Volume 10 Nomor 2 Oktober 2026
E-ISSN : 2598-6198

Studi Kasus Respons Temperatur Heater pada Mesin Pengemasan Minyak Rotari Berbasis PLC Omron CP1L dan Autonics TZN4H

Adit Mulyana*, Desmira
Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia
*email: mulyanaadit404@gmail.com
DOI : 10.48144/suryateknika.v10i2.2592

Received: 13 Oktober 2026 | Revised: 31 Oktober 2026 | Accepted: 2 November 2026

Abstract
This study describes the heater temperature control system of a single rotary oil-packaging machine at PT Raharjo Teknik Indonesia and its relation to the package pick-up and sealing stages. A case-study approach was used, based on field observation and documentation during an industrial internship. The control system consists of a type-K thermocouple, an Autonics TZN4H temperature controller, an SSR-25DA solid state relay, and cartridge heaters, while an Omron CP1L PLC sequences the process. The machine has three pairs of sealers: two heated pairs with four heaters and a third pair without heaters that only cools and presses the package. At a setpoint of 150°C, the four heaters reached the setpoint in about 10 minutes from a recorded initial temperature of 0°C (average heating rate about 15°C per minute). The temperature then rose about 2°C (about 1.3% of the setpoint) above the setpoint for roughly 8 seconds and returned to 150°C in about 8 seconds. The pick-up mechanism did not retrieve packages while the temperature was below the set limit, so temperature acts as an operating interlock of the machine. The times and fluctuations are approximate values from direct observation of one machine, without replication or a data logger, because the data were collected during a one-month industrial internship with limited time, and no seal-strength test was performed, so the results cannot yet be generalized.

Keywords: *temperature control; autonics TZN4H; solid state relay; heat sealing; PLC interlock*

Abstrak
Penelitian ini mendeskripsikan sistem kontrol temperatur *heater* pada satu mesin pengemasan minyak rotari di PT Raharjo Teknik Indonesia dan kaitannya dengan proses pengambilan serta penyegelan kemasan. Metode yang digunakan adalah studi kasus melalui observasi lapangan dan dokumentasi selama Praktik Industri. Sistem kontrol terdiri atas *thermocouple* tipe K, *temperature controller* Autonics TZN4H, SSR-25DA, dan *cartridge heater*, sedangkan PLC Omron CP1L mengatur urutan proses. Mesin memiliki tiga pasang *sealer*: dua pasang dengan empat *heater* dan satu pasang tanpa *heater* yang hanya berfungsi sebagai pendingin dan perapat kemasan. Pada *setpoint* 150°C, keempat *heater* mencapai *setpoint* dalam sekitar 10 menit dari temperatur awal tercatat 0°C (laju rata-rata sekitar 15°C per menit). Setelah itu temperatur naik sekitar 2°C (sekitar 1,3% dari *setpoint*) di atas *setpoint* selama sekitar 8 detik dan kembali ke 150°C dalam sekitar 8 detik. Mekanisme *pick-up* tidak mengambil kemasan selama temperatur belum mencapai batas yang ditetapkan, sehingga temperatur berfungsi sebagai syarat operasi (*interlock*) mesin. Waktu dan fluktuasi tersebut merupakan nilai pendekatan hasil pengamatan langsung pada satu mesin tanpa pengulangan dan tanpa pencatat data karena data diambil selama Praktik Industri selama satu bulan dengan waktu yang terbatas, serta belum disertai uji kekuatan segel, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi.

Kata kunci: *pengendali temperatur; autonics TZN4H; SSR; heat sealing; interlock PLC*

1. Pendahuluan

Mesin pengemasan otomatis mengintegrasikan sensor, aktuator, dan *Programmable Logic Controller* (PLC) untuk mengoordinasikan tahapan proses secara berurutan. Pada mesin pengemasan kantong, kualitas penyegelan panas yang tidak stabil masih menjadi masalah selain kecepatan dan akurasi pengemasan [1]. PLC juga dapat menjadi inti sistem kontrol temperatur, misalnya pada sistem PID multikanal berbasis PLC dan Internet of Things [2].

