

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batik merupakan salah satu warisan budaya Indonesia yang memiliki nilai seni dan ekonomi yang tinggi. Dalam proses pembuatannya, canting berperan sebagai alat utama untuk menorehkan malam atau lilin batik pada permukaan kain. Canting merupakan alat kecil yang terdiri atas gagang atau tangkai yang umumnya terbuat dari bambu, nyamplungan sebagai wadah malam, serta carat atau cucuk sebagai saluran keluarnya malam yang terbuat dari tembaga [1]. Pada penggunaan canting konvensional, pemanasan malam umumnya masih mengandalkan sumber panas eksternal seperti kompor, sehingga kestabilan suhu sangat dipengaruhi oleh pengaturan api dan keterampilan pengrajin. Kondisi ini menyebabkan suhu malam sulit dikendalikan secara konsisten. [2]. Kondisi ini menyebabkan suhu sulit dijaga secara stabil dan berpotensi menurunkan kualitas hasil pematikan.

Perkembangan teknologi mendorong lahirnya canting elektrik sebagai bentuk modernisasi alat pematikan. Canting jenis ini memanfaatkan elemen pemanas berbasis listrik untuk menjaga malam tetap mencair tanpa bergantung pada sumber panas eksternal. Meskipun demikian, berbagai prototipe canting elektrik yang telah dikembangkan masih memiliki keterbatasan, seperti desain yang kurang ergonomis, daya tahan material yang belum optimal, serta belum dilengkapi sistem kendali suhu otomatis [3]. Bambang Moyoretno melaporkan bahwa malam mulai meleleh pada suhu 55–65°C, sehingga pengendalian suhu pada rentang tersebut sangat penting untuk menjaga kestabilan proses pematikan. Suhu yang terlalu rendah menyebabkan malam tidak mencair sempurna dan alirannya terhambat, sedangkan suhu yang terlalu tinggi akan menurunkan viskositas malam secara berlebihan sehingga aliran menjadi sulit dikendalikan, menurunkan ketajaman motif, meningkatkan konsumsi energi, serta berpotensi merusak elemen pemanas [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan canting elektrik dengan sistem pemantauan suhu. Salah satunya adalah E-Canting yang dikembangkan oleh C. Faradila (2023) menggunakan mikrokontroler Arduino Nano untuk menjaga kestabilan suhu dan viskositas malam yang ditampilkan melalui LCD, serta dilengkapi tuas pengatur aliran malam. Sistem tersebut terbukti mampu membantu proses penerakan dan meminimalkan kebocoran malam pada kain batik [5]. Namun, sistem

pengendalian yang diterapkan masih memiliki keterbatasan dalam merespons gangguan termal secara adaptif, khususnya ketika terjadi perubahan kondisi operasi.

Dalam bidang otomasi, pengendali Proportional Integral Derivative (PID) merupakan metode yang banyak digunakan karena strukturnya sederhana dan mudah diimplementasikan. Namun, sistem pengendalian suhu pada umumnya memiliki karakteristik nonlinier, inersia termal yang besar, serta time delay yang signifikan. Kondisi ini menyebabkan PID konvensional dengan satu masukan dan satu keluaran (single-input single-output) kurang mampu memberikan respons yang cepat dan optimal, terutama pada sistem termal seperti pemanas canting elektrik. PID bekerja berdasarkan nilai error antara setpoint dan suhu aktual, sehingga aksi pengendalian baru terjadi setelah kesalahan muncul. Akibatnya, sistem sering mengalami keterlambatan respons, overshoot, dan waktu penetapan yang relatif lama, serta performa yang menurun ketika terjadi perubahan kondisi operasi atau gangguan [6].

Sebagai alternatif, pengendali logika fuzzy (Fuzzy Logic Controller/FLC) dinilai lebih efektif dalam mengatasi keterbatasan PID konvensional. Logika fuzzy tidak memerlukan model matematis sistem yang presisi, melainkan menggunakan aturan berbasis pengetahuan linguistik seperti dingin, hangat, dan panas. Pendekatan ini memungkinkan sistem kendali merespons perubahan suhu secara lebih fleksibel dan adaptif. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa FLC mampu mengurangi overshoot, mempercepat pencapaian setpoint, serta menghasilkan kestabilan suhu yang lebih baik dibandingkan PID konvensional, khususnya pada sistem dengan dinamika kompleks dan time delay yang besar [7].

