

Modifikasi *Heater* Pisau Ib Menggunakan *Heate Cylinder* dengan Sistem Pemantauan dan Kendali

Galang Arga Pangestu¹⁾

Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
galang.arga@student.poltek-gt.ac.id

Paul Michael Siahaan²⁾

Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
paul@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

PT. XYZ adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai macam ban sepeda motor. Dalam proses produksinya, terdapat beberapa proses yang harus dilalui, salah satunya adalah proses perakitan yang terjadi di dalam gedung mesin. Perakitan adalah proses penggabungan beberapa material penyusun ban, seperti IB, ply, bead, dan tread. IB merupakan material lapisan paling dalam dari ban yang terdiri dari material inner liner, cushion rubber, dan chaffer. Dalam proses produksinya, pemotongan IB membutuhkan pisau khusus yang telah dipanaskan dengan menggunakan heater. Pemanas pisau IB sering mengalami kerusakan, terutama pada mesin IMC 05 MC 02. Kerusakan yang terjadi adalah rusaknya heater. Kerusakan yang terjadi adalah patahnya plat heater, yang disebabkan oleh kurangnya sistem monitoring dan kontrol terhadap heater temperaturnya. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi IB knife heater dengan menggunakan silinder heater dan menerapkan sistem monitoring dan kontrol. Berdasarkan perhitungan, untuk memanaskan pisau dalam waktu 7 menit dibutuhkan dua buah heater dengan daya masing-masing 350 watt. dibutuhkan dua buah pemanas dengan daya masing-masing 350 watt. Sistem kontrol menggunakan termokontroler dengan sinyal masukan dari sebuah termokopel.

Kata Kunci: *Building*, Modifikasi, *Heater*

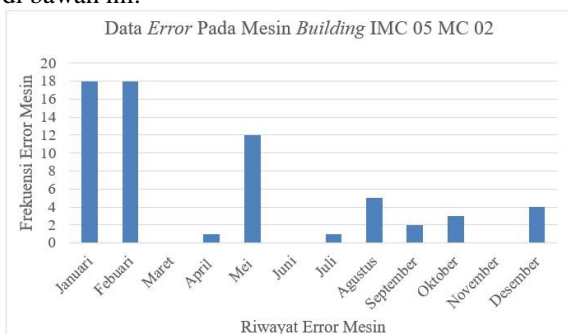
I. PENDAHULUAN

PT AFG merupakan perusahaan yang memproduksi ban (*tire*). PT AFG memiliki beberapa plant yang salah satunya adalah plant I. Plant ini memproduksi ban motor. Dalam proses produksi ban pada plant ini terdapat beberapa proses sebelum menjadi ban motor seutuhnya salah satunya yaitu proses *assembly*. Proses *assembly* adalah proses dimana komponen *tire* dari beberapa material seperti *tread*, *bead*, *ply*, dan *IB* digabungkan. Sehingga, output dari proses *assembly* ini berupa *green tire*. Proses *assembly* dilakukan pada mesin *building*. Mesin *building* plant I memiliki dua jenis yaitu tipe *Bladder Turn Up* (BTU) dan tipe *Herbert* (HBT). Pada tahun 2022, Plant BHI memiliki total target produksi sebesar 446.697, oleh karena itu mesin *building* khususnya pada tipe BTU yang digunakan untuk memproduksi ban *tubeless* tidak boleh terganggu dengan adanya *problem* mesin supaya target produksi dapat tercapai. Adapun data mengenai *Performance Tubeless Plant BHI Tahun 2022* terdapat pada Gambar I.



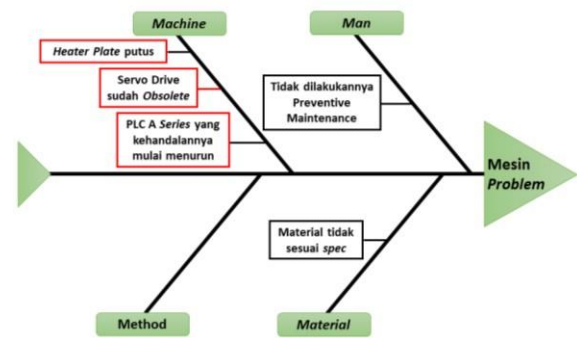
Gambar I. Data *Performance Tubeless Plant BHI Tahun 2022*

Pada faktanya, berdasarkan grafik data *Performance Tubeless Plant BHI Tahun 2022* menunjukkan bahwa *Actual Curing* dan produk yang masuk ke *Ware House* dari bulan Januari sampai dengan Desember 2022 selalu di bawah dari jadwal dan rencana produksi. Hal ini dikarenakan mesin BTU sering mengalami mesin *problem* akibat beberapa masalah salah satunya akibat kerusakan *heater* pisau IB. Pemotongan IB harus menggunakan pisau khusus yang telah dipanaskan dengan suhu tinggi. Data *error* dari mesin *building* IMC 05 MC 02 tahun 2020 dapat dilihat pada Gambar II di bawah ini.