Kualitas segel ditentukan terutama oleh temperatur, tekanan, dan waktu penyegelan [1], [3]. Temperatur yang terlalu tinggi dapat merusak permukaan material kemasan [1]. Segel baru teramati setelah temperatur melampaui nilai minimum tertentu, kekuatannya kemudian meningkat hingga kondisi plateau [4], [5], dan pada temperatur lebih tinggi dapat menurun akibat degradasi termal sehingga jendela temperatur penyegelan bisa sempit, misalnya 90–110°C pada film selulosa [6]. Bamps dkk. [7] mengkaji pengaruh temperatur *jaw*, waktu, tekanan, dan waktu pendinginan terhadap kinerja segel, sedangkan Marinelli dkk. [8] menunjukkan bahwa temperatur penyegelan minimum bergantung pada material pelapis. Ilhan dkk. [9] melaporkan bahwa pada kombinasi temperatur dan tekanan rendah masih terdapat celah pada antarmuka segel yang dapat menjadi jalur kebocoran, dan Ilhan dkk. [10], [11] mengkaji *dwell time*, tegangan film, dan kontaminasi sebagai faktor kekuatan dan integritas segel. Temperatur *heater* pada mesin penyegel umumnya dikendalikan dengan loop umpan balik: *thermocouple* membaca temperatur, *temperature controller* membandingkannya dengan *setpoint*, dan *Solid State Relay* (SSR) mengatur daya ke *heater* [2], [12], [13].

Penelitian terdahulu tentang kendali temperatur memakai objek dan pengendali yang beragam, seperti diringkas pada Tabel 1. Wang dkk. [12] mengusulkan penalaan mandiri parameter PID berbasis IWOA untuk pengendalian temperatur heat *sealer* kemasan melalui simulasi, Liu dkk. [13] membahas pengendalian temperatur industri dengan PID fuzzy orde pecahan, dan Zheng dkk. [2] merancang sistem kontrol temperatur PID multikanal berbasis PLC dan Internet of Things. Almachi dkk. [14] mengendalikan sistem termal temperatur tinggi dengan SSR dan *thermocouple* tipe K menggunakan PID adaptif berbantuan jaringan saraf tiruan. Penalaan PID berbasis jaringan saraf juga dilaporkan memperkecil deviasi statis dan kesalahan maksimum pada kendali tekanan steam drum [15] serta memperbaiki regulasi temperatur gedung [16]. Wahyuning Dewi dkk. [17] menerapkan Autonics TCN4S, SSR, dan *thermocouple* pada tungku skala laboratorium yang mencapai 383°C dalam 710 detik. Handayni [18] memakai Autonics TK4S dengan metode PID pada mesin pengering pelet, dan Pradipta dkk. [19] mengendalikan temperatur mesin pemanggang hostia dengan TK4S-14RN dan *thermocouple* tipe K serta melaporkan kesalahan pembacaan 1,6–2,8°C pada temperatur di atas 120°C. Penelitian-penelitian tersebut berfokus pada algoritma kendali atau kendali temperatur pada objek pemanas atau pengering, sedangkan keterkaitan temperatur dengan urutan kerja mesin pengemasan tidak menjadi fokusnya.

Volume 10 Nomor 2 Oktober 2026
E-ISSN : 2598-6198

Tabel 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu tentang Kendali Temperatur