Dalam pengoperasian canting elektrik, sistem pengendalian suhu harus mampu menghadapi gangguan dinamis yang sulit dimodelkan, seperti perubahan suhu lingkungan, fluktuasi tegangan listrik, variasi jenis malam, dan kontak panas antara canting dan kain. Kondisi awal pemanasan dan jeda penggunaan juga dapat menyebabkan distribusi panas yang tidak merata sehingga memicu fluktuasi suhu secara tiba-tiba. Untuk mengatasi ketidakpastian dan nonlinieritas tersebut diperlukan sistem kendali yang adaptif dan responsif.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikembangkan sistem pengendalian suhu canting elektrik berbasis logika fuzzy metode Sugeno orde nol dengan dua aktuator (pemanas dan kipas pendingin) yang dikendalikan secara simultan melalui umpan balik. Metode Sugeno dipilih karena inferensinya lebih efisien secara komputasi dan lebih cepat merespon perubahan sistem dibandingkan metode fuzzy lain seperti Mamdani,

sehingga cocok untuk aplikasi kendali real-time pada mikrokontroler dengan sumber daya terbatas seperti Arduino Uno. Studi perbandingan dalam berbagai aplikasi kontrol fuzzy menunjukkan bahwa Sugeno sering kali memiliki waktu respon yang lebih cepat dan keluaran numerik yang stabil, yang mendukung performa sistem kendali nyata dalam menghadapi variasi dan gangguan proses yang cepat berubah [8].

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang bangun sistem kendali suhu pada cangking elektrik berbasis mikrokontroler Arduino Uno menggunakan logika fuzzy?
2. Bagaimana menguji dan menganalisis sistem kendali fuzzy pada cangking elektrik otomatis sistem kendali suhu berbasis logika fuzzy dalam menjaga kestabilan suhu malam pada set point tertentu ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang bangun sistem kendali suhu pada cangking elektrik berbasis mikrokontroler Arduino Uno menggunakan logika fuzzy?
2. Menguji dan menganalisis sistem kendali fuzzy pada cangking elektrik otomatis sistem kendali suhu berbasis logika fuzzy dalam menjaga kestabilan suhu malam pada set point tertentu ?

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat dari penelitian ini adalah mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik elektro dan sistem kendali otomatis. Secara akademis, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam penerapan pada pengrajin batik.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini difokuskan pada pengendalian suhu malam pada cangking elektrik, tidak membahas cangking tradisional yang dipanaskan menggunakan kompor.
2. Sistem pengendalian yang digunakan adalah logika fuzzy dengan dua output actuator, yaitu pemanas dan kipas pendingin.

3. Sensor yang digunakan untuk pemantauan suhu adalah termokopel tipe K, dan mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno.
4. Penelitian ini hanya menguji kestabilan suhu malam dan pengaruhnya terhadap viskositas malam serta aliran malam pada canting, tanpa mengevaluasi faktor lain seperti ketahanan elemen pemanas, variasi jenis kain, atau jenis malam.
5. Pengujian dilakukan dengan parameter suhu yang stabil sesuai set point tidak dengan melihat hasil gorsan canting pada kain.
6. Penelitian ini tidak membahas bentuk atau desain fisik canting, sehingga bentuk canting dianggap konstan dan tidak menjadi variabel penelitian.
7. Pengujian sistem dilakukan dalam kondisi laboratorium atau simulasi terbatas, sehingga faktor lingkungan eksternal seperti kelembapan dan suhu ruangan tidak dianalisis secara mendalam.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan dasar – dasar teori yang mendukung didasarkan hasil literatur dan jurnal.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang metode penelitian, lokasi dan waktu penelitian dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan bagaimana data diolah dan bagaimana data tersebut dibahas beserta analisisnya

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi ringkasan hasil utama penelitian yang menjawab rumusan masalah dan rekomendasi untuk penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan tentang sumber – sumber maupun buku – buku yang digunakan sebagai referensi atau acuan dalam penyusunan skripsi atau tugas akhir.