

Perancangan Alat Peraga Sensor Thermocouple Exhaust Gas Temperature dengan Software Autocad dan Arduino IDE

A Agus Tri Mulyono^{1,*}, Bambang Wahyu Prio Primantoro²

^{1,2}Teknik Aeronautika, Fakultas Teknologi Dirgantara dan Industri, Universitas Dirgantara
Marsekal Suryadarma, Jakarta

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 4 September 2024
Direvisi: 15 Juni 2025
Diterima: 2 Agustus 2025

Kata kunci:

Thermocouple
Perancangan Sensor
Wiring Diagram Sensor

Keywords:

Thermocouple Sensors
Sensors Design
Wiring Diagram Sensor

Penulis Korespondensi:

Agus Tri Mulyono
Email:
Agustrimulyono300@gmail.com

ABSTRAK

sensor *thermocouple* merupakan salah satu komponen yang bisa dibilang telah menjadi standar dalam industri penerbangan untuk memantau kinerja *engine* pesawat terbang. Sensor *thermocouple* saat ini populer digunakan untuk parameter pengukuran di *exhaust gas temperature* atau *EGT* pada *engine* pesawat terbang. Prinsip cara kerja sensor *thermocouple* pada *exhaust gas temperature* menjadi dasar latar belakang pembuatan rancangan alat peraga ini. Proses perancangan alat peraga ini menggunakan software *AutoCAD* untuk merancang *wiring diagram* dan *Arduino IDE* untuk pemrograman dan dengan menggabungkan sensor *thermocouple* type K, *MAX 6675*, mikrokontroler *arduino Uno R3*, *LCD 16X2 1602*, *relay* dan *heating components*. Sensor *thermocouple* akan terkoneksi dengan mikrokontroler yang sudah diprogram dan akan melakukan pengukuran *temperature* pada *heating components* yang didalamnya dilengkapi dengan *fan*. Rancangan alat peraga ini akan mengukur *temperature* dari range 0° hingga 150° *celcius*, alat peraga akan otomatis mati apabila *temperature* telah mencapai 150° *celcius* dan akan kembali menyala apabila *temperature* telah turun di angka 120° *celcius* dengan perkiraan waktu 15-30 detik.

The thermocouple sensor is a component that can be said to have become a standard in the aviation industry for monitoring aircraft engine performance. Thermocouple sensors are currently popularly used for measuring exhaust gas temperature or EGT parameters in aircraft engines. The principle of how the thermocouple sensor works on exhaust gas temperature is the basic background behind the design of this teaching aid. The process of designing this teaching aid uses AutoCAD software to design wiring diagrams and Arduino IDE for programming with a combination of type K thermocouple sensors, MAX 6675, Arduino Uno R3 microcontroller, LCD 16X2 1602, relays and heating components. The thermocouple sensor will be connected to a programmed microcontroller and will measure the temperature of the heating components which are equipped with a fan. The design of this teaching aid will measure temperatures in the range of 0° to 150° Celsius, the prop will automatically turn off if the temperature has reached 150° Celsius and will turn back on if the temperature has dropped to 120° Celsius with an estimated time of 15-30 seconds.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi penerbangan, sistem mesin pesawat (engine) dirancang untuk dapat beroperasi secara optimal dalam berbagai kondisi lingkungan yang ekstrem dan dinamis. Engine modern tidak hanya dituntut untuk memiliki efisiensi tinggi, tetapi juga harus mampu mempertahankan performa yang andal dan aman dalam berbagai situasi, mulai dari suhu sangat rendah di ketinggian jelajah hingga beban termal tinggi saat lepas landas atau saat proses starting. Untuk memastikan engine pesawat memenuhi standar keselamatan dan kinerja yang ditetapkan, setiap unit mesin menjalani berbagai tahapan pengujian, termasuk uji beban termal, getaran, dan simulasi kondisi darurat sebelum dikomersialisasikan. Perancangan suatu alat peraga sangat diperlukan untuk dapat memperlihatkan kondisi nyata dalam membantu proses pembelajaran[1]. Perancangan dilakukan tidak hanya untuk menentukan bentuk fisik alat, tetapi juga untuk memastikan keterhubungan antarkomponen secara efektif melalui penyusunan wiring diagram, pemilihan material, serta penyusunan logika kerja sistem melalui pemrograman mikrokontroler[2,3]. Dengan pendekatan ini, rancangan alat peraga tidak sekadar menjadi prototipe, tetapi juga sarana edukatif yang representatif terhadap sistem pemantauan exhaust gas temperature (EGT) pada engine pesawat.

