

# **Modifikasi Sistem Kontrol *Heater* Dengan *Display Thermocontrol* dan Sensor *Thermocouple* Pada Mesin *Cutting Wind Up* ITL.01.TL.01**

Wahyu Pebriansyah Asmara<sup>1)</sup>  
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal  
[wahyufebriansyah15@gmail.com](mailto:wahyufebriansyah15@gmail.com)

Paul Michael Siahaan<sup>2)</sup>  
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal  
[paul@poltek-gt.ac.id](mailto:paul@poltek-gt.ac.id)

Dharmanto<sup>3)</sup>  
Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal  
[dharmanto@poltek-gt.ac.id](mailto:dharmanto@poltek-gt.ac.id)

## **ABSTRAK**

PT. XYZ, sebuah pabrik ban sepeda motor, dimana pada salah satu mesin mengalami kerusakan pada mesin pemotong ITL.01.TL.01 akibat sistem pemanas yang *overheat*. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi sistem pemanas pada mesin ITL.01.TL.01 yang digunakan untuk memotong inner liner. Pemotongan manual menyebabkan variasi panjang inner liner (73-78 meter), yang berdampak pada efisiensi dan konsistensi produksi. Metode yang dilakukan adalah modifikasi sistem kontrol *heater*. Data diperoleh melalui observasi langsung dan dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Modifikasi yang dilakukan, termasuk penambahan sensor *thermocouple* untuk pemantauan suhu *real-time*, meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam kontrol suhu. Perhitungan daya menunjukkan sistem yang dimodifikasi bekerja dengan efisiensi energi yang lebih baik. Analisis uji T berpasangan menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan setelah modifikasi. Modifikasi ini memungkinkan mesin pemotong beroperasi, mengurangi variasi panjang material, dan meningkatkan efisiensi keseluruhan.

Kata Kunci: *heater*, *Inner Linner*, *Thermocontrol*, *Thermocouple*, Sistem Kontrol

## **ABSTRACT**

PT. XYZ, a motorcycle tire factory, encountered a malfunction in the ITL.01.TL.01 cutting machine due to an overheating heating system. This research aims to modify the heating system on the ITL.01.TL.01 machine used for cutting inner liners. Manual cutting caused variations in inner liner length (73-78 meters), impacting production efficiency and consistency. The improvement method involved modifying the heater control system. Data were obtained through direct observation and analyzed using descriptive statistics. The modification, including the addition of a thermocouple sensor for real-time temperature monitoring, improved accuracy and efficiency in temperature control. Power calculations showed that the modified system operated with better energy efficiency. Paired T-test analysis indicated a significant performance improvement after the modification. These modifications allowed the cutting machine to operate, reducing material length variation and increasing overall efficiency.

Key Words: *Heater*, *Inner Linner*, *Thermocontrol*, *Thermocouple*, Control System

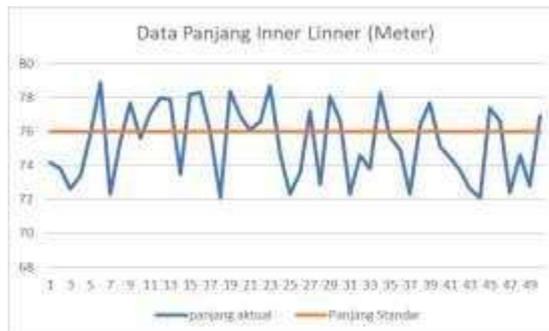
## I. PENDAHULUAN

Pada revolusi industri 4.0, yang sedang berkembang saat ini, memiliki potensi besar untuk berkembang di sektor industri yang memerlukan teknologi canggih. Setiap mesin dikembangkan dan diperbarui dengan menggunakan penelitian industri dan ilmu pengetahuan untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan bermutu tinggi [1].

Dalam melakukan inovasi teknologi, perusahaan pasti selalu mempertimbangkan kualitas, kuantitas, dan kepuasan konsumen apakah masih terjamin atau tidak, dengan mempertimbangkan *cost* yang digunakan untuk upaya inovasi seminimal mungkin namun tetap menjamin kualitas dan kuantitas produk. Di perusahaan PT. XYZ selalu berupaya untuk meningkatkan teknologi yang ada, dengan membentuk tim *improvement* di setiap *plant*.

PT. XYZ terus berinovasi dengan memodifikasi sistem *cutting* pada mesin ITL untuk meningkatkan efisiensi dan presisi dalam proses produksi. Modifikasi ini mengubah sistem kontrol *heater* untuk memanaskan cutter wind up pada mesin ITL.01. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan thermocontrol yang dapat memonitoring dan mengontrol suhu *heater* dengan sensor thermocouple sebagai pengukur suhu cutter. Dengan peningkatan ini, PT. XYZ dapat mengoptimalkan penggunaan *cost* dan mengurangi panjang inner liner yang bervariasi.

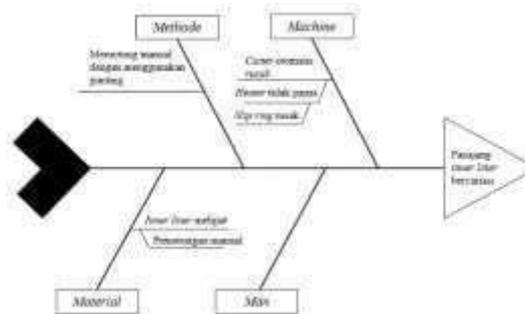
Ketika material *inner liner* mencapai panjang 76 meter. Maka, *cutting* otomatis bekerja memotong material *inner liner*. Tetapi terjadi kerusakan pada sistem kontrol *heater*. Sehingga membuat sistem *cutting* otomatis tidak dapat memotong material. Sistem kontrol sebelum modifikasi menggunakan sistem kontrol *open loop*, sehingga *heater* terjadi overheat dan menyebabkan sistem *heater* mengalami kerusakan. Oleh karena itu, menyebabkan operator memotong manual dengan menggunakan gunting dan itu sangat berbahaya untuk keselamatan operator. Dengan pemotongan manual tersebut menyebabkan panjang *inner liner* bervariasi dan menghambat pada proses *building* sehingga operator harus melakukan *top up* untuk menambah *inner liner*. Oleh sebab itu, *cycle time* berkurang dan target produksi tidak tercapai. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1, bahwa dalam sehari terdapat banyak variasi panjang material tidak sesuai dengan standar.