No	Referensi	Sistem dan pengendali	Parameter dan hasil yang dilaporkan
1	Wang dkk. [12]	Heat sealer kemasan; PID dengan penalaan IWOA	Simulasi MATLAB/Simulink; efek kendali lebih baik daripada GA, PSO, dan WOA
2	Liu dkk. [13]	Sistem temperatur industri; PID fuzzy orde pecahan	Pengendalian temperatur industri
3	Zheng dkk. [2]	Sistem temperatur multikanal; PID berbasis PLC dan IoT	Kendali temperatur multikanal
4	Almachi dkk. [14]	Sistem termal temperatur tinggi; SSR, thermocouple tipe K, PID adaptif	Waktu penetapan 20% lebih cepat daripada PID konvensional
5	Wahyuning Dewi dkk. [17]	Tungku laboratorium; Autonics TCN4S, SSR, thermocouple	383°C dalam 710 detik; daya 1032,48 W
6	Handayni [18]	Mesin pengering pelet; Autonics TK4S, metode PID	Stabilitas temperatur dan waktu respons
7	Pradipta dkk. [19]	Mesin pemanggang hostia; TK4S-14RN, thermocouple tipe K	27 menit mencapai temperatur kerja; kesalahan baca 1,6–2,8°C (>120°C)
8	Gellerich dan Majschak [3]	Penyegelan panas film kemasan polimer	Pengaruh temperatur dan dwell time terhadap kualitas segel
9	Penelitian ini	Mesin pengemasan minyak rotari; TZN4H, SSR-25DA, PLC CP1L	Setpoint 150°C tercapai ±10 menit; fluktuasi ±2°C; interlock pick-up

Masalah teknis yang melatarbelakangi penelitian ini adalah temperatur *heater* pada mesin penyegel berfluktuasi di sekitar *setpoint* (sekitar 2°C pada mesin yang diamati), padahal literatur menunjukkan bahwa kualitas dan integritas segel sangat bergantung pada temperatur [1], [3]–[11]. Pada literatur yang ditinjau, belum ditemukan laporan yang mendokumentasikan perilaku temperatur *heater* pada mesin pengemasan minyak rotari industri, termasuk kaitan temperatur dengan mekanisme *pick-up* sebagai syarat operasi (*interlock*). Kontribusi naskah ini adalah dokumentasi waktu pencapaian *setpoint*, fluktuasi, dan *interlock* pada mesin industri nyata, beserta analisis implikasinya terhadap kualitas penyegelan, sehingga dapat menjadi data dasar (baseline) untuk evaluasi dan penalaan kontrol temperatur; hal ini berbeda dari manual mesin atau laporan praktik industri yang hanya menguraikan prosedur kerja. Penelitian ini bersifat studi kasus deskriptif dan belum mencapai tahap pengukuran respons transien berulang atau uji kekuatan segel; batasan tersebut dinyatakan secara eksplisit pada subbab 3.15. Objek penelitian ini adalah mesin

pengemasan minyak rotari di PT Raharjo Teknik Indonesia yang memakai *thermocouple*, *temperature controller* Autonics TZN4H, SSR, *heater*, dan PLC Omron CP1L. Tujuan penelitian ini adalah (1) menjelaskan konfigurasi dan cara kerja sistem kontrol temperatur *heater*, (2) mencatat waktu pencapaian *setpoint* 150°C dan fluktuasi temperatur setelah setpoint tercapai, dan (3) menunjukkan hubungan temperatur dengan mekanisme pick-up sebagai syarat operasi mesin.

2. Metode

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus tunggal yang bersifat deskriptif pada satu mesin pengemasan minyak rotari di PT Raharjo Teknik Indonesia. Data diperoleh melalui observasi lapangan dan dokumentasi selama kegiatan Praktik Industri selama satu bulan, meliputi data mesin dan komponen, *setpoint*, waktu pencapaian *setpoint*, fluktuasi temperatur, dan urutan kerja mesin. Waktu dan fluktuasi temperatur merupakan nilai pendekatan hasil pengamatan langsung, bukan hasil pengukuran berulang dengan pencatat data, karena waktu Praktik Industri yang hanya satu bulan tidak cukup untuk pengukuran yang lebih lengkap; keterbatasan ini dibahas pada subbab 3.15.

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT Raharjo Teknik Indonesia sebagai tempat pelaksanaan Praktik Industri. Kegiatan penelitian dilakukan selama proses Praktik Industri dengan mengamati secara langsung mesin pengemasan minyak otomatis dan sistem kontrol temperatur yang terdapat pada mesin tersebut, pelaksanaan dilakukan dari tanggal 1 Juli sampai tanggal 31 Juli 2026.