Meskipun telah melewati rangkaian pengujian tersebut, engine pesawat tetap memerlukan sistem instrumentasi yang handal guna memantau parameter-parameter kritis selama pengoperasian. Salah satu parameter vital yang diawasi secara terus-menerus adalah *Exhaust Gas Temperature* (EGT), yaitu temperatur gas buang yang keluar dari bagian belakang turbin. EGT menjadi indikator langsung dari efisiensi proses pembakaran dan performa mesin secara keseluruhan. Nilai EGT yang melebihi batas toleransi yang ditentukan dapat mengindikasikan adanya pembakaran yang tidak sempurna, ketidakseimbangan suplai bahan bakar, atau bahkan potensi kerusakan pada bagian hot section mesin, seperti turbin atau ruang bakar. Oleh karena itu, pemantauan EGT memiliki peran strategis dalam mendeteksi dini anomali, menghindari kerusakan fatal, dan menjamin keselamatan penerbangan.

Dalam pengukuran EGT, sensor thermocouple menjadi komponen utama karena kemampuannya dalam mendeteksi suhu tinggi secara cepat dan akurat. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip efek Seebeck, yaitu menghasilkan tegangan listrik akibat perbedaan suhu antara dua jenis logam yang disambungkan pada dua titik berbeda. Tegangan ini kemudian dikonversi menjadi data temperatur melalui sistem pengolahan sinyal. Dalam penerapannya pada mesin pesawat, beberapa thermocouple biasanya ditempatkan melingkar di sekitar aliran gas buang untuk mendapatkan rata-rata suhu yang representatif. Data tersebut kemudian ditransmisikan ke *cockpit display* dan menjadi referensi bagi pilot dan teknisi untuk memantau kondisi termal mesin.

Namun, pemahaman terhadap cara kerja dan instalasi sensor thermocouple dalam sistem monitoring EGT tidak selalu mudah, terutama bagi mahasiswa teknik penerbangan maupun teknisi pemula yang belum terpapar langsung dengan sistem nyata di lapangan[5]. Kurangnya pemahaman ini berisiko menimbulkan kesalahan diagnosa teknis yang dapat berdampak serius terhadap keselamatan operasi. Oleh karena itu, dibutuhkan media pembelajaran yang mampu menjelaskan prinsip kerja sensor thermocouple dengan pendekatan visual dan praktis.

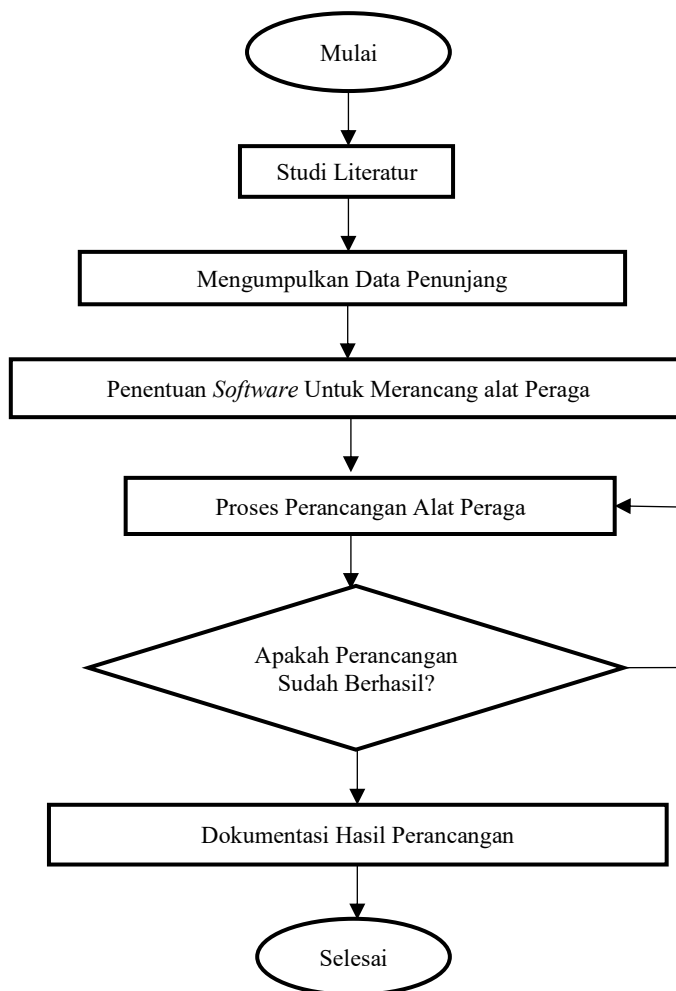
Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat peraga edukatif berbasis sensor thermocouple yang dapat merepresentasikan sistem pengukuran EGT sebagaimana diterapkan pada engine pesawat. Alat peraga dirancang menggunakan software AutoCAD untuk memvisualisasikan aspek dimensi dan konstruksi mekanis, serta Arduino IDE untuk mengembangkan sistem pembacaan suhu dan konversi sinyal elektronik. Dengan alat ini, pengguna dapat memahami alur konversi suhu menjadi sinyal listrik, proses pembacaan data oleh mikrokontroler, hingga tampilan output berupa satuan suhu. Diharapkan, alat ini dapat menjadi sarana belajar interaktif yang efektif untuk mengenalkan prinsip kerja thermocouple, meningkatkan literasi teknis dalam bidang instrumentasi penerbangan, serta memperkuat kesiapan teknis bagi calon teknisi dan praktisi industri dirgantara.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam perancangan alat peraga sensor *thermocouple exhaust gas temperature* ini dilakukan dengan pendekatan rekayasa sistem yang melibatkan proses desain mekanik, kelistrikan, serta pemrograman. Perancangan dimulai dengan identifikasi kebutuhan akan alat bantu edukatif yang