Gambar 1. Data Panjang *Inner Linner* pada Mesin ITL.01

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat variasi panjang *inner liner* setiap harinya. Oleh karena itu, permasalahan di analisis dengan menggunakan *diagram fishbone* sebagai berikut :

Berdasarkan analisa permasalahan tersebut perlu adanya modifikasi sistem *heater*. Modifikasi alat tersebut dilakukan atas dasar beberapa unsur, yaitu unsur manusia, mesin dan metode yang ada pada sistem *heater* yang tidak panas. Dimana pada kondisi saat ini, *cutting* otomatis tidak bekerja dan menggunakan pemotongan manual.

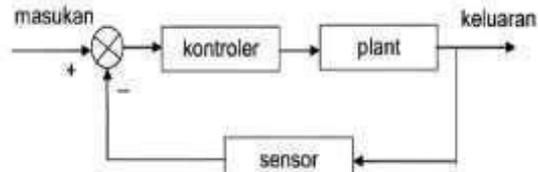


Gambar 2. *Diagram fishbone*

Pada penelitian sebelumnya yang melakukan penelitian dengan Rancang Bangun Alat Kalibrasi Pengukur Suhu Berbasis Digital Temperature controller. Hasil kajian yang diperoleh pada penelitian tersebut Dalam penelitian ini, digunakan sistem pengendalian *close loop*, di mana output yang dihasilkan akan dibandingkan dengan input yang berasal dari umpan balik [2]. Terdapat pula pada penelitian sebelumnya ditemukan kajian yang berjudul Analisis Pengaruh Jumlah Lilitan Koil Pada Pemanas Menggunakan Termocouple Tipe K Dengan Metode Induksi. Hasil dari kajian tersebut adalah diperoleh penelitian ini mengulas tentang perhitungan daya yang dibutuhkan untuk pemanas yang efisien dalam proses pemanasan [3].

Pada modifikasi ini, dilakukan penggantian sistem kontrol, sebelumnya yang beroperasi dengan *open loop* menjadi *close loop*. Dengan demikian, *heater* akan menyesuaikan *output* nya berdasarkan *feedback* dari sensor, memastikan suhu tetap stabil sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

*Close loop* adalah jenis pengendalian yang memanfaatkan informasi mengenai perilaku *system* berdasarkan *input* sebelumnya. Informasi ini diperoleh dari dampak *input* sebelumnya yang digunakan sebagai masukan bagi pengendali. Data ini penting bagi pengendali untuk mengevaluasi dan menyesuaikan sinyal *control* atau *input*. Salah satu bentuk khusus dari *control loop* tertutup, yang disebut "*self-regulation*," melibatkan penggunaan *input* yang sebagian besar berasal dari dalam *system* itu sendiri, dengan sedikit atau tanpa *input* eksternal yang signifikan [4].



Gambar 3. Konsep Dalsalr System Control  
*Close loop* [5]

Untuk memastikan sistem *heater* berfungsi secara efisien, kita perlu melakukan perhitungan daya *heater* yang diperlukan berdasarkan kapasitas ruang dan rentang suhu operasi yang diinginkan. Langkah ini penting untuk menentukan kebutuhan energi yang tepat dan mengoptimalkan kinerja sistem. Total daya *heater* yang dipasang secara paralel dapat dihitung berdasarkan persamaan (1) [3].

$$P_{Total} = P_1 + P_2 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

$P_{Total}$  = Total daya (W)

$P_1$  = Daya 1 (W)

$P_2$  = Daya 2 (W)

Untuk membuktikan efektivitas waktu terhadap energi yang diperlukan untuk *heater*, digunakan rumus perpindahan kalor yang dapat dihitung berdasarkan persamaan (2) [3].

$$Q = m \times c \times \Delta T \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

$Q$  = Kalor (J)

$m$  = Massa (kg)

$c$  = Kalor jenis zat (J/kg°C)

$\Delta T$  = Perubahan suhu (°C)

Kalor jenis merupakan karakteristik termal suatu benda yang menyatakan banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 kalori. Nilai kalor jenis dari beberapa bahan terdapat pada Gambar 4 [6].

Zat	$c$ (J/kg°C)	Zat	$c$ (J/kg°C)
Aluminium	900	Alkohol	2400
Tembaga	385	Air Raksa	140
Kaca	840	Air	4180
Baja/besi	450	Styrofoam	1300-1450
Timah hitam	130	Plastik	~660
Marmar	860	Kayu	1700
Perak	230	Tubuh manusia	3470

Gambar 4. Kalor Jenis Bahan [6]

Daya yang diperlukan dapat dihitung berdasarkan persamaan (3) [3].

$$P = Q/t \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

$P$  = Daya (W)

$Q$  = Kalor (J)

$t$  = Waktu (s)

Dalam membuat sistem kontrol *heater* untuk memonitoring dan mengontrol suhu maka digunakan *thermocontrol* dengan tipe E5CC-RX2ASM-80 Omron. *Thermocontroller* merupakan sebuah modul yang mampu mengatur suhu sesuai dengan nilai *setting* yang ditentukan. Modul ini menerima *input* dari sensor suhu yang mengukur suhu aktual, kemudian data tersebut diteruskan ke modul *thermocontroller*. *Input* dari sensor suhu tersebut kemudian diproses oleh modul ini untuk dibandingkan dengan *setting point* yang ditentukan. Proses ini akan mempengaruhi *output* yang dikirimkan oleh modul ke aktuatur, yang biasanya berupa elemen pemanas listrik. Sehingga, aktuatur akan selalu beroperasi sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh *thermocontroller* [2].



