2.3569

Răzvan-Andrei, D., & Sebastian-Alexandru, D. (2025). Design and Implementation of an Arduino-Based Automated Color Sorting System. In *Journal of*

Electrical Engineering, Electronics, Control and Computer Science-JEEECCS (Vol. 11).

Suhud, K., Sukoma, S., Saleha, S., & Surbakti, M. S. (2024). Development of TCS3200 Color Sensor Based on Arduino Uno and Its Application in Determining Borax Levels in Food. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, *9*(2), 74–81. https://doi.org/10.24845/ijfac.v9.i2.74

Susanti, R., Anggraini, T., Aidha, Z. R., Azzam, F. M., & Rahmawati, A. (2024). Identifikasi Warna Adonan Kerupuk Labusiam Menggunakan Sensor Warna Berbasis IoT. *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 102–109. https://doi.org/10.30630/eji.0.0.416

Ta'ali, T., Khairat, W., Habibullah, H., & Sardi, J. (2023). Pengaruh Jarak Terhadap Sensitivitas Sensor Warna TCS3200. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, *4*(1), 67–74. https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.340

Xing Mu. (2024). *Proceedings of the 2024 7th International Conference on Computer Information Science and Artificial Intelligence*. Association for Computing Machinery.

© 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

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 Penulis

Amir Musyaffa

Anak kedua dari 3 bersaudara, lahir di Blitar 09 Juni 2005. Lulus dari SDN Pancoran 03 Pagi tahun 2017, SMPN 281 Jakarta Timur tahun 2020, SMK Bunda Kandung Jakarta Selatan Jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik tahun 2023.

© 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 2 Kode Program

```
//============================================================
=============
// SISTEM DETEKSI KEBOCORAN ISOLASI KOIL (ACS712)
// + ANALISIS WARNA API BUSI (TCS3200) - 4 SILINDER
// Motor Stepper (Driver A4988 + AccelStepper)
// LCD 16x2 I2C untuk tampilan status
//
// MODE: SEKALI UJI (ONE-SHOT) - berjalan otomatis saat power ON,
// berhenti setelah "Pengujian Selesai". Tekan tombol RESET pada
// board untuk mengulang pengujian dari awal.
//
// ALUR KERJA:
//  1) Inisialisasi + Kalibrasi ACS712 (di background, tanpa tampilan LCD)
//  2) LCD "Memulai... Mohon Tunggu"
//  3) 3x siklus: Motor turun -> Deteksi Koil -> Motor naik
//     (siklus terakhir motor TIDAK naik lagi, tetap di bawah)
//  4) Voting hasil koil dari 3 siklus (mayoritas 2 dari 3)
//  5) ACS712 berhenti dibaca (logis) + Driver A4988 di-disable
//  6) Baca warna busi 1,2,3,4 berurutan (TCS3200)
//  7) Tampilkan hasil akhir koil, lalu hasil akhir busi
//  8) "Pengujian Selesai"
//============================================================
=============

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

//====================== LCD 16x2 I2C
=========================
// Alamat I2C umumnya 0x27 atau 0x3F. Kalau layar blank, scan
```

© 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

```
// alamat I2C dulu (sketch I2C Scanner) lalu sesuaikan di bawah.
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

//====================== MOTOR STEPPER (A4988) ==========================
#define DIR_PIN     2
#define STEP_PIN    3
#define ENABLE_PIN  12   // Pin ENABLE bawaan A4988 (LOW=aktif, HIGH=nonaktif)
#define BUTTON_PIN  13   // Tombol lanjut (pasang ke GND, pakai internal pull-up)
AccelStepper stepper(AccelStepper::DRIVER, STEP_PIN, DIR_PIN);

const long POS_ATAS  = 0;
const long POS_BAWAH = 2200;

//====================== SENSOR ACS712 (4 KOIL) ==========================
const byte sensorPin[4] = {A0, A1, A2, A3};
int  valleyRef[4];
const int margin = 8;

bool koilCycles[3][4];   // hasil bocor/tidak tiap siklus (0,1,2) x tiap koil
bool hasilKoilBocor[4];  // hasil akhir setelah voting 3 siklus

//====================== SENSOR TCS3200 (4 BUSI) ==========================
#define S0 4
#define S1 5
#define S2 6
#define S3 7
```