2.3 Objek Penelitian

Objek yang dikaji dalam penelitian ini adalah sistem kontrol temperatur pada mesin pengemasan minyak otomatis. Sistem tersebut terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu *temperature controller* Autonics TZN4H, *thermocouple*, SSR, *heater*, dan *sealer*.

Selain sistem pengendalian temperatur, penelitian juga mengamati hubungan antara kondisi temperatur dengan tahapan kerja mesin. Tahapan tersebut meliputi pengambilan kemasan menggunakan *pick-up*, proses pengisian minyak melalui *nozzle*, hingga proses penyegelan kemasan. Dengan demikian, penelitian tidak hanya melihat fungsi pengendalian temperatur pada bagian pemanas, tetapi juga keterkaitannya dengan proses kerja mesin secara keseluruhan.

Mesin yang diamati memiliki 4 *heater* jenis *cartridge heater*, 4 *temperature controller* Autonics TZN4H, 4 SSR tipe SSR-25DA, *thermocouple* tipe K, satu PLC Omron CP1L, enam *sealer* dalam tiga pasang (pasangan ke-3 tanpa *heater* sebagai pendingin), catu daya 3 fasa, dan kapasitas produksi 30–40 pouch per menit (Tabel 2 dan Tabel 3). Kombinasi pengendali Autonics, SSR, dan *thermocouple* tipe K juga dipakai pada penelitian terdahulu [17]–[19]. Spesifikasi teknis rinci, seperti daya *heater*, tegangan 3 fasa, dan akurasi pengendali, tidak tercatat selama pengamatan.

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui beberapa teknik, yaitu observasi, dokumentasi, dan studi literatur.

Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung sistem kontrol temperatur dan proses kerja mesin pengemasan minyak selama kegiatan Praktik Industri. Pengamatan

Volume 10 Nomor 2 Oktober 2026
E-ISSN : 2598-6198

meliputi fungsi setiap komponen, proses pencapaian temperatur yang telah ditentukan, serta kondisi mesin ketika temperatur telah maupun belum mencapai nilai yang ditetapkan.

Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan foto dan catatan selama kegiatan Praktik Industri. Dokumentasi mencakup komponen sistem kontrol, panel kontrol, rangkaian pengkabelan, serta kondisi mesin pengemasan minyak. Data tersebut digunakan sebagai bahan pendukung dalam menjelaskan hasil pengamatan.

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari berbagai sumber ilmiah yang berkaitan dengan sistem kontrol temperatur, *temperature controller*, *thermocouple*, SSR, *heater*, sistem penyegelan, dan sistem kontrol pada mesin pengemasan.

2.5 Prosedur Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada empat *heater* (pada pasangan *sealer* 1 dan 2) dengan *setpoint* 150°C, sedangkan pasangan *sealer* ke-3 yang tidak memiliki *heater* dicatat sebagai pendingin. Temperatur awal dicatat sebelum pemanasan dimulai. Waktu pencapaian *setpoint* dicatat sebagai selang waktu dari mesin dinyalakan hingga temperatur pada tampilan *temperature controller* mencapai 150°C. Fluktuasi dicatat sebagai besar dan lama kenaikan serta penurunan temperatur terhadap *setpoint* setelah *setpoint* tercapai. Pengamatan tidak diulang secara sistematis dan tidak memakai alat ukur pembanding.