Gambar 5. *Thermocontroller* [7]

Untuk menampilkan suhu *heater* diperlukan sebuah *triger*, yaitu sensor *thermocouple*. *Thermocouple* merupakan sebuah sensor yang dapat mengukur suhu dan mengkonversi perubahan suhu menjadi sinyal listrik. Prinsip kerja *thermocouple* relatif sederhana. *Thermocouple* terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis yang dihubungkan pada ujungnya. Salah satu jenis logam konduktor pada *thermocouple* berperan sebagai referensi dengan suhu yang konstan, sementara logam konduktor lainnya berfungsi sebagai pengukur suhu yang dipantau [8].

Dalam sistem *heater* ini, digunakan kontaktor untuk mengontrol aliran listrik ke elemen pemanas. Kontaktor adalah perangkat listrik yang beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetik. Di dalam kontaktor, terdapat sebuah gulungan kawat yang, ketika dialiri arus listrik, menciptakan medan magnet di inti besi. Gaya magnet ini menyebabkan kontakannya tertarik, mengakibatkan kontak bantu *Normally Open* (NO) menutup dan *Normally Closed* (NC) membuka. Kontaktor ini sebagai sakelar otomatis yang dapat menghubungkan atau memutuskan daya berdasarkan sinyal dari kontroler, memastikan operasi *heater* berjalan dengan aman dan efisien [9].

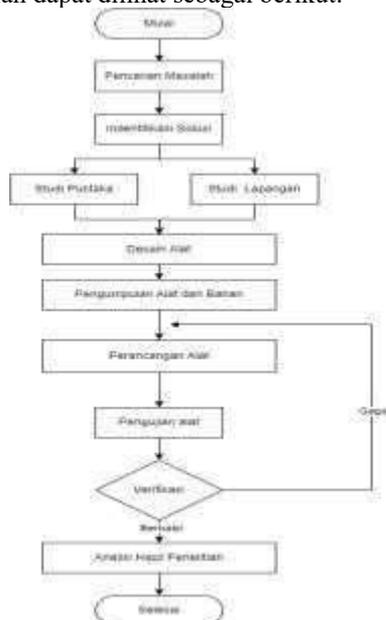


Gambar 6. Kontaktor [9]

## II. METODE PENELITIAN

### 1. Alur Penelitian

Alur penelitian berisi berisikan tentang tahapan dalam penelitian ini dilakukan. Adapun alur penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 7. Alur Penelitian

### 2. Pencarian Masalah

Tahap ini melibatkan pengenalan terhadap kondisi di lapangan untuk memahami proses dan sistem kerja serta mengidentifikasi masalah yang sering terjadi. Dalam proses ini, ditemukan masalah berupa *heater* yang mengalami *overheat* karena sistem kontrol masih menggunakan sistem kontrol *open loop*. Akibatnya, panas *heater* selalu mencapai nilai maksimal dan menyebabkan kerusakan pada sistem kontrol.

### 3. Identifikasi Solusi

Tahap identifikasi solusi bertujuan untuk merumuskan dan menjelaskan tujuan penelitian yang dilakukan pada bagian material, terutama saat proses pemotongan inner liner. Setelah berdiskusi, penulis mengusulkan ide untuk menambahkan sistem pemantauan dan pengendalian suhu

menggunakan *thermocontrol* dengan menambahkan *thermocouple* sebagai sensor yang dapat mengukur suhu pemotong.

### 4. Studi Pustaka

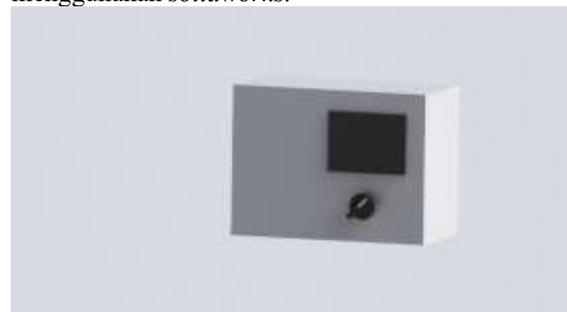
Pada tahap studi pustaka, penelitian ini mencakup analisis kegiatan atau penelitian serupa serta pencarian teori terkait dari sumber-sumber seperti buku, jurnal, dan artikel ilmiah. Langkah ini bertujuan untuk memastikan penelitian lebih terarah dan didukung oleh teori yang kuat, serta menggunakan referensi sebagai pedoman dalam proses penyusunan penelitian.

### 5. Studi Lapangan

Pada tahap studi lapangan, data dikumpulkan secara langsung dari lokasi atau konteks yang relevan menggunakan berbagai metode seperti observasi, wawancara, dan eksperimen. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang fenomena yang sedang diteliti, memverifikasi teori-teori yang ada, serta mengumpulkan data empiris yang diperlukan untuk analisis dan interpretasi.

### 6. Design Alat

Pada tahap ini dilakukan *design* modifikasi *system control cutting wind up* yang akan dibuat yang akan mengatur suhu *system heater* pada mesin *cutting*. Gambar 8 merupakan *design* modifikasi panel *system control heater* yang dibuat dengan menggunakan *solidworks*.



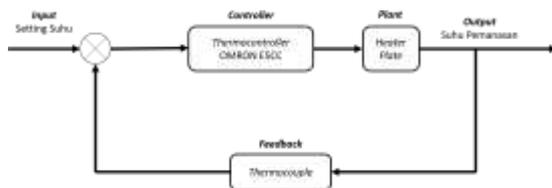
Gambar 8. Design Box Panel System Control Elektro Pada Heater

### 7. Pengumpulan Alat dan Bahan

ada tahap ini, ditentukan alat dan bahan yang akan digunakan untuk mendukung keberhasilan modifikasi sistem kontrol *heater* pada mesin *cutting* ITL.01.TL.01.

### 8. Perancangan Alat

Pada tahap ini, dilakukan penyusunan rancangan alat sesuai dengan *design* yang telah disiapkan *system control heater* dengan menggunakan *thermocontroller* untuk memonitoring dan mengontrol suhu pada *heater*. Gambar 24 merupakan diagram blok pada *system control heater*.