© 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 OUT1 8
#define OUT2 9
#define OUT3 10
#define OUT4 11

const byte outPin[4] = {OUT1, OUT2, OUT3, OUT4};
const int  SAMPLE = 30;

// Threshold hasil kalibrasi:
// - Busi 1 & 2 pakai threshold set A (dari hasilbusi1dan2.ino)
// - Busi 3 & 4 pakai threshold set B (dari hasilbusi3dan4.ino)
const int TH_R[4] = {935, 935, 729, 729};
const int TH_G[4] = {944, 944, 753, 753};
const int TH_B[4] = {836, 836, 670, 670};

bool hasilBusiBad[4]; // true = BAD/NG, false = GOOD/G

//============================================================
==============
// FUNGSI: KALIBRASI ACS712 (BACKGROUND, TANPA TAMPILAN
LCD)
//============================================================
==============
void kalibrasiACS() {
 Serial.println(F("========================================="));
 Serial.println(F("Kalibrasi ACS712... Pastikan semua koil NORMAL"));
 for (int i = 0; i < 4; i++) {
  int valley = 1023;
  unsigned long t = millis();
  while (millis() - t < 1000) {
   int adc = analogRead(sensorPin[i]);
   if (adc < valley) valley = adc;
```

© 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

```
  }
  valleyRef[i] = valley;
  Serial.print(F("Koil ")); Serial.print(i + 1);
  Serial.print(F(" Ref=")); Serial.println(valleyRef[i]);
 }
 Serial.println(F("Kalibrasi selesai."));
 Serial.println(F("========================================"));
}

//=============================================================
=============
// FUNGSI: BACA KOIL UNTUK SATU SIKLUS (0,1,2)
//=============================================================
=============
void bacaKoilSiklus(int siklus) {
 int peak[4]   = {0, 0, 0, 0};
 int valley[4] = {1023, 1023, 1023, 1023};

 unsigned long t = millis();
 while (millis() - t < 1000) {
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
   int adc = analogRead(sensorPin[i]);
   if (adc > peak[i])   peak[i]   = adc;
   if (adc < valley[i]) valley[i] = adc;
  }
 }

 Serial.print(F("---------- SIKLUS ")); Serial.print(siklus + 1);
 Serial.println(F("/3 - CEK KOIL ----------"));
 for (int i = 0; i < 4; i++) {
  bool bocor = (valley[i] > valleyRef[i] + margin);
  koilCycles[siklus][i] = bocor;
```

© 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

```
  Serial.print(F("KOIL ")); Serial.print(i + 1);
  Serial.print(F(" Peak:"));   Serial.print(peak[i]);
  Serial.print(F(" Valley:")); Serial.print(valley[i]);
  Serial.print(F(" Ref:"));    Serial.print(valleyRef[i]);
  Serial.print(F(" => "));
  Serial.println(bocor ? F("BOCOR") : F("NORMAL"));
 }
}

//============================================================
=============
// FUNGSI: VOTING HASIL KOIL DARI 3 SIKLUS (mayoritas >= 2/3)
//============================================================
=============
void votingHasilKoil() {
 Serial.println(F("---------- VOTING HASIL KOIL (3 SIKLUS) ----------"));
 for (int i = 0; i < 4; i++) {
  int votesBocor = 0;
  for (int s = 0; s < 3; s++) {
   if (koilCycles[s][i]) votesBocor++;
  }
  hasilKoilBocor[i] = (votesBocor >= 2);

  Serial.print(F("Koil ")); Serial.print(i + 1);
  Serial.print(F(" -> ")); Serial.print(votesBocor);
  Serial.print(F("/3 bocor => "));
  Serial.println(hasilKoilBocor[i] ? F("BOCOR (final)") : F("NORMAL
(final)"));
 }
}
```

© 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

```
//=============================================================
=============
// FUNGSI: TUNGGU TOMBOL DITEKAN (untuk jeda pasang ground busi)
//=============================================================
=============
void tungguTombol() {
  // Tunggu sampai tombol ditekan (aktif LOW karena INPUT_PULLUP)
  while (digitalRead(BUTTON_PIN) == HIGH) {
    // idle menunggu penekanan tombol
  }
  delay(50); // debounce
  // Tunggu sampai tombol dilepas, supaya tidak ke-trigger berkali-kali
  while (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
    // menunggu dilepas
  }
  delay(50);
}