Gambar II. Data *Maintenance Mesin Building*

Adapun fishbone diagram masalah ini terdapat pada Gambar III.



Gambar III. *Fishbone* Diagram Permasalahan Mesin *Building*

Pada Gambar III terdapat *fishbone* diagram dengan kepala ikan atau masalah berupa mesin *problem* atau bahkan berhenti yang disebabkan oleh beberapa faktor. Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa penyebab masalah dengan frekuensi tertinggi dalam kurun waktu 6 bulan terakhir ialah faktor mesin. Pada panel mesin *building* IMC 05 MC 02 digunakan PLC *A Series* yang merupakan PLC seri lama sehingga sudah *obsolete*. Panel mesin *building* IMC 05 MC 02 juga menggunakan Servo Drive MR-J2S-350A yang juga sudah *obsolete*. Masalah lain yang terjadi ialah sering rusaknya *heater* pisau IB yang digunakan untuk memotong material IB pada proses *assembly*. Oleh karena itu dilakukannya modifikasi PLC, Servo Drive, dan *heater* pisau IB. Dengan adanya modifikasi tersebut diharapkan bisa mengurangi frekuensi kejadian mesin berhenti. Jika hal tersebut terjadi maka akan dapat meningkatkan produktivitas produksi ban khususnya pada *Building Section*.

1.1 Tujuan Kajian

1. Modifikasi *heater plate* pada *heater* pisau IB dengan menggunakan *heater cylinder* dan ditambahkan pemantauan dan pengendalian suhu secara otomatis menggunakan *thermocontroller* OMRONE5CZ.

1.2 Rumusan Masalah

1. Adanya kejadian *Heater Plate* putus.

1.3 Batasan Masalah

1. Modifikasi hanya dilakukan pada mesin *building* IMC 05 MC 02 Plant I.
2. Penelitian ini tidak membahas *payback period*.
3. Penelitian ini hanya membahas masalah yang disebabkan *Heater Plate* pisau IB.
4. Penelitian ini tidak membahas unsur mekanik dalam proses modifikasi.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Pencegahan terjadinya masalah pada *heater* pisau IB tidak panas yang disebabkan oleh rusaknya *heater plate*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tabel I.
Kajian Sebelumnya

No	Nama dan Tahun	Judul	Hasil Kajian
1	Firmansyah Azharul, Rahmawati, Choirudin, Wilarso (2021)	Rancang Bangun Alat Kalibrasi Pengukur Suhu Berbasis <i>Digital Temperature Controller</i> Analisis Pengaruh Jumlah Lilitan	Dalam penelitian ini menggunakan sistem Pengendali <i>closed loop</i> .
2	Lukman Aditya & Eka Paksi Satrianto, (2021)	Koil Pada Pemanas Menggunakan Termokopel Tipe K Dengan Metode Induksi	Dalam penelitian ini membahas mengenai perhitungan kebutuhan daya heater yang efektif dalam proses pemanasan.

3.1 Landasan Teori Modifikasi

Pemahaman umum tentang modifikasi adalah untuk mengubah atau menyesuaikan. Modifikasi dapat didefinisikan sebagai cara atau langkah untuk melakukan perubahan dalam penyesuaian fisik dalam segi fisik (fasilitas dan peralatan) serta dalam hal dan bentuk (metode, gaya, pendekatan, peraturan, dan evaluasi) dari penyelenggaraan sebelumnya tentang definisi modifikasi, modifikasi adalah upaya untuk mengubah dalam bentuk penyesuaian untuk menyempurnakannya dengan baik berupa bentuk fasilitas dan peralatan serta dalam metode, gaya, negosiasi, peraturan, dan evaluasi (Bangun, 2018)

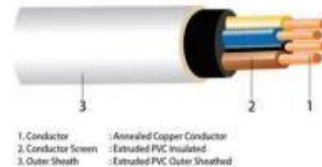
1. Mesin Building

Mesin *building* merupakan salah satu mesin produksi proses pembuatan ban. Proses dalam mesin *building* dinamakan dengan proses *assembly*. Sesuai namanya, proses *assembly* merupakan proses penggabungan beberapa material ban dengan material *input* berupa *tread*, *bead*, *ply*, dan *IB*. *Output* dalam proses ini berupa ban setengah jadi atau *green tire* yang kemudian akan dikirim ke proses selanjutnya yaitu proses pemasakan di mesin *curing* (Yusuf, 2015).