Gambar 9. Diagram Blok

Pengaturan suhu dilakukan dengan memasukkan nilai yang diinginkan, kemudian *thermocontroller* mengatur nilai *plan*, yaitu *heater*, untuk menghasilkan panas sesuai dengan perintah dari *controller*. *Output* dari *system* ini adalah suhu pemanasan yang dihasilkan oleh *heater* untuk mencapai suhu yang diinginkan. *Thermocouple* berperan sebagai sensor untuk mengukur suhu aktual yang dikirimkan kembali ke *controller* untuk dibandingkan dengan *setting* suhu yang diinginkan. *Controller* akan membandingkan *input* dan *feedback*, dan jika ada perbedaan, *controller* akan menghasilkan sinyal koreksi yang diteruskan ke *heater* untuk melakukan tindakan korektif dan menjaga agar *system* mencapai suhu yang sesuai dengan *setting* suhu.

### 9. Pengujian Alat

Pada langkah ini, evaluasi dilakukan terhadap kinerja *system control* listrik pada *system* pemanas mesin pemotong. Penilaian dilakukan untuk memastikan kesesuaian dengan standar yang ditetapkan dan mendeteksi keberadaan kesalahan. Selain itu, pengecekan juga dilakukan terhadap struktur alat yang telah dirancang untuk memastikan kesesuaian dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Jika ditemukan ketidaksesuaian dengan standar atau spesifikasi yang diinginkan, langkah berikutnya adalah kembali ke tahap perancangan untuk melakukan perbaikan yang diperlukan.

### 10. Penerapan Alat

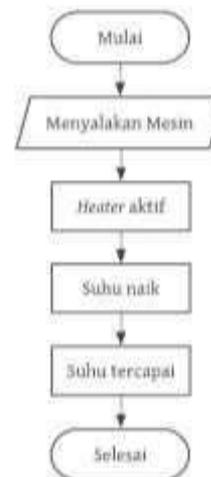
Pada tahap ini setelah alat yang dibuat sesuai dengan standar dan spesifikasi yang dibutuhkan dilakukan penerapan alat pada mesin ITL.01.TL.01. Sehingga alat yang telah dimodifikasi diharapkan dapat mengurangi variasi panjang *inner liner* yang dihasilkan.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Sistem Kontrol Heater Sebelum Modifikasi

*Heater cutter* ITL.01 sebelum dimodifikasi menggunakan sistem kontrol *open loop*. Alur kerja sistem kontrol ini sebelum modifikasi dapat divisualisasikan melalui *flowchart* yang ditunjukkan pada 10. *Flowchart* tersebut menggambarkan langkah-langkah yang diambil oleh sistem untuk mengatur operasi *heater cutter*, dari *input* awal hingga *output* yang dihasilkan, tanpa adanya umpan balik untuk penyesuaian otomatis selama proses

berlangsung.

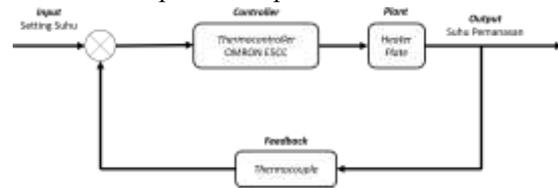


Gambar 10. Sistem Kontrol Sebelum Modifikasi  
Cara kerja *heater cutter* ITL sebelum cara kerja modifikasi, yaitu:

1. Cara kerja diawali dengan menyalakan mesin yang akan mengaktifkan *heater*.
2. Setelah aktif maka suhu *heater* akan naik secara perlahan.
3. Suhu akan terus meningkat hingga suhu maksimal *heater plate* tercapai
4. *Heater* akan terus aktif walaupun suhu maksimal telah tercapai.

### B. Sistem Kontrol Heater Sesudah Modifikasi

Blok diagram sistem kontrol *heater plate* setelah modifikasi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Blok Diagram Sistem Kontrol Heater Sesudah Modifikasi

Penyesuaian suhu dilakukan dengan memasukkan nilai suhu yang dikehendaki, yang kemudian diatur oleh *thermocontroller*. *Thermocontroller* bertanggung jawab untuk mengatur operasi *heater* agar menghasilkan panas sesuai dengan instruksi dari *controller*. Sistem ini memiliki *output* berupa suhu pemanasan yang dihasilkan oleh *heater*, yang bertujuan untuk mencapai suhu yang telah ditetapkan. *Thermocouple* berperan sebagai sensor untuk mengukur suhu aktual yang dihasilkan oleh pemanas, dan informasi ini dikirimkan ke *controller* untuk dibandingkan dengan nilai suhu yang diinginkan. *Controller* membandingkan *input* dengan umpan balik dan jika terdapat perbedaan, *controller* akan menghasilkan sinyal koreksi yang sesuai. Sinyal koreksi ini kemudian diteruskan ke *heater* untuk melakukan

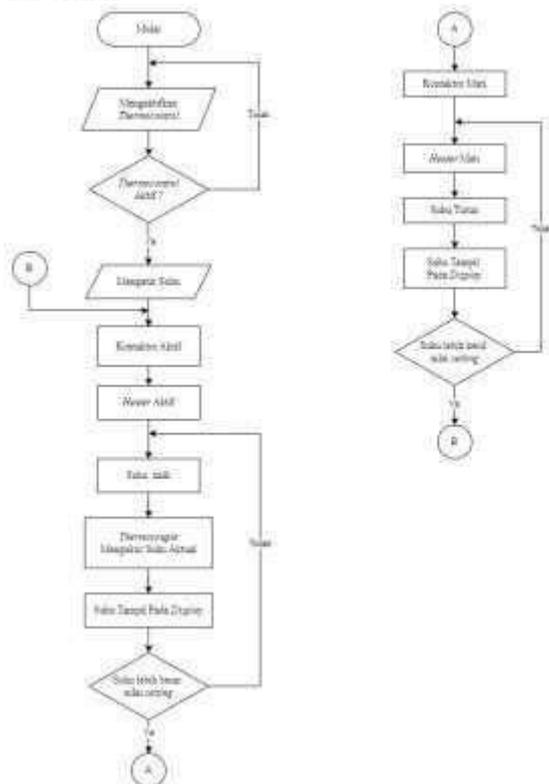
penyesuaian yang diperlukan guna memperbaiki suhu pemanasan dan memastikan sistem mencapai suhu yang sesuai dengan nilai yang diinginkan. Sistem kontrol *heater* setelah dimodifikasi terlihat dalam Gambar 12.