mampu merepresentasikan sistem pemantauan temperatur gas buang (*Exhaust Gas Temperature* atau EGT) pada mesin turbin pesawat secara aman dan fungsional[6]. Perancangan ini mencakup berbagai aspek mulai dari pembuatan *wiring diagram*, rancangan visual dimensi menggunakan *AutoCAD*, hingga penyusunan program pada *Arduino IDE*.

Gambar 1 merupakan representasi visual dari tahapan-tahapan proses yang dilakukan selama penelitian. Dengan menggunakan diagram alir, alur kerja dari awal hingga akhir penelitian dapat digambarkan secara sistematis dan mudah dipahami. Setiap tahapan dalam diagram alir menunjukkan urutan logis kegiatan yang dilakukan, mulai dari identifikasi masalah, perancangan alat, pengumpulan data, hingga analisis hasil.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Pada hasil penelitian dilakukan dokumentasi hasil perancangan diantaranya *wiring diagram*. *Wiring diagram* berfungsi sebagai representasi visual dari sistem kelistrikan alat peraga yang memuat koneksi antara sensor thermocouple, mikrokontroler Arduino, serta komponen pendukung lainnya seperti display dan catu daya. Diagram ini dibuat untuk menunjukkan jalur distribusi sinyal dan daya antar komponen secara jelas, yang selanjutnya menjadi acuan utama dalam proses perakitan fisik alat peraga menggunakan perangkat lunak *AutoCAD*. *AutoCAD* memungkinkan proses perancangan komponen secara dua dan tiga dimensi secara presisi, mulai dari penempatan sensor, bentuk *casing*, hingga kedudukan panel indikator. Keakuratan dimensi dan detail desain dalam *AutoCAD* mendukung kesesuaian alat dengan prinsip ergonomis dan kepraktisan saat digunakan dalam proses pembelajaran.

Setelah aspek kelistrikan dan mekanik selesai dirancang, tahap berikutnya adalah pemrograman mikrokontroler menggunakan *Arduino IDE*. Proses ini mencakup penulisan dan pengujian kode

program yang bertugas membaca sinyal analog dari sensor *thermocouple*, mengubahnya menjadi nilai temperatur yang sesuai, dan menampilkannya ke dalam satuan derajat Celsius atau Fahrenheit di layar indikator. Dalam proses pemrograman ini diperlukan pemahaman logika, algoritma, serta bahasa pemrograman tingkat dasar hingga menengah, khususnya dalam bahasa C/C++ yang digunakan oleh *Arduino*.

Sistem kerja sensor *thermocouple* yang digunakan dalam alat peraga ini mengacu pada prinsip efek termoelektrik, di mana dua logam berbeda menghasilkan tegangan listrik akibat perbedaan suhu di antara ujung-ujungnya. Sensor ini diletakkan pada bagian yang mensimulasikan aliran gas buang dari turbin, dan mampu mendeteksi perubahan temperatur secara *real time*. *Thermocouple* dipilih karena keandalannya dalam mengukur suhu tinggi dan kestabilannya terhadap gangguan lingkungan. Sensor ini telah digunakan luas dalam berbagai aplikasi industri sebagai alat ukur suhu yang akurat dan responsif [4]. Dalam konteks penerbangan, pemantauan EGT sangat penting terutama saat proses *starting cycle*, di mana peningkatan suhu yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kerusakan cepat pada komponen mesin.