//=============================================================
=============
// FUNGSI: BACA WARNA (TCS3200)
//=============================================================
=============
int bacaWarna(byte pinOut, bool s2, bool s3) {
  digitalWrite(S2, s2);
  digitalWrite(S3, s3);
  delay(2);
  return pulseIn(pinOut, LOW, 30000);
}

void bacaRGB(byte pinOut, int &R, int &G, int &B) {
  R = bacaWarna(pinOut, LOW, LOW);    // RED
```

© 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

```
  G = bacaWarna(pinOut, HIGH, HIGH);  // GREEN
  B = bacaWarna(pinOut, LOW, HIGH);   // BLUE
}

bool klasifikasiBusiBad(int idx, float R, float G, float B) {
  int score = 0;
  if (R >= TH_R[idx]) score++;
  if (G >= TH_G[idx]) score++;
  if (B >= TH_B[idx]) score++;
  return (score >= 2); // true = BAD, false = GOOD
}

//============================================================
=============
// FUNGSI: BACA & KLASIFIKASI SATU BUSI (dipanggil berurutan 1,2,3,4)
//============================================================
=============
void bacaBusiSatu(int idx) {
  long sumR = 0, sumG = 0, sumB = 0;

  for (int i = 0; i < SAMPLE; i++) {
    int R, G, B;
    bacaRGB(outPin[idx], R, G, B);
    sumR += R; sumG += G; sumB += B;
  }

  float meanR = sumR / (float)SAMPLE;
  float meanG = sumG / (float)SAMPLE;
  float meanB = sumB / (float)SAMPLE;

  bool bad = klasifikasiBusiBad(idx, meanR, meanG, meanB);
  hasilBusiBad[idx] = bad;
```

© 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

```
  const char* hasilTeks = bad ? "BUSI BAD" : "BUSI GOOD";

  Serial.print(F("BUSI ")); Serial.print(idx + 1);
  Serial.print(F(" | R:")); Serial.print(meanR, 2);
  Serial.print(F(" G:"));  Serial.print(meanG, 2);
  Serial.print(F(" B:"));  Serial.print(meanB, 2);
  Serial.print(F(" => ")); Serial.println(hasilTeks);

  // Format PLX-DAQ (opsional, untuk logging ke Excel)
  Serial.print(F("DATA,"));
  Serial.print(idx + 1); Serial.print(F(","));
  Serial.print(meanR, 2); Serial.print(F(","));
  Serial.print(meanG, 2); Serial.print(F(","));
  Serial.print(meanB, 2); Serial.print(F(","));
  Serial.println(hasilTeks);
}

//============================================================
==============
// FUNGSI: LAPORAN LENGKAP DI SERIAL MONITOR
//============================================================
==============
void cetakLaporanSerial() {
  Serial.println(F("========================================"));
  Serial.println(F("        LAPORAN HASIL PENGUJIAN         "));
  Serial.println(F("========================================"));
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    Serial.print(F("Koil ")); Serial.print(i + 1);
    Serial.print(F(" : "));
    Serial.println(hasilKoilBocor[i] ? F("BOCOR") : F("NORMAL"));
  }
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
```

```
  Serial.print(F("Busi ")); Serial.print(i + 1);
  Serial.print(F(" : "));
  Serial.println(hasilBusiBad[i] ? F("BUSI BAD") : F("BUSI GOOD"));
 }
 Serial.println(F("========================================="));
}

//=============================================================
=============
// FUNGSI: TAMPILAN LCD - HASIL AKHIR GABUNGAN (KOIL + BUSI)
// Baris1: K1=B-G  K2=N-NG
// Baris2: K3=N-NG K4=B-G
// B/N = status koil (Bocor/Normal), G/NG = status busi (Good/Not Good)
//=============================================================
=============
void tampilkanHasilGabunganLCD() {
 char baris1[17], baris2[17];

 char k1 = hasilKoilBocor[0] ? 'B' : 'N';
 char k2 = hasilKoilBocor[1] ? 'B' : 'N';
 char k3 = hasilKoilBocor[2] ? 'B' : 'N';
 char k4 = hasilKoilBocor[3] ? 'B' : 'N';

 const char* b1 = hasilBusiBad[0] ? "NG" : "G";
 const char* b2 = hasilBusiBad[1] ? "NG" : "G";
 const char* b3 = hasilBusiBad[2] ? "NG" : "G";
 const char* b4 = hasilBusiBad[3] ? "NG" : "G";