2. Penghantar

Pengantar adalah suatu bentuk yang berbentuk logam atau non-logam yang bersifat konduktor dan dapat mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain. Pengantar dapat berupa kabel atau berupa kawat penghantar. Kabel adalah penghantar yang dilindungi

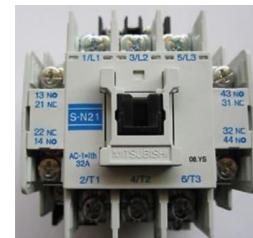
dengan isolasi dan keseluruhan inti dilengkapi dengan selubung pelindung tertentu, contohnya adalah kabel NYY, NYM, NYA, dan sebagainya. Sedangkan kawat penghantar adalah penghantar yang tidak diberi isolasi, contohnya adalah BC (*Bare Conductor*), penghantar berlubang (*Hollow Conductor*), AICSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), dan sebagainya (Sugianto & Abdul Muis, 2021).



Gambar IV. Penghantar
(Sumber : Andrianna et al, 2016)

3. Magnetic Contactor

Kontaktor adalah gawai elektromagnetik yang berfungsi sebagai pengalih dan pemutus aliran listrik yang dapat dikendalikan dari jarak jauh karena memiliki kontak-kontak yang bekerja secara elektromagnetik. Artinya di sini kontaktor bekerja secara elektromagnetik. Magnet di sini berfungsi untuk melepas dan menarik kontak utamanya. Lalu terdapat kontak bantu yang terbagi 2 dalam cara kerjanya yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Kontak NO akan terbuka apabila kontaktor tidak mendapatkan *supply* listrik. Sedangkan kontak NC akan bekerja jika kontaktor tidak mendapatkan *supply* listrik (Joel, 2020).



Gambar V. Kontaktor
(Sumber : Sudaryana, 2015)

4. MCB (Miniature Circuit Breaker)

MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen termis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi dengan relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB biasanya digunakan untuk pengaman sirkuit satu fasa dan tiga fasa. Keuntungan menggunakan MCB, yaitu dapat memutuskan aliran listrik saat terjadi hubung singkat maupun beban lebih secara cepat dan juga memiliki respon yang baik dalam mengatasi hubung singkat yang terjadi secara cepat (Sugianto & Abdul Muis, 2021).



Gambar VI. *Miniature Circuit Breaker*
(Sumber: Gunadi et al., 2022)

5. NFB (No Fuse Breaker)

NFB berfungsi sebagai pembatas arus listrik dari beban lebih, yaitu arus yang mengalir melalui NFB ini melebihi dari I_n (arus nominal) dari NFB, maka NFB ini akan memutuskan aliran ke beban. Fungsi lainnya adalah untuk menghubungkan dan memutuskan tegangan/aliran utama dengan sirkuit yang selalu beban, selain itu juga untuk melindungi beban dari arus yang berlebihan maupun jika terjadi hubung singkat. Cara kerja NFB, ketika arus yang mengalir melalui NFB melebihi dari nilai yang tertentu pada NFB maka secara otomatis NFB akan memutuskan arusnya (Gunadi et al., 2022).



Gambar VII. NFB
(Sumber: Gunadi et al., 2022)

6. Heater

Heater sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam peralatan dan mesin industri, dengan fungsi untuk memanaskan material dengan suhu tertentu. Bentuk dan jenis heater bervariasi, disesuaikan dengan kebutuhan. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih *heater* antara lain fungsi, dimensi pemasangan, dan material yang dipanaskan. Salah satu komponen yang digunakan dalam heater adalah elemen pemanas listrik berupa kawat yang memiliki resistansi tinggi. Kawat tersebut dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi isolator listrik yang dapat menghindari panas yang dipancarkan secara efisien. Rumus perhitungan kebutuhan daya heater terhadap volume besi dapat dihitung berdasarkan persamaan (1) seperti perhitungan di bawah ini (Okatama, 2016).

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

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) (Aditya & Satrianto, 2021).