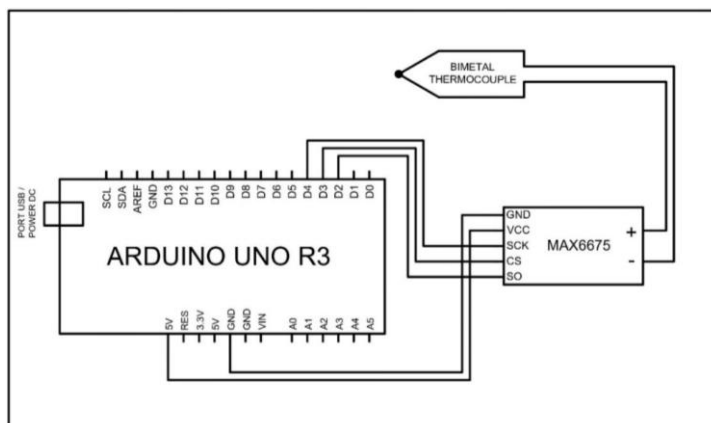
Untuk menggambarkan keseluruhan proses penelitian secara sistematis, digunakan diagram alir yang menunjukkan tahapan kegiatan mulai dari identifikasi masalah, studi literatur, perancangan alat, penyusunan kode program, perakitan perangkat keras, hingga pengujian dan analisis hasil. Setiap langkah disusun secara logis untuk memastikan keberhasilan alat peraga sebagai media pembelajaran yang efektif dalam memahami sistem pemantauan EGT pada mesin turbin gas pesawat.

III. HASIL DAN DISKUSI

Proses perancangan alat peraga sensor *thermocouple* akan dilakukan menggunakan 2 *software* berbeda. Perancangan rangkaian *wiring diagram* sensor *thermocouple* untuk *exhaust gas temperature* dilakukan menggunakan *software AutoCAD* sedangkan perancangan pemrograman atau *coding* alat peraga sensor *thermocouple* dilakukan menggunakan *software Arduino IDE*.

Proses perancangan *wiring diagram* alat peraga sensor *thermocouple* untuk *exhaust gas temperature* akan terbagi menjadi 3 bagian utama atau komponen[7]. Tiga bagian utama rancangan *wiring diagram* alat peraga sensor *thermocouple* untuk *exhaust gas temperature* tersebut antara lain yaitu rangkaian *bimetal thermocouple*, rangkaian *LCD* dan rangkaian *heating components*. Setelah rancangan 3 bagian utama rangkaian *wiring diagram* telah selesai dibuat, pada akhirnya ketiga bagian utama rangkaian tersebut akan digabungkan menjadi satu kesatuan rangkaian *wiring diagram* yang utuh. Daftar Komponen yang Ada pada Rangkaian *Wiring Diagram* yang akan digunakan pada perancangan alat peraga diantaranya *Arduino Uno R3*, *Bimetal Thermocouple* tipe K, *MAX 6675*, *LCD 1602*, *Heating Components (heat gun)*, *Relay 1 channel*, *Wire Connector (male-female/male-male)*, *Breadboard* (opsional).

Pada Gambar 2, *Arduino Uno R3* akan mendapat daya listrik 7-12V DC yang masuk dari port *USB* sekaligus suplai *power DC*, sedangkan *MAX 6675* akan menggunakan daya 5 volt dari *Arduino Uno R3*. *MAX 6675* akan mengolah sinyal dan meningkatkan tegangan yang timbul akibat adanya perbedaan potensial yang terdapat diujung bimetal *thermocouple* saat terkena sumber panas[8].



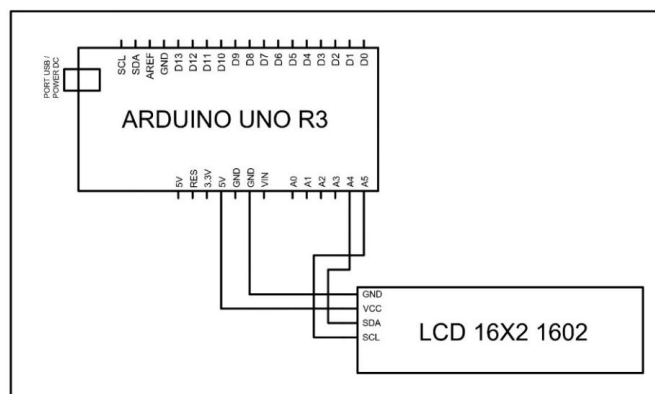
Gambar 2 Rangkaian bimetal *thermocouple*

Rancangan wiring diagram bimetal *thermocouple* pada gambar 4.1 memiliki rangkaian yang dilengkapi beberapa pin yang saling terkoneksi seperti di bawah ini:

- Pin D2 (*digital input*) Arduino dengan *SO (serial data out)* MAX 6675.
- Pin D3 (*digital input*) Arduino dengan *CS (chip select)* MAX 6675.
- Pin D4 (*digital input*) Arduino dengan *SCK (serial clock)* MAX 6675.
- Pin 5V (daya 5V) Arduino dengan *VCC (voltage common collector)* MAX 6675.
- Pin GND (*ground*) Arduino dengan *GND (ground)* MAX 6675.
- Terminal + (positif) MAX 6675 dengan + (positif) Bimetal *Thermocouple*.
- Terminal – (negatif) MAX 6675 dengan – (negatif) Bimetal *Thermocouple*.

3.1 Perancangan Rangkaian LCD

Pada rangkaian *wiring diagram LCD* sensor *thermocouple* pada gambar 4.2 akan ditampilkan simbol-simbol dari komponen *Arduino Uno R3* dan *LCD 16X2 1602*. *LCD* akan tersambung dengan *arduino Uno R3* sesuai dengan koneksi pin pada *wiring diagram*. *Arduino Uno R3* akan mendapat daya listrik 7-12V DC dari *port USB*, sedangkan *LCD* akan mendapat daya 5V DC yang dialirkan dari *Arduino Uno R3*[9].



Gambar 3 Rangkaian *LCD thermocouple*

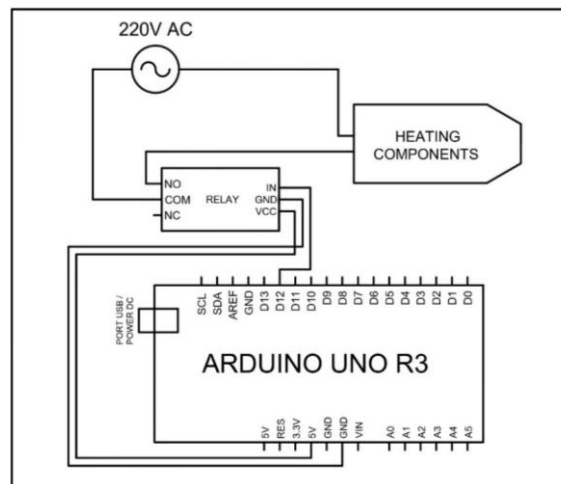
Rancangan rangkaian *wiring diagram LCD* pada Gambar 3 memiliki rangkaian yang dilengkapi beberapa pin yang saling terkoneksi seperti di bawah ini:

- Pin 5V (daya 5V) Arduino dengan *VCC (voltage common collector)* LCD.
- Pin GND (*ground*) Arduino dengan *GND (ground)* LCD.
- Pin A4 (analog pin) Arduino dengan *SDA (serial data line)* LCD.
- Pin A5 (analog pin) Arduino dengan *SCL (serial clock line)* LCD

3.2 Perancangan Rangkaian *Heating Components*

Pada rancangan alat peraga sensor *thermocouple* untuk *exhaust gas temperature*, *heating components* akan menggunakan *heatgun* 220V AC dan digunakan sebagai indikasi bisa berfungsi dengan baiknya pengukuran *temperature* yang dilakukan oleh bimetal *thermocouple*[10].

Heating components pada rangkaian ini bekerja dengan memberikan *temperature* berkisar antara 0-150° *celcius* dan akan diprogram otomatis mati apabila *temperature* telah mencapai 150° *celcius*, dan kembali menyala apabila *temperature* telah turun di angka 120° *celcius*.

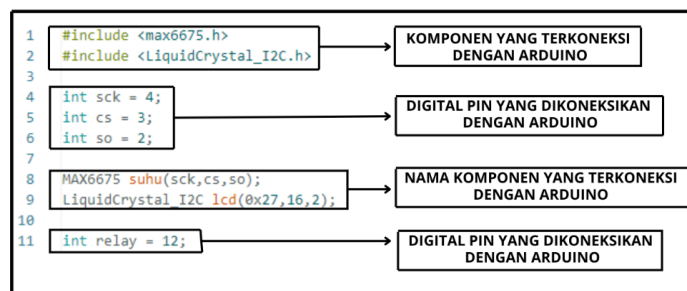


Untuk mempermudah proses perancangan, pemrograman alat peraga sensor *thermocouple* akan dibuat dengan 3 bagian program utama yaitu pemrograman komponen dan koneksi digital pin *Arduino*,

pemrograman fungsi *void setup* dan pemrograman fungsi *void loop*. Setelah 3 program utama selesai dirancang, maka ketiga program tersebut nantinya disatukan secara utuh sehingga menghasilkan program yang siap untuk digunakan oleh alat peraga sensor *thermocouple* untuk *exhaust gas temperature*.