Gambar 12. Panel Sistem Kontrol *Heater* Sesudah Modifikasi

### C. Cara Kerja Sistem Kontrol *Heater* Sesudah Modifikasi

*Flowchart* yang menggambarkan cara kerja sistem kendali dan pemantauan *heater cutter* ITL.01 setelah dilakukan modifikasi dapat dilihat pada Gambar 13. Gambar tersebut menyajikan visualisasi yang lebih rinci mengenai langkah-langkah yang diambil oleh sistem yang telah diperbarui, termasuk bagaimana kontrol dan pemantauan dilakukan untuk memastikan operasi *heater cutter* yang lebih efisien dan efektif.



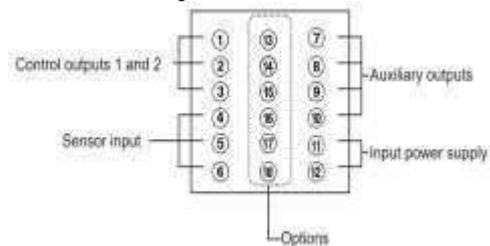
Gambar 13. Diagram Alur *Heater Cutter* ITL Sesudah Modifikasi

Cara kerja sistem kendali *Heater cutter* setelah modifikasi berdasarkan pada Gambar 13 yaitu:

1. Cara kerja diawali dengan mengaktifkan *Digital Temperature Controller*. Setelah itu kita perlu mengatur *set value* suhu pada nilai 180°C dan Kontaktor *Output* akan mengaktifkan *heater* yang membuat suhu *heater* akan terus naik hingga mencapai suhu yang telah diatur.
2. *Thermocouple* sebagai sensor yang akan mengukur nilai suhu aktual. *Digital Temperature Controller* akan secara terus menerus membandingkan suhu aktual tersebut dengan suhu *set value*.
3. Setelah suhu *heater* berada di atas 180°C, kontaktor *output* akan memutuskan arus listrik yang membuat *heater* mati dan kemudian suhu *heater* menurun secara perlahan. Saat suhu *heater* berada di bawah 175°C, kontaktor *output* akan kembali menghubungkan arus listrik yang membuat suhu *heater* naik kembali secara perlahan.
4. Proses ini terjadi secara berulang untuk mempertahankan suhu sesuai dengan *set value* yang telah diatur

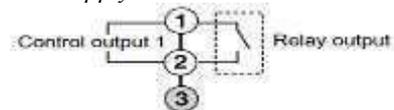
### D. Wiring Diagram *Heater Cutter* ITL

Sistem kontrol *heater* telah dimodifikasi dengan penambahan monitor dan kontrol menggunakan Omron *Temperature Control* E5CC-RX2ASM-800. Sensor *Thermocouple* akan mengukur suhu aktual *heater* dan mengirimkannya sebagai *input* ke *thermocontroller*. Seluruh kabel penghubung dari *heater cutter* dapat dilihat dalam Gambar 14-17.



Gambar 14. Wiring Modul *Thermocontroller* OMRON E5CC

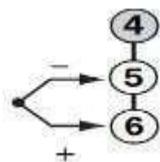
Pada Gambar 14 dapat dilihat 18 terminal pada modul *thermocontroller* OMRON E5CC yang terbagi menjadi beberapa bagian di antaranya *control output*, *sensor input*, *auxiliary output*, dan *input power supply*.



Gambar 15. Wiring Control Output OMRON E5CC-RX2ASM-800

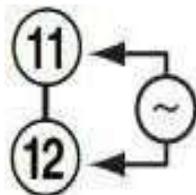
Di Gambar 15 terdapat dua terminal modul kontrol *output* OMRON E5CC E5CC-RX2ASM-800. Modul ini menyediakan *output* tegangan

sebesar 250VAC 3A untuk memasok daya ke *heater plate*. Modul ini memiliki satu terminal kontrol *output* yang diatur melalui kontaktor *output*. Terminal 1 dan 2 terhubung ke dua *heater plate* yang terhubung secara paralel.



Gambar 16. *Wiring Sensor Input* OMRON E5CC-RX2ASM-800

Gambar 16 menampilkan dua terminal modul sensor *input* OMRON E5CC E5CC-RX2ASM-800. Modul ini dilengkapi dengan terminal sensor *input universal* yang dapat dipasangkan dengan berbagai jenis sensor suhu. *Wiring* untuk *thermocouple* dapat dilihat pada Gambar 16, yang terhubung pada terminal 5 dan 6.



Gambar 17. *Wiring Input Power Supply* OMRON E5CC-RX2ASM-800

Di Gambar 17, terdapat dua terminal modul *input power supply* OMRON E5CC E5CC-RX2ASM-800. Untuk beroperasi, modul ini memerlukan *input power supply* berkisar antara 100 hingga 240 VAC, yang harus terhubung ke terminal 11 dan 12.

### E. Setting Parameter Heater Cutter ITL

Dalam menjalankan fungsinya, *thermocontroller* OMRON E5CC membutuhkan beberapa penyesuaian parameter agar dapat beroperasi sesuai dengan persyaratan *heater* yang digunakan. Berikut adalah beberapa pengaturan parameter yang diperlukan.

#### A. Input Type

Tabel 1 menerangkan parameter *Input Type* seperti berikut.

Tabel 1. *Input Type*

Parameter	Nama	Set Value
CN - t	<i>Input Type</i>	5 : <i>Thermocouple</i> tipe P (-200 to 1300°C).

Parameter CN - t merupakan parameter yang penting untuk menetapkan jenis sensor suhu yang akan digunakan. Nilai parameter ini di set pada nilai 5 karena menggunakan *thermocouple* tipe P yang dapat mengukur suhu mulai dari -200 hingga

1300°C. Dengan kemampuan tersebut, *thermocouple* tipe P memberikan fleksibilitas dan akurasi yang tinggi dalam aplikasi yang membutuhkan pengukuran suhu dalam rentang yang lebar, sehingga sangat cocok untuk kebutuhan sistem yang memerlukan pemantauan suhu yang akurat.