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

Keterangan :

Q = Kalor (J)

m = Massa (kg)

c = Kalor jenis zat (J/kg°C)

Δt = Perubahan suhu (°C)

Daya yang diperlukan dapat dihitung berdasarkan persamaan (3) (Aditya & Satrianto, 2021).

$$P = \frac{Q}{t} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

P = Daya (W)

Q = Kalor (J)

t = Waktu (s)



Gambar VIII. *Heater*
(Sumber : Failasuf, 2021)

7. Thermocontrol

Thermocontrol merupakan modul yang mampu mengatur suhu sesuai dengan setting point. Modul ini menerima input dari sensor suhu yang mengukur suhu aktual yang kemudian data tersebut dikirimkan ke modul *thermocontrol*. Input yang dikirim oleh sensor suhu tersebut akan diproses oleh modul ini untuk disesuaikan kembali dengan *setting point*. Proses ini akan mempengaruhi *output* yang dikirimkan oleh modul ke aktuator yang berupa elemen pemanas listrik, sehingga aktuator selalu bekerja sesuai dengan perintah *thermocontrol* (Azharul, 2021).



Gambar IX. *Thermocontrol*
(Sumber: Firdalusi et al., 2023)

8. Thermocouple

Thermocouple adalah sensor suhu yang mengubah

perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan, hal ini disebabkan oleh perbedaan konduktivitas termal logam yang bergantung pada massa jenis logam tersebut. Ketika dua keping logam disambungkan dari ujung ke ujung dan kemudian dipanaskan, elektron dengan konduktivitas tinggi berpindah ke logam dengan konduktivitas lebih rendah. Perbedaan tegangan merupakan hasil dari perbedaan suhu yang dialami oleh kedua ujung *thermocouple*. Hubungan antara tegangan dan perubahan suhu hampir linear pada rentang suhu tertentu. Sensor *Thermocouple* dibuat berdasarkan sifat termal logam. Jika bagian logam dipanaskan pada salah satu ujungnya, elektron pada ujung logam bergerak lebih aktif dan menempati ruang yang lebih besar, elektron-elektron saling mendorong satu sama lain dan bergerak beberapa kali lebih cepat. Bagian yang tidak dipanaskan memiliki muatan positif dan yang tidak dipanaskan memiliki muatan negatif. Sensor *Thermocouple* dibuat berdasarkan sifat-sifat termal logam. Jika bagian logam dipanaskan pada salah satu ujungnya, maka elektron-elektron pada ujung logam tersebut akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron-elektron saling berdesakan dan bergerak ke arah ujung *thermocouple* yang tidak dipanaskan. Dengan demikian pada ujung *thermocouple* yang dipanaskan akan terjadi muatan positif dan yang tidak dipanaskan menjadi muatan negatif. *Thermocouple* merupakan sensor suhu yang mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan, hal ini disebabkan oleh perbedaan konduktivitas yang dimiliki oleh masing-masing logam yang bergantung pada massa jenis logam. Jika dua buah logam disambungkan kedua ujungnya kemudian dipanaskan maka elektron yang memiliki konduktivitas yang tinggi akan bergerak ke arah logam yang memiliki konduktivitas yang lebih rendah. Dengan demikian terjadi perbedaan tegangan antara kedua ujung *thermocouple* (Wendri et al., 2012).



Gambar IX. *Thermocouple*
(Sumber: Firdalusi et al., 2023)

9. Kalor Jenis

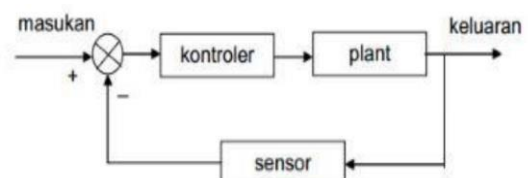
Kalor jenis merupakan karakteristik termal suatu benda yang menyatakan banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 kalori. Nilai kalor jenis dari beberapa bahan terdapat pada Gambar 14 (Widyastuti & Ishafit, 2019)

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	Syrofoam	1300-1450
Timah hitam	130	Plastik	460
Marmar	860	Kayu	1700
Perak	230	Tubuh manusia	3470

Gambar X. Kalor Jenis
(Sumber : Widyastuti & Ishafit, 2019)

10. Sistem Kontrol *Closed Loop*

Sistem kontrol *loop* tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Sistem kontrol *loop* tertutup juga merupakan sistem control berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran atau turunannya). Diumpangkan ke *controler* untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran system mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain, istilah “*loop* tertutup” berarti menggunakan aksi umpan balik untuk memperkecil kesalahan system (Parulian et al., 2021).