3.5 Pemrograman Komponen dan Koneksi Digital Pin

Pemrograman yang pertama dilakukan adalah memasukkan daftar komponen dan koneksi pin dari komponen ke pin digital di *Arduino Uno R3*. Pastikan komponen yang dikoneksikan dengan *Arduino Uno R3* harus terdaftar di *library manager* pada *software Arduino IDE* hal itu dilakukan agar tidak terjadi *error* saat proses pemrograman di *Arduino IDE*. Untuk menentukan bahwa ada pemrograman yang *error* atau tidak dapat dilihat pada sub bab hasil perancangan yang akan dibahas diakhir bab IV.



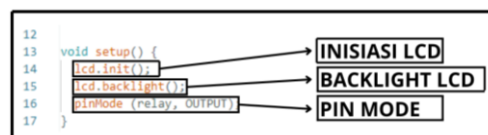
Gambar 5 Pemrograman komponen dan koneksi pin

Dalam Gambar 5 diatas setidaknya ada 4 poin utama penjelasan mengenai proses pemrograman yang dilakukan dan akan diuraikan sebagai berikut:

- Sebelum melakukan pemrograman pastikan 2 komponen yang masuk ke daftar yaitu *max6675.h* dan *liquidCrystal_I2C.h* harus sudah ada dalam daftar *library manager* di *software Arduino IDE*.
- Digital pin yang terkoneksi dengan *arduino* merupakan daftar pin yang harus dimasukkan ke *software Arduino IDE*. Pada pemrograman ini pin `sck`, `cs`, `so` merupakan daftar koneksi pin yang ada di *MAX 6675* dan pin tersebut nantinya harus dikoneksikan ke digital pin 2, 3, 4 di *board Arduino Uno R3*.
- Nama komponen yang terkoneksi dengan *Arduino* merupakan penamaan yang dilakukan untuk pemrograman seperti program pada gambar 4.5 yaitu *MAX 6675* sebagai nama untuk pemrograman pengukuran *temperature* dan *LiquidCrystal* untuk pemrograman *LCD*.
- Digital pin yang terkoneksi dengan *arduino* merupakan daftar pin yang harus dimasukkan ke *software Arduino IDE*. Pada pemrograman ini pin 12 merupakan digital pin yang harus dikoneksikan dengan *relay* sesuai dengan *wiring diagram*.

3.6 Pemrograman Void Setup

Pemrograman *void setup* akan mencakup beberapa program untuk menyalakan atau perintah ke beberapa komponen. Pada pemrograman ini setidaknya akan ada 3 perintah *void setup* yang akan dijalankan.



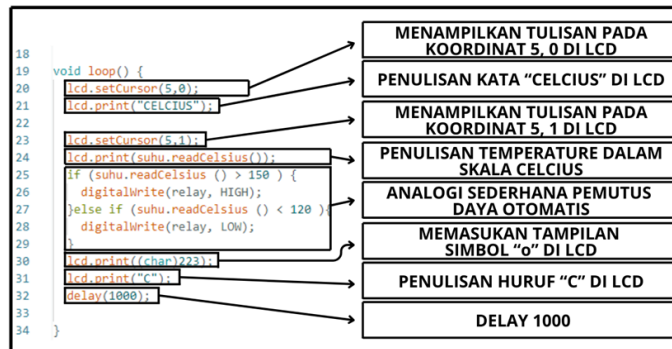
Gambar 6 Pemrograman void setup

Dalam Gambar 6 di atas setidaknya ada 3 nomor poin utama penjelasan mengenai proses pemrograman yang dilakukan dan akan diuraikan sebagai berikut:

- Inisiasi *LCD* merupakan perintah untuk bekerjanya *LCD*.
- Backlight *LCD* merupakan perintah untuk menyalanya *backlight* atau cahaya latar *LCD*.
- Pin mode merupakan perintah digital pin *relay* (12) sebagai pin *output*.

3.7 Pemrograman *Void Loop*

Pemrograman ini akan memiliki setidaknya 8 nomor pemrograman yang akan mencakup beberapa program yaitu antara lain untuk program *LCD* dan *on/off* otomatis *heating components*. Bisa dikatakan hampir seluruh komponen yang ada pada alat peraga akan memerlukan pemrograman *void loop* dalam pengoperasiannya.