#### B. Scaling Upper dan Lower Limit

Tabel 2 menerangkan parameter *Scaling Upper* dan *Lower Limit* seperti berikut.

Tabel 2. Parameter *Scaling Upper* dan *Lower Limit*

Parameter	Nama	Set Value
CN - H	<i>Scaling Upper Limit</i>	180
CN - L	<i>Scaling Lower Limit</i>	175

Parameter CN - H dan CN - L, atau *scaling upper limit* dan *scaling lower limit*, berfungsi untuk menetapkan batas suhu tertinggi dan terendah yang akan dikendalikan oleh *thermocontroller*. Batas atas ditetapkan pada 180°C dan batas bawah pada 175°C, sesuai dengan rentang suhu yang digunakan untuk *heater* pada *cutter* ITL sekitar 175 – 180°C.

#### C. Decimal Point

Tabel 3 menerangkan parameter *Decimal Point*.

Tabel 3. Parameter *Decimal Point*

Parameter	Nama	Set Value
dp	<i>Decimal Point</i>	0 : 0 digits <i>past decimal point. Example</i> : 1234

Parameter dp, atau *decimal point*, adalah parameter yang digunakan untuk menentukan jenis angka desimal yang akan dipakai. Nilai parameter ini diatur pada 0 karena suhu yang akan digunakan adalah angka desimal bulat, bukan pecahan.

#### D. Temperature Unit

Tabel 4 menerangkan parameter *Temperature Unit* seperti berikut.

Tabel 4. Parameter *Temperature Unit*

Parameter	Nama	Set Value
d - U	<i>Temperature Unit</i>	C :  Unit Celsius.

Parameter d - U, atau *temperature unit*, adalah parameter yang digunakan untuk menentukan satuan suhu yang dipakai. Parameter ini diatur ke C karena suhu akan dinyatakan dalam satuan *celsius*.

#### E. PID ON/OFF

Tabel 5 menerangkan parameter *PID ON/OFF* seperti berikut.

Tabel 5. Parameter *PID ON/OFF*

Parameter	Nama	Set Value
CNTL	<i>PID ON/OFF</i>	ON OFF : kendali relay output secara <i>on dan off.</i>

Parameter CNTL atau *PID ON/OFF* adalah parameter yang penting untuk mengatur bagaimana *thermocontroller* beroperasi terhadap *heater*. Parameter ini diatur ke *ON/OFF*, artinya *thermocontroller* akan memutuskan aliran listrik ke *heater* ketika suhu melebihi batas atas, dan akan menghubungkannya kembali ketika suhu turun di bawah batas bawah.

F. *Run/Stop*

Tabel 6 menerangkan parameter *Run/Stop* seperti berikut.

Tabel 6. Parameter *Run/Stop*

Parameter	Nama	Set Value
R-5	<i>Run/Stop</i>	<i>Run</i>

Parameter R-5 atau *Run/Stop* adalah parameter penting untuk mengaktifkan *thermocontroller* dalam mengendalikan *heater*. Parameter ini diatur ke *Run* setelah parameter lainnya disesuaikan, sehingga *thermocontroller* dapat beroperasi sesuai kebutuhan.

F. Perhitungan Kebutuhan Daya Heater

*Heater cutter* ITL.01 menggunakan *heater plate* sebanyak 2 buah yang memiliki daya masing-masing sebesar 1000 Watt. Penggunaan dua buah *heater* dengan mempertimbangkan efektivitas waktu, sehingga mengabaikan efisiensi daya. Massa besi dudukan *heater* adalah 13,497 kg, kapasitas kalor spesifik besi adalah 450 J/kg°C, suhu awal dudukan *heater* adalah 35 °C dan suhu yang ingin dicapai adalah 200 °C. Total daya *heater* yang dipasang secara paralel dapat dihitung berdasarkan persamaan (1).

Total daya *heater* yang dipasang secara paralel dapat dihitung berdasarkan persamaan (1).

$$P_{\text{Total}} = P_1 + P_2$$

$$= 1000 \text{ W} + 1000 \text{ W}$$

$$= 2000 \text{ Watt}$$

Untuk membuktikan efektivitas waktu terhadap energi yang diperlukan untuk *heater* dapat dihitung berdasarkan persamaan (2).

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$= 13,497 \text{ kg} \times 450 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times (200^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C})$$

$$= 1.002.152,25 \text{ Joule}$$

Target waktu yang diinginkan untuk memanaskan *heater* dari suhu awal 35 °C hingga suhu akhir 200 °C adalah 12 menit (720 detik). Daya yang diperlukan dapat dihitung berdasarkan persamaan (3).

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$= \frac{1.002.152,25 \text{ J}}{720 \text{ s}}$$

$$= 1.391,87 \text{ Watt}$$

Jadi, untuk memanaskan dua buah *heater* dari suhu awal 35 °C hingga suhu akhir 200 °C selama 12 menit dibutuhkan daya sekitar 1.391,87 Watt. Maka besar perhitungan kebutuhan daya diasumsikan sesuai dengan besar daya pada *heater* yang digunakan.

G. Pengujian Tampilan Layar *Thermocontroller*

Pengujian pada tahap ini dilakukan dengan membandingkan suhu *heater* yang ditampilkan pada layar *thermocontroller* dengan suhu aktual *heater*. Suhu aktual *heater* diukur menggunakan *thermometer*. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Tampilan Layar *Thermocontroller*

No	Suhu Tampilan Layar (°C)	Suhu Aktual (°C)	Selisih	Error %
1	189	187	2	1,07%
2	190	193	3	1,55%
3	191	191	0	0,00%
4	190	188	2	1,06%
5	190	191	1	0,52%
6	188	189	1	0,53%
7	187	190	3	1,58%
8	190	188	2	1,06%
9	189	189	0	0,00%
10	191	190	1	0,53%

Dari tabel 7 didapatkan rata-rata kesalahan antara nilai suhu pada tampilan *display* dengan suhu aktual sebesar 0,79% dari 10 kali percobaan yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa pemantauan suhu yang dilakukan oleh *thermocontroller* dapat dilakukan dengan baik.