Gambar XI. Konsep Dasar Sistem Kontrol *Closed Loop*
(Parulian et al., 2021)

III. METODOLOGI KAJIAN

3.1 Alat dan Bahan

Adapun komponen elektrik yang dibutuhkan dalam modifikasi *heater* pisau IB terdapat pada Tabel II.

Tabel II. Alat dan Bahan

No	Alat	Jumlah
1	PSU Q62P	1
2	CPU Q02HCPU	1
3	Modul QX40	4
4	Modul QX41	1
5	Modul QX41P	1
6	Modul QY42P	1
7	Modul QD62	1
8	Modul QD75D1	1
9	Balse <i>Unit</i> PLC Mitsubishi Q <i>Series</i>	1
10	Relaly OMRON 24 VDC	93
11	Terminall Blok	Secukupnya
12	Modul Servo ODE AIR QD75-J3	1

No	Alat	Jumlah
13	AIC Drive Hitalchi WJ200022HF	1
14	AIC Drive Sumitomo HF5204-1A15	1
15	AIC Drive Sumitomo HF- 320 α	5
16	Kontalktor Schneider LC1D09	1
17	Kontalktor Schneider LC1D12	9
18	MCB Schneider C2 2A1	1
19	MCB 3 <i>Phalse</i> Merlin Gerlin NC45N C6 6A1	2
20	MCCB Telemecalnique GV2-RS07 1,6-2,5A1	1
21	MCCB Telemecalnique GV3-M40 25-40A1	5
22	NFB Mitsubishi NF63- CW 50A1	1
23	PSU OMRON 24VDC SBJ215024C	1
24	Tranlsformaltor 220-380 1kVA1	1
25	Resistor 300W 13 Ω J	1
26	<i>Servo Drive</i> MR-J4- 350A1	1
27	<i>Healter Cylinder</i>	1
28	Dudukan <i>Heater</i>	1
29	<i>Thermocouple</i>	1
30	<i>Thermocontroller</i> OMRON E5CC- RX2ASM-800	1

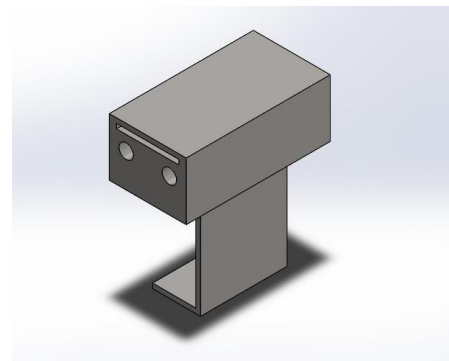
No	Kegiatan	Bulan ke-					
		1	2	3	4	5	6
7	Modifikasi PLC						
8	Modifikasi <i>Servo Drive</i>						
9	Modifikasi <i>Heater</i> Pisau IB						
10	Pengujian PLC, <i>Servo Drive</i> , <i>Heater</i> Pisau IB						
11	Analisis Hasil Penelitian						

IV. HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Alat

Desain dari *heater* pisau IB berupa perancangan dapat dilihat pada Gambar XII.

Gambaran umum alat atau desain dari *roll conveyor* yang merupakan hasil dari perancangan dapat dilihat pada Gambar 22. *Roll conveyor* digunakan untuk mentransfer *tire* setelah selesai pada dari proses PCI menuju *conveyor* utama yang menuju pada peoses *final inspection*. Pada setiap mesin *curing saferun* terdapat dua *roll conveyor* untuk melayani setiap tempat *curing*. *Roll conveyor* bekerja berdasarkan sinyal *input photoelectric* yang kemudian akan diproses oleh PLC. Setelah diproses sehingga menjadi *output* sebuah perintah untuk menggerakkan motor *roller*.