Gambar 7 Pemrograman *void loop*

Dalam Gambar 7 diatas setidaknya ada 8 nomor poin utama penjelasan mengenai proses pemrograman yang dilakukan dan akan diuraikan sebagai berikut:

- Menampilkan tulisan pada koordinat 5, 0 di *LCD* merupakan perintah untuk menampilkan tulisan pada koordinat 5, 0 di *LCD*.
- Penulisan kata "*celcius*" di *LCD* merupakan perintah untuk menampilkan kata "*celcius*" di *LCD*.
- Menampilkan tulisan pada koordinat 5,1 di *LCD* merupakan perintah untuk menampilkan tulisan pada koordinat 5, 1 di *LCD*
- Penulisan *temperature* dalam skala celcius merupakan perintah dimana *LCD* menampilkan hasil pengukuran *temperature* dalam skala celcius.
- Analogi sederhana pemutus daya otomatis merupakan perintah untuk melakukan pemutusan daya ke *heating components* ketika *temperature* mencapai 150° *celcius*.
- Memasukkan tampilan simbol "o" di *LCD* merupakan perintah untuk menampilkan simbol "o" di *LCD*.
- Penulisan huruf "C" di *LCD* merupakan perintah untuk menampilkan huruf "C" di *LCD*.
- Delay 1000 merupakan perintah untuk melakukan *delay* 1000 (waktu tunda eksekusi kode program 1000 milidetik/1 detik).

3.8 Keseluruhan Pemrograman Alat Peraga

Pemrograman alat peraga pada *software Arduino IDE* yang telah dibahas setidaknya mempunyai 34 nomor perintah. Untuk mempermudah, semua perintah pemrograman alat peraga dapat dilihat pada Gambar 8.

```
1  #include <max6675.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3
4  int sck = 4;
5  int cs = 3;
6  int so = 2;
7
8  MAX6675 suhu(sck,cs,so);
9  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
10
11 int relay = 12;
12
13 void setup() {
14     lcd.init();
15     lcd.backlight();
16     pinMode (relay, OUTPUT);
17 }
18
19 void loop() {
20     lcd.setCursor(5,0);
21     lcd.print("CELCIUS");
22
23     lcd.setCursor(5,1);
24     lcd.print(suhu.readCelsius());
25     if (suhu.readCelsius () > 150 ) {
26         digitalWrite(relay, HIGH);
27     }else if (suhu.readCelsius () < 120 ){
28         digitalWrite(relay, LOW);
29     }
30     lcd.print((char)223);
31     lcd.print("C");
32     delay(1000);
33 }
34 }
```

Gambar 8 Keseluruhan program alat peraga

3.9 Hasil Perancangan Alat Peraga

Hasil perancangan alat peraga sensor *thermocouple exhaust gas temperature* bisa dilihat secara utuh setelah melalui beberapa tahapan utama perancangan *wiring diagram* pada gambar 4.4 dan pemrograman pada gambar 4.8 diatas. Secara garis besar, hasil perancangan tersebut telah siap untuk direalisasikan menjadi alat peraga sensor *thermocouple* untuk *exhaust gas temperature*.

Untuk memastikan hasil perancangan bisa direalisasikan, perlu perhatian khusus dalam proses pemasangan pin dan konektor sesuai rancangan *wiring diagram* dengan baik dan juga pastikan rancangan pemrograman bisa berjalan dengan baik dan tidak ada program yang *error*. Pengecekan program sendiri bisa dilakukan langsung pada *software Arduino IDE* dengan menekan icon “*verify*”, apabila program berhasil maka akan tertera tampilan *Done Compiling* sesuai pada gambar 4.11 di bawah.



```
thermocouple_1_ino
1 #include <max6675.h>
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3
4 int sck = 4;
5 int cs = 3;
6 int so = 2;
7
8 MAX6675 suhu(sck,cs,so);
9 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
10
11 int relay = 12;
12
13 void setup() {
14   lcd.init();
15   lcd.backlight();
16   pinMode(relay, OUTPUT);
17 }
18
19 void loop() {
20   lcd.setCursor(5,0);
21   lcd.print("CELCIUS");
22
23   lcd.setCursor(5,1);
24   lcd.print(suhu.readCelsius());
25   if (suhu.readCelsius() > 100 ) {
26     digitalWrite(relay, HIGH);
27   } else {
28     digitalWrite(relay, LOW);
29   }
30   lcd.print((char)223);
31   lcd.print("C");
32   delay(1000);
33 }
34
```

output

Sketch uses 5250 bytes (16%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 282 bytes (13%) of dynamic memory, leaving 1766 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

Done compiling

Gambar 9 Hasil *test* program

IV. KESIMPULAN,

Berdasarkan hasil penelitian dan proses perancangan yang telah dilakukan, telah berhasil dikembangkan sebuah alat peraga sensor thermocouple untuk pengukuran exhaust gas temperature (EGT) dengan menggunakan perangkat lunak AutoCAD untuk desain visual dan Arduino IDE untuk pengembangan sistem kontrol dan pemrograman. Alat ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler, sensor thermocouple tipe K yang dihubungkan melalui modul konversi sinyal MAX6675, LCD 1602 sebagai tampilan keluaran suhu, serta elemen pemanas dan sistem relay sebagai aktuator kendali suhu.