 // %-2s membuat "G" jadi "G " (padding) supaya kolom tetap sejajar
 snprintf(baris1, sizeof(baris1), "K1=%c-%-2s K2=%c-%-2s", k1, b1, k2, b2);
 snprintf(baris2, sizeof(baris2), "K3=%c-%-2s K4=%c-%-2s", k3, b3, k4, b4);
```

© 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

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.clear();
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(baris1);
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(baris2);
}

//============================================================
=============
// FUNGSI UTAMA: JALANKAN SATU RANGKAIAN PENGUJIAN PENUH
//============================================================
=============
void jalankanPengujian() {

  // 1) Kalibrasi ACS712 di background (tanpa LCD)
  kalibrasiACS();

  // 2) LCD: Memulai... Mohon Tunggu
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("Memulai..."));
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("Mohon Tunggu"));
  delay(2000);

  // 3) 3x siklus: turun -> deteksi koil -> naik (siklus terakhir tanpa naik)
  for (int siklus = 0; siklus < 3; siklus++) {

    stepper.moveTo(POS_BAWAH);
    while (stepper.distanceToGo() != 0) stepper.run();

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("Deteksi Koil"));
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(F("Siklus ")); lcd.print(siklus + 1); lcd.print(F("/3"));
```

© 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

```
  bacaKoilSiklus(siklus);

  if (siklus < 2) {
    stepper.moveTo(POS_ATAS);
    while (stepper.distanceToGo() != 0) stepper.run();
  }
  // siklus ke-3 (index 2): motor TIDAK naik lagi, tetap di bawah
}

// 4) Voting hasil koil dari 3 siklus
votingHasilKoil();

// 5) ACS712 berhenti dibaca (logis - tidak ada pembacaan A0-A3 lagi
//    setelah titik ini). Disable driver A4988 (motor tetap di bawah,
//    tanpa holding torque, karena ENABLE_PIN di-set HIGH).
digitalWrite(ENABLE_PIN, HIGH);

// 5b) JEDA: pasang kabel ground ke badan busi dulu, lalu tekan tombol
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("Pasang Ground"));
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("Tekan Tombol"));
Serial.println(F("Menunggu tombol ditekan (pasang ground busi dulu)..."));
tungguTombol();
Serial.println(F("Tombol ditekan, lanjut ke pembacaan busi."));

// 6) TCS3200 mulai dipakai (logis) - baca busi 1,2,3,4 berurutan
for (int i = 0; i < 4; i++) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("Analisis Busi"));
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("Busi ")); lcd.print(i + 1);

  bacaBusiSatu(i);
```

© 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

```
}

// 7) Tampilkan hasil akhir gabungan (koil + busi) dalam satu layar,
//    dan biarkan tetap tampil (tidak ada aksi LCD lagi setelah ini,
//    jadi layar ini tidak akan tergantikan/hilang sampai reset).
tampilkanHasilGabunganLCD();

cetakLaporanSerial();
Serial.println(F("Pengujian selesai. Hasil tetap ditampilkan di LCD."));
}

//=============================================================
=============
// SETUP
//=============================================================
=============
void setup() {
Serial.begin(115200);

// LCD 16x2 I2C
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(F("Inisialisasi..."));

// Stepper + driver A4988
stepper.setMaxSpeed(1200);
stepper.setAcceleration(800);
pinMode(ENABLE_PIN, OUTPUT);
digitalWrite(ENABLE_PIN, LOW); // aktifkan driver (LOW = enable)
pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP); // tombol lanjut, aktif LOW
```