H. Pengujian Kendali Suhu Heater

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas pengendalian suhu *heater* oleh *thermocontroller* dalam memotong material *inner liner*. Untuk memotong material *inner liner*, diperlukan *cutter wind up* ITL dengan suhu antara 170-200 °C. Jika suhu *cutter* berada di luar rentang tersebut, hasil potongan akan kurang baik dan mempengaruhi kualitas material. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengujian Kendali Suhu Heater

No	Suhu Heater (°C)	Suhu Pisau (°C)	Hasil Potongan
1	200	201	OK
2	191	193	OK
3	181	179	OK
4	169	170	OK

Tabel 8. Lanjutan

No	Suhu Heater (°C)	Suhu Pisau (°C)	Hasil Potongan
5	158	161	Terpotong 80%
6	150	152	Terpotong 75%
7	142	141	Terpotong 70%
8	133	130	Terpotong 65%
9	120	121	Terpotong 60%
10	111	112	Terpotong 55%

Pada Tabel 8 dapat diketahui bahwa dari 10 kali percobaan pemotongan material *Inner Linner* setelah *heater* dimodifikasi, semua percobaan memiliki hasil potongan yang berbeda-beda menandakan memotong inner linner dengan hasil potongan sepenuhnya menggunakan suhu sekitar 170-200°C.

**I. Analisis Sebelum dan Sesudah Modifikasi**

Analisis yang dilakukan pada modifikasi cutter inner liner ini menggunakan uji paired sample T-test dengan pengambilan data sebanyak 50 sampel untuk setiap pengujian. Data yang diambil sebelum dan setelah modifikasi sistem dapat dilihat pada Tabel 9

Tabel 9. Data Panjang Inner Linner

Sampe l Ke-	Sebelum Modifikasi		Sesudah Modifikasi	
	Tangga l	Data Panjang Inner Linner (Meter)	Tangga l	Data Panjang Inner Linner (Meter)
1	04 Mar 24	74,2	13 May 2024	77,0
2	04 Mar 24	73,8	2024	75,9
3	04 Mar 24	72,6	2024	77,1
4	04 Mar 24	73,4	2024	75,8
5	04 Mar 24	75,8	2024	76,4
6	04 Mar 24	78,9	2024	76,1
7	04 Mar 24	72,3	2024	75,3
8	04 Mar 24	75,5	2024	77,5
9	04 Mar 24	77,7	2024	76,7
10	04 Mar 24	75,6	2024	77,6

Tabel 9. Lanjutan

Sampe l Ke-	Sebelum Modifikasi		Sesudah Modifikasi	
	Tanggal	Data Panjang Inner Linner (Meter)	Tanggal	Data Panjang Inner Linner (Meter)
11	05 Mar 24	77,1	14 May 2024	75,9
12	05 Mar 24	78	14 May 2024	77,1
13	05 Mar 24	77,9	14 May 2024	77,3
14	05 Mar 24	73,5	14 May 2024	75,4
15	05 Mar 24	78,2	14 May 2024	76,6
16	05 Mar 24	78,3	14 May 2024	77,0
17	05 Mar 24	76	14 May 2024	77,3
18	05 Mar 24	72,1	14 May 2024	77,8
19	06 Mar 24	78,4	14 May 2024	75,6
20	06 Mar 24	76,9	2024	76,8
21	06 Mar 24	76,1	15 May 2024	76,2
22	06 Mar 24	76,6	15 May 2024	77,4
23	06 Mar 24	78,7	15 May 2024	75,6
24	06 Mar 24	74,6	15 May 2024	76,8
25	06 Mar 24	72,3	15 May 2024	77,3
26	06 Mar 24	73,6	15 May 2024	75,7
27	06 Mar 24	77,2	15 May 2024	76,2
28	06 Mar 24	72,9	15 May 2024	77,4
29	06 Mar 24	78,1	15 May 2024	77,0
30	06 Mar 24	76,6	15 May 2024	76,8
31	06 Mar 24	72,3	16 May 2024	75,9
32	06 Mar 24	74,6	16 May 2024	75,7
33	06 Mar 24	73,8	16 May 2024	76,5
34	06 Mar 24	78,3	16 May 2024	76,7
35	06 Mar 24	75,7	16 May 2024	76,1
36	06 Mar 24	74,9	16 May 2024	76,9
37	06 Mar 24	72,3	16 May 2024	77,2
38	07 Mar 24	76,4	16 May 2024	76,0

Tabel 9. Lanjutan

Sam pel Ke-	Sebelum Modifikasi		Sesudah Modifikasi	
	Tanggal	Data Panjan g Inner Linner (Meter)	Tanggal	Data Panjang Inner Linner (Meter)
39	07 Mar 24	77,7	16 May 2024	77,5
40	07 Mar 24	75,1	16 May 2024	75,2
41	12 Mar 24	74,5	20 May 2024	76,0
42	12 Mar 24	73,7	20 May 2024	75,4
43	12 Mar 24	72,6	20 May 2024	76,7
44	12 Mar 24	72,1	20 May 2024	75,3
45	12 Mar 24	77,4	20 May 2024	76,5
46	12 Mar 24	76,6	20 May 2024	77,6
47	12 Mar 24	72,4	20 May 2024	77,3
48	12 Mar 24	74,6	20 May 2024	75,2
49	12 Mar 24	72,8	20 May 2024	76,7
50 Tot	12 Mar 24	76,9	20 May 2024	77,9
<b>al</b>	<b>3767,6</b>	<b>Total</b>	<b>3826,9</b>	<b>Total</b>
<b>Ave</b>	<b>75,35</b>	<b>Averag</b>	<b>76,53</b>	<b>Averag</b>
<b>rage</b>		<b>e</b>		<b>e</b>

Dari tabel diatas dapat dilakukan pengujian selanjutnya dengan menggunakan uji *paired sample T test* untuk mengetahui hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

Untuk melakukan analisis Uji-T, penting untuk menentukan dasar pengambilan keputusan, salah satunya adalah nilai signifikansi. Nilai signifikansi yang umum digunakan dalam analisis adalah 5% atau 0,05 [10]. Sehingga dasar pengambilan keputusannya adalah sebagai berikut.