Gambar XII. Gambaran Umum Alat

Jadwal Penelitian

Tabel III. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Penemuan Masalah						
2	Identifikasi Solusi						
3	Studi Pustaka						
4	Studi Lapangan						
5	Pengumpulan Alat dan Bahan						
6	Perancangan Modifikasi Panel Utama dan <i>Heater</i> Pisau IB						

Tabel IV. Komponen yang Dibutuhkan

No	Komponen	Spesifikasi	Fungsi
1	Heater Cylinder	Heater Cylinder 12,5 x 150 mm – 230, 350W	Sebagai pemanas heater pisau IB
2	Dudukan Heater	Plat Besi 3mm	Sebagai wadah pemanas pisau
3	Thermocontroller	OMRON E5CCR2ASM-800	Sebagai pengendali suhu heater
4	Thermocouple	Thermocouple Tipe K	Sebagai sensor pengukur suhu heater
5	MCB	Schneider C2 2A1	Sebagai pengaman rangkaian terhadap beban berlebih
6	Kabel	NYM 3 x 1,5mm	Sebagai penghantar sumber listrik menuju tiap komponen
7	Magnetic Contactor	Schneider LC1D09	Sebagai penghubung dan pemutus rangkaian.

1. Kondisi Heater Pisau IB Sebelum Modifikasi

Heater Pisau IB sebelum modifikasi menggunakan heater plate. Heater plate memiliki tingkat daya tahan yang rendah sehingga sering putus dan rusak. Hal ini ditambah dengan kondisi tanpa adanya sistem pemantauan dan pengendalian suhu heater plate agar sesuai dengan suhu yang dibutuhkan, sehingga heater bekerja secara terus menerus sehingga dapat terjadi panas berlebih yang menyebabkan heater plate putus dan rusak.



Gambar II. Heater Pisau IB sebelum Modifikasi

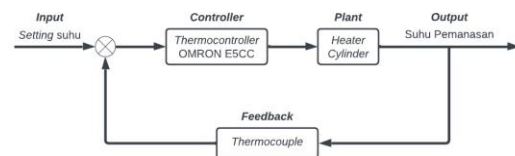
2. Kondisi Mesin setelah Modifikasi

Heater pisau IB setelah modifikasi diganti menggunakan heater cylinder yang memiliki daya tahan lebih baik saat bekerja secara terus – menerus dibandingkan dengan heater plate. Heater pisau IB juga ditambahkan sistem pemantauan dan pengendalian dengan tujuan memperpanjang lifetime heater dan suhu selalu sesuai dengan kebutuhan.



Gambar III. Mesin Setelah Modifikasi

3. Blok Diagram Sistem Kontrol



Gambar XI. Blok Diagram Sistem Kontrol

Pengaturan suhu dilakukan dengan memasukkan nilai suhu yang diinginkan. Kemudian, thermocontroller berperan sebagai komponen kontrol yang akan mengatur nilai plant. Plant dalam sistem ini adalah heater yang bertugas menghasilkan panas sesuai dengan perintah dari controller. Output dari sistem ini adalah suhu pemanasan yang dihasilkan oleh heater dengan tujuan mencapai suhu yang sesuai dengan setting suhu yang diinginkan. Thermocouple digunakan sebagai sensor untuk mengukur suhu aktual yang dihasilkan oleh pemanas, dan sinyal ini dikirimkan kembali ke controller untuk dibandingkan dengan setting suhu yang diinginkan. Controller akan melakukan perbandingan antara input dan feedback dan jika terdapat selisih, controller akan menghasilkan sinyal koreksi yang sesuai. Kemudian, sinyal koreksi tersebut akan diteruskan ke heater untuk melakukan aksi korektif yang bertujuan untuk mengubah suhu pemanasan dan mengarahkan sistem agar selalu mencapai suhu yang sesuai dengan nilai setting suhu.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan dari modifikasi yang dilakukan telah diketahui bahwa target waktu pemanasan dari suhu awal sebesar 32°C hingga 295°C ialah 7 menit menggunakan dua buah heater cylinder dengan masing - masing daya sebesar 350 watt. Thermocontroller digunakan sebagai pengendali serta menampilkan nilai suhu heater secara realtime.

1. Perhitungan Kebutuhan Daya Heater

Heater pisau IB menggunakan heater cylinder sebanyak 2 buah yang memiliki daya masing – masing sebesar 350 Watt. Digunakan dua buah heater dengan mempertimbangkan efektivitas waktu, sehingga mengabaikan efisiensi daya. Massa besi dudukan heater adalah 2,497 kg, kapasitas kalor spesifik besi adalah 450 J/kg°C, suhu awal dudukan heater adalah 32°C dan suhu yang ingin dicapai adalah 295°C. Total daya heater yang dipasang secara paralel dapat dihitung berdasarkan persamaan (1).