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

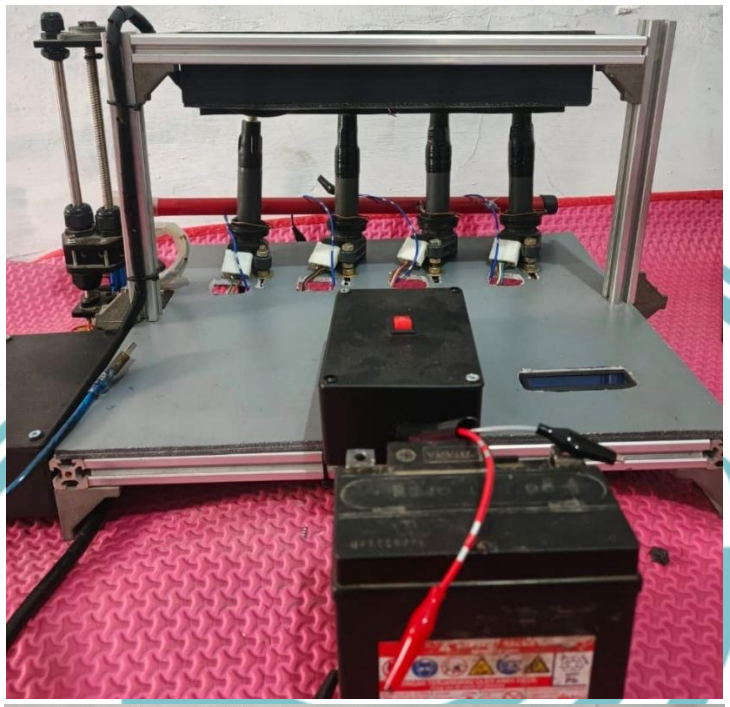
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

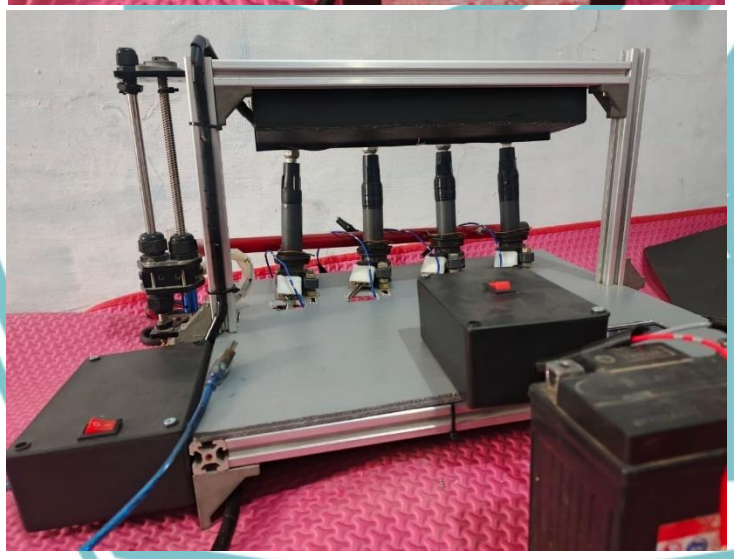
```
  // TCS3200
  pinMode(S0, OUTPUT);
  pinMode(S1, OUTPUT);
  pinMode(S2, OUTPUT);
  pinMode(S3, OUTPUT);
  pinMode(OUT1, INPUT);
  pinMode(OUT2, INPUT);
  pinMode(OUT3, INPUT);
  pinMode(OUT4, INPUT);
  digitalWrite(S0, HIGH); // frekuensi output 20%
  digitalWrite(S1, LOW);

  Serial.println(F("SISTEM DETEKSI KEBOCORAN KOIL + ANALISIS
WARNA BUSI"));
  Serial.println(F("CLEARSHEET"));
  Serial.println(F("LABEL,Sensor,MeanR,MeanG,MeanB,Hasil"));

  delay(500);
  jalankanPengujian();
}

//=============================================================
==============
// LOOP
//=============================================================
==============
void loop() {
  // Pengujian bersifat sekali jalan (one-shot).
  // Tidak ada aksi berulang di sini. Tekan tombol RESET pada board
  // untuk mengulang seluruh rangkaian pengujian dari awal.
}
```

© 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 3 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

Lampiran 4 Poster

© 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 5 SOP

Lampiran 6 Dokumentasi Pengerjaan 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