Rangkaian wiring diagram berhasil dirancang secara sistematis untuk menghubungkan seluruh komponen secara fungsional, sementara sistem pemrograman telah dikembangkan untuk mengatur logika kerja sensor dan aktuator secara otomatis. Dari hasil pengujian alat peraga, diketahui bahwa sistem mampu membaca suhu hingga batas maksimum 150°C. Ketika suhu mencapai nilai tersebut, sistem secara otomatis memutus daya melalui relay untuk menghentikan pemanasan, dan akan kembali menyambungkan daya saat suhu turun ke nilai 120°C. Proses penurunan suhu dari 150°C ke 120°C berlangsung dalam rentang waktu sekitar 15 hingga 30 detik tergantung pada kondisi lingkungan.

Dengan kemampuan tersebut, alat peraga ini tidak hanya berfungsi sebagai representasi kerja sensor thermocouple dalam sistem monitoring EGT, tetapi juga menunjukkan penerapan konsep kontrol

suhu otomatis dalam bentuk yang aplikatif dan mudah dipahami. Oleh karena itu, alat ini dapat dijadikan sebagai media edukatif yang efektif dalam membantu mahasiswa dan teknisi pemula memahami prinsip kerja dan implementasi thermocouple dalam sistem pemantauan suhu pada mesin pesawat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. M. Sinaulan, Y. D. Y. Rindengan, and B. A. Sugiyarso, "Perancangan alat ukur kecepatan kendaraan menggunakan ATmega 16," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 4, no. 3, 2015.
- [2] M. Hadi Widanto, R. Fitriansyah, S. Afandi, B. Rabeta, "Design Drop Weight Impact Testing for Landing Gear UAV LSU (LAPAN Surveillance UAV) Series Drop weight impact landing gear Finite element method UAV LSU Rig System," *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2025, doi: 10.35894/jtk.v10i1.230
- [3] A. Adriansyah and O. Hidyatama, "Rancang bangun prototipe elevator menggunakan microcontroller Arduino ATmega 328P," *Jurnal Teknik*, Universitas Mercubuana, Jakarta, 2013.
- [4] M. Wicaksono, *Exhaust Gas Temperature*, Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2019.
- [5] N. Wendri, I. W. Supardi, K. N. Suarbawa, and N. M. Yuliantini, "Alat pencatat temperatur otomatis menggunakan termokopel berbasis mikrokontroler AT89S51," *Buletin Fisika*, vol. 13, no. 1, pp. 29–33, 2012.
- [6] Y. S. D. Armando, "Rancang Bangun Alat Prototype Overheat Warning Exhaust Gas Temperature (EGT) pada PT6A-27 Berbasis Mikrokontroler Sebagai Alat Bantu Praktek di Hanggar Politeknik Penerbangan Surabaya," Diploma thesis, Politeknik Penerbangan Surabaya, 2021. [Online]. Available: <http://repo.poltekbangsby.ac.id/id/eprint/981>
- [7] F. M. Reza, "Rancang Bangun Pendingin Mesin Otomatis Menggunakan Sensor Thermocouple MAX6675 Berbasis Arduino Uno," Skripsi, Universitas Negeri Semarang, 2022. [Online]. Available: <https://lib.unnes.ac.id/65571>
- [8] B. Barmawi, A. Azhar, and M. Kamal, "Rancang bangun penggunaan sensor thermocouple pada alat penyangrai biji coklat secara otomatis berbasis Arduino Uno," *Jurnal TEKTRONIKA*, vol. 11, no. 2, pp. 45–52, 2022.
- [9] Y. W. P. Prayudha, S. Fadhil, and S. Novianto, "Rancang bangun sistem pengukuran alat thermobath sebagai alat kalibrasi temperatur dengan sistem Arduino Uno," *Jurnal Asimetrik*, vol. 4, no. 1, pp. 25–34, 2022.
- [10] A. Triyoso, I. Azhar, and D. Minggu, "Rancang bangun deteksi temperatur gas buang, tekanan gas, dan gaya dorong roket pada alat uji thrust roket berbasis Arduino Uno," *Jurnal Telkommil*, vol. 1, no. 2, pp. 11–15, 2020.