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

$$= 350 \text{ W} + 350 \text{ W}$$

$$= 700 \text{ Watt}$$

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

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

$$= 2,497 \text{ kg} \times 460 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times (295^\circ\text{C} - 32^\circ\text{C})$$

$$= 295.519,95 \text{ Joule}$$

Target waktu yang diinginkan untuk memanaskan heater dari suhu awal 32°C hingga suhu akhir 295°C adalah 7 menit (420 detik). Daya yang diperlukan dapat dihitung berdasarkan persamaan (3).

$$P = \frac{Q}{t} \dots \dots \dots (3)$$

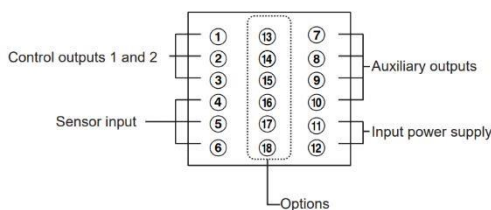
$$= \frac{295.519,95 \text{ J}}{420 \text{ s}}$$

$$= 703,61 \text{ Watt}$$

Jadi, untuk memanaskan dua buah heater dari suhu awal 32°C hingga suhu akhir 295°C selama 7 menit dibutuhkan daya sekitar 703,61 Watt. Maka besar perhitungan kebutuhan daya diasumsikan sesuai dengan besar daya pada heater yang digunakan.

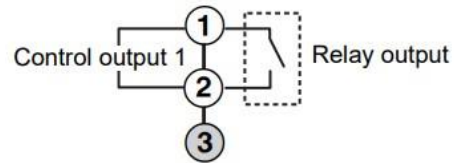
2. Wiring dan Setting Parameter Pisau IB

Selain digantinya heater plate dengan heater cylinder, modifikasi heater pisau IB juga ditambahkan sistem pengendalian dan pemantauan menggunakan OMRON E5CC sebagai thermocontroller. Sensor thermocouple akan mengukur suhu aktual heater yang akan dikirimkan sebagai input ke thermocontrol.



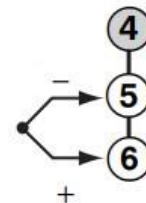
Gambar XII. Wiring Modul Thermocontrol OMRON E5CC

Pada Gambar XII dapat dilihat 18 terminal pada modul thermocontrol OMRON E5CC yang terbagi menjadi beberapa bagian di antaranya control outputs, sensor input, auxiliary outputs, dan input power supply. Terdapat beberapa tipe modul thermocontrol OMRON E5CC, dan modul yang digunakan adalah OMRON E5CC-RX2ASM-800.



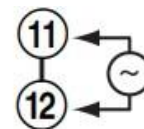
Gambar XIII. Wiring Control Output OMRON E5CC-RX2ASM-800

Pada Gambar XIII dapat dilihat dua buah terminal modul control output OMRON E5CC E5CCR2ASM-800. Modul ini memiliki output 250VAC 3A sebagai sumber tegangan untuk heater cylinder. Modul ini hanya memiliki satu terminal control output yang dikendalikan melalui relay output. Terminal 1 dan 2 terhubung terhadap dua buah heater cylinder yang dirangkai secara paralel.



Gambar XIV. Wiring Sensor Input OMRON E5CCR2ASM-800

Pada Gambar XIV dapat dilihat dua buah terminal modul sensor input OMRON E5CC E5CC-RX2ASM-800. Modul ini memiliki terminal sensor input universal yang dapat terhubung dengan beberapa jenis sensor suhu, Gambar XIV menunjukkan wiring untuk thermocouple yang terhubung pada terminal 5 dan 6.



Gambar XV. Wiring Input Power Supply OMRON E5CC-RX2ASM-800

Pada Gambar XV dapat dilihat dua buah terminal modul input power supply OMRON E5CC E5CCR2ASM-800. Agar dapat bekerja, modul ini membutuhkan input power supply 100 hingga 240 VAC yang dihubungkan pada terminal 11 dan 12.

3. Pengujian Tampilan Layar *Thermocontroller*
Pengujian tahap ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai suhu *heater* yang ditampilkan pada layar *thermocontroller* dengan nilai suhu aktual *heater*. Data suhu aktual *heater* didapat dengan pengukuran menggunakan *thermometer*.