1. Jika nilai signifikansi (2 – failed) < 0,05, hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara persentase data sebelum dan sesudah modifikasi [10].
2. Jika nilai signifikansi (2 – failed) > 0,05, hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara persentase data sebelum dan sesudah modifikasi [10].

Berikut adalah hasil dari pengujian uji *paired sample T test* menggunakan aplikasi SPSS terdapat pada Gambar 18.

Paired Samples Statistics				
Pair	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
1. Sebelum Modifikasi	75.3520	50	2.16628	.30836
2. Sesudah Modifikasi	76.5380	50	2.6795	.38860

Gambar 18. Hasil Pengujian *Paired Sample Statistic*

Dari Gambar 18, dapat diperoleh hasil yaitu rata-rata persentase panjang variabel pada data sebelum modifikasi dibulatkan 75 meter dari 50 kali pengambilan sampel data. Sedangkan pada data setelah modifikasi diperoleh rata-rata panjang variabel yang terjadi selama pengambilan 50 sampel data yaitu sebanyak 76 meter. Peningkatan rata-rata variabel setelah modifikasi menandakan bahwa perubahan yang diterapkan berhasil mencapai tujuan yang diinginkan.

Paired Samples Test						
Paired Differences						
95% Confidence Interval of the Difference						
Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	One-Sided Sig.	Two-Sided Sig.
31338	-1.81578	58622	3.794	48	<.001	<.001

Gambar 19. Hasil Pengujian *Paired Samples Test*

Pada hasil Gambar 19, diperoleh bahwa nilai sig. (2-tailed) sebesar 0,001. Hal tersebut berarti nilai sig. (2-tailed) kurang dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya modifikasi sistem *cutter* dapat mempengaruhi hasil dari *variable* panjang yang sering terjadi.

#### IV. KESIMPULAN

Bedasarkan penelitian dengan dilakukan modifikasi sistem kontrol *heater* dengan pada mesin *cutting* ITL.01.TL.01, maka dapat disimpulkan telah berhasil meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam mengontrol dan memonitor suhu. Dengan adanya sensor *thermocouple*, suhu pada mesin dapat dipantau secara *real-time*, sehingga memungkinkan penyesuaian daya *heater* yang lebih presisi.. Perhitungan daya menunjukkan bahwa sistem yang dimodifikasi dapat bekerja dengan efisiensi energi yang lebih baik sehingga dalam waktu 12 menit dari suhu 35°C hingga 200°C membutuhkan daya sebesar 1.391,87 *watt*. Analisis uji *paired sample T test* yang dilakukan untuk membandingkan kinerja sistem sebelum dan sesudah modifikasi menunjukkan perbedaan yang signifikan, dengan hasil modifikasi, mesin *cutting* dapat beroperasi kembali. Sehingga dapat mengurangi panjang *variable* material, modifikasi ini berhasil meningkatkan keandalan dan efisiensi mesin *cutting* ITL.01.TL.01.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Satria and A. Halim, "PEMBUATAN SILINDER PNEUMATIC DI PT. SHIBA HIDROLIK PRATAMA," *Jurnal Serina Sains, Teknik dan Kedokteran*, vol. 1, no. 1, pp. 53–62, Feb. 2023, doi: 10.24912/jsstk.v1i1.27125.
- [2] F. Azharul, Rahmawati, Choiruddin, and Wilarso, "RANCANG BANGUN ALAT KALIBRASI PENGUKUR SUHU BERBASIS DIGITAL TEMPERATUR CONTROLLER," *TEKNOSAINS : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 109–116, Jul. 2021, doi: 10.37373/tekno.v8i2.103.
- [3] L. Aditya and E. P. Satrianto, "ANALISIS PENGARUH JUMLAH LILITAN KOIL PADA PEMANAS MENGGUNAKAN TERMOKOPEL TIPE K DENGAN METODE INDUKSI," *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, vol. 9, 2021.
- [4] Z. Noer and I. Dayana, *Buku Sistem Kontrol*. Guepedia, 2021. Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=wRRNEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=noer+dan+dayana&ots=CmBERowh4O&sig=ITPb0IQoR3eXiH80cS33rhyUmfl&redir\\_esc=y#v=onepage&q=noer%20dan%20dayana&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=wRRNEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=noer+dan+dayana&ots=CmBERowh4O&sig=ITPb0IQoR3eXiH80cS33rhyUmfl&redir_esc=y#v=onepage&q=noer%20dan%20dayana&f=false)
- [5] I. S. Parulian, T. Pangaribuan, and A. Simamora, "Implementasi Kontrol Lup Tertutup Multi Point Pada Pengatur Temperatur Oven Panggangan Roti," 2021.
- [6] Widayastuti and Ishafit, "Penentuan Kalor Jenis Bahan menggunakan Metode Pendinginan Newton dan Sensor Suhu DS18B20 Berbasis Arduino Uno," 2019.
- [7] M. Firdausi, R. Harfi, and A. R. Kurniansyah, "Pembuatan tungku perlakuan panas alumunium dengan temperatur maksimal 550 °C," *TEKNOSAINS : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 59–70, Oct. 2022, doi: 10.37373/tekno.v10i1.307.
- [8] B. Barmawi, A. Azhar, and M. Kamal, "Rancang Bangun Penggunaan Sensor Thermocouple Pada Alat Penyangrai Biji Coklat Secara Otomatis Berbasis Arduino Uno," *Jurnal tektro*, vol. 7, no. 1, pp. 1–5, 2023.
- [9] N. Indrihastuti, A. Prayoga, and M. A. Musyaffa, "Perancangan Kendali 2 Kontaktor Bekerja Berurutan Secara Otomatis Berbasis PLC CPM1A 40CDR\_A," 2021. [Online]. Available: [https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/cahaya\\_bagaskara/](https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/cahaya_bagaskara/)
- [10] D. Sunarti, E. Herianto, and S. Istiningasih, "Penerapan Metode Demonstrasi Menggunakan Media Miniatur Denah 3D untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Petunjuk Arah dan Rambu Lalu Lintas Matapelajaran Bahasa Indonesia Kelas 4 SDN 45 Ampenan Kata kunci," 2024. [Online]. Available: <http://jiip.stkipyapisdompnu.ac.id>