Tabel VI. Pengujian Komponen

No	Suhu Tampilan Layar (°C)	Suhu Aktual (°C)	Selisih	% Error
1	291	289	2	0,69
2	295	290	5	0,68
3	290	295	5	1,69
4	294	291	3	1,03
5	292	294	2	0,68
6	299	297	2	0,67
7	296	300	4	1,33
8	297	292	5	1,71
9	293	293	0	0
10	291	296	5	1,68

4. Pengujian Kendali Suhu *Heater*
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana hasil kerja dari kendali suhu *heater* oleh *thermocontroller* terhadap hasil potongan IB. Untuk memotong material IB dibutuhkan pisau IB dengan suhu antara 250°C - 340°C. Jika suhu pisau tidak berada pada rentang suhu tersebut, maka akan menyebabkan hasil potongan yang tidak baik dan memengaruhi kualitas *green tire*.

Tabel VII. Hasil Pengujian Kendali *Heater*

No	Suhu <i>Heater</i> (°C)	Suhu Pisau (°C)	Hasil Potongan
1	297	275	OK
2	294	268	OK
3	290	271	OK
4	292	263	OK
5	289	279	OK
6	293	262	OK
7	288	267	OK
8	299	277	OK
9	295	269	OK
10	298	274	OK

pisau IB telah berhasil 100% dan dapat memotong material IB dengan hasil potongan yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, L., & Satrianto, E. P. (2021). Analisis Pengaruh Jumlah Lilitan Koil Pada Pemanas Menggunakan Termokopel Tipe K Dengan Metode Induksi. *Jurnal Elektro*, 9(1), 28-37.
- Azharul, F. (2021). Rancang Bangun Aplikasi Kalibrasi Pengukur Suhu Berbasis *Digital Temperature Controller*. *Teknosalins: Jurnal Sains, Teknologi, dan Informatika*, 8(2), 109116.
- Bangun, M. W. A. (2018). PJKR. <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jpehr/index>. 2(2), 97–106.
- Failasuf, M. A. (2021). Pengereng Hybrid (Kolektor Surya–Elemen Pemanas Listrik) Siplisia Temulawak Tipe Rak Dengan Sistem Kendali Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler (Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia).
- Firdausi, M., Harfi, R., & Kurniawan, Al. R. (2023). Pembuatan tungku perlakuan panas aluminium dengan temperatur maksimal 550 °C. *Teknosalins: Jurnal Sains, Teknologi, dan Informatika*, 10(1), 59-70.
- Gunadi Cahyono, Ichsan Fauzi, Fransiskus, Yanto M., 2022, Perancangan dan Pengujian Panel Daya Listrik *Portable Low Voltage Main Distribution Panel* (LVMDP) dengan Proteksi Urutan Fasa. *Jurnal Spektro* (Vol. 5, No.1).
- Joel Panjaitan. (2020). Rancang Bangun Genset Otomatis Menggunakan Kontaktor dengan Tegangan Baterai 12 V, 50 Ah. *Jurnal SAINTECH - Journal of Engineering*.
- Muhammad Rizik Yusuf. (2015). Perancangan Prosedur Perawatan dan Penggunaan Drum *Building* Menggunakan *Control Board* dan *Tag History* dengan Sistem Fifo Di Departemen Produksi ATB Plant-A PT Gajah Tunggal Tbk. (Tugas Akhir, Politeknik Gajah Tunggal).
- Okatama, I. (2016). Analisa Perluasan Limbah Plastik Jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5(3), 110.
- Parulian, S., Pangaribuan, T., & Simamora, A. (2021). Implementasi Kontrol Lup Tertutup *Multi Point* Pada Pengatur Temperatur Oven Panggang Roti. *Jurnal ELPOTECS*, 4(1), 38-45.
- Sugianto, S. & Muis A. (2021). Instalasi Listrik Pada Gedung Bertingkat. *Sainstech: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains dan Teknologi*, 32(4), 9-18.
- Wendri, N., Supalrudi, I. W., Suarbalwal, K. N., & Yulialntini, N. M. (2012). Allalt Pencaltalt Temperatur Otomaltis Menggunalkaln Termokopel Berbalis Mikrokontroler ALT89S51. *Buletin Fisika*, 13(1), 129-33.
- Widyastuti, W., & Ishafit, I. (2019). Penentuan Kalor Jenis Bahan menggunakan Metode Pendinginan Newton dan Sensor Suhu DS18B20 Berbasis Arduino Uno (*Doctoral dissertation, Doctoral dissertation*, Universitas Ahmad Dahlan).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Heater* pisau IB telah berhasil dimodifikasi dengan *heater cylinder*, selain itu ditambahkan sistem pemantauan dan kendali menggunakan produk OMRON yaitu E5CC-RX2ASM-800 sebagai *thermocontroller*. Proses pengujian dari *heater*