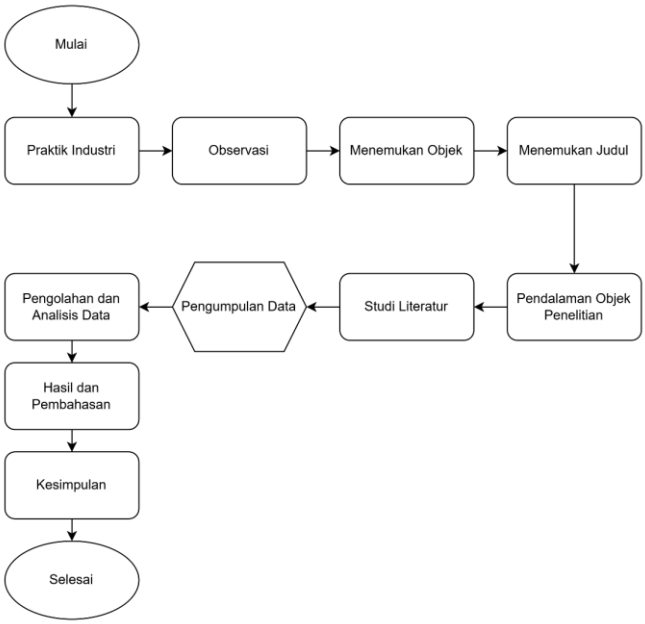
Hubungan temperatur dengan kerja mesin diamati dengan mencatat perilaku mekanisme *pick-up*, *nozzle*, dan *sealer* ketika temperatur belum dan sudah mencapai *setpoint*.

2.6 Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif. Waktu pencapaian *setpoint* dan fluktuasi temperatur dilaporkan sebagai nilai pendekatan, dengan kenaikan terhadap *setpoint* dinyatakan dalam °C dan persen terhadap *setpoint*. Hubungan temperatur dengan kerja mesin dianalisis dari urutan proses yang teramati, dan hasilnya dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada Tabel 1.

2.7 Alur Penelitian

Alur penelitian pada Gambar 1 dimulai dari praktik industri, observasi, penentuan objek dan judul, pendalaman objek penelitian, studi literatur, pengumpulan data, pengolahan dan analisis data, penyusunan hasil dan pembahasan, hingga kesimpulan.



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Mesin Pengemasan Minyak

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan selama kegiatan Praktik Industri di PT Raharjo Teknik Indonesia, objek penelitian ini adalah mesin pengemasan minyak tipe rotari yang menjalankan prosesnya secara otomatis. Dari data yang diperoleh, mesin tersebut memiliki satu PLC sebagai pengendali utama, *heater*, *temperature controller*, *Solid State Relay* (SSR), dan *sealer* (enam *sealer* dalam tiga pasang; pasangan ke-3 tanpa *heater* berfungsi sebagai pendingin). Selain itu, data komponen menunjukkan penggunaan PLC Omron CP1L, SSR tipe SSR-25DA, *cartridge heater*, dan *thermocouple* tipe K. Data mesin dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Mesin Pengemasan Minyak PT Raharjo Teknik Indonesia

No	Parameter	Data
1	Nama Mesin	Mesin Pengemasan Minyak Rotari
2	Fungsi	Mengemas Minyak
3	Jumlah Heater	4
4	Jumlah Sealer	6
5	Jumlah Temperature Controller	4
6	Jumlah SSR	4
7	Jumlah PLC	1
8	Jenis PLC	Omron CP1L
9	SSR	SSR-25DA
10	Heater	Cartridge Heater
11	Thermocouple	Tipe K
12	Kapasitas Produksi	30-40 pouch / menit
13	Tegangan yang digunakan	3 phasa

Penggunaan PLC pada mesin pengemasan merupakan bagian dari otomatisasi industri, karena PLC dapat digunakan untuk mengendalikan alur kerja sejumlah komponen berdasarkan sinyal sensor serta menghasilkan keluaran untuk aktuator. Zheng dkk. [2] menunjukkan bahwa PLC dapat menjadi inti sistem kontrol temperatur yang memantau dan mengatur beberapa pemanas.

Dengan demikian, PLC pada mesin yang digunakan mampu menjalankan urutan proses, sementara sistem pengendalian temperatur merupakan salah satu komponen yang menentukan kondisi awal sebelum proses pengambilan kemasan.

3.2 Komponen Sistem Kontrol Temperatur

Thermocouple, *temperature controller* Autonics TZN4H, SSR, dan *heater* merupakan komponen utama sistem kontrol temperatur pada mesin tersebut. Komponen-komponen ini bekerja secara terpadu membentuk satu sistem kontrol temperatur. Komponen sistem kontrol temperatur dirangkum pada Tabel 3.

Volume 10 Nomor 2 Oktober 2026
E-ISSN : 2598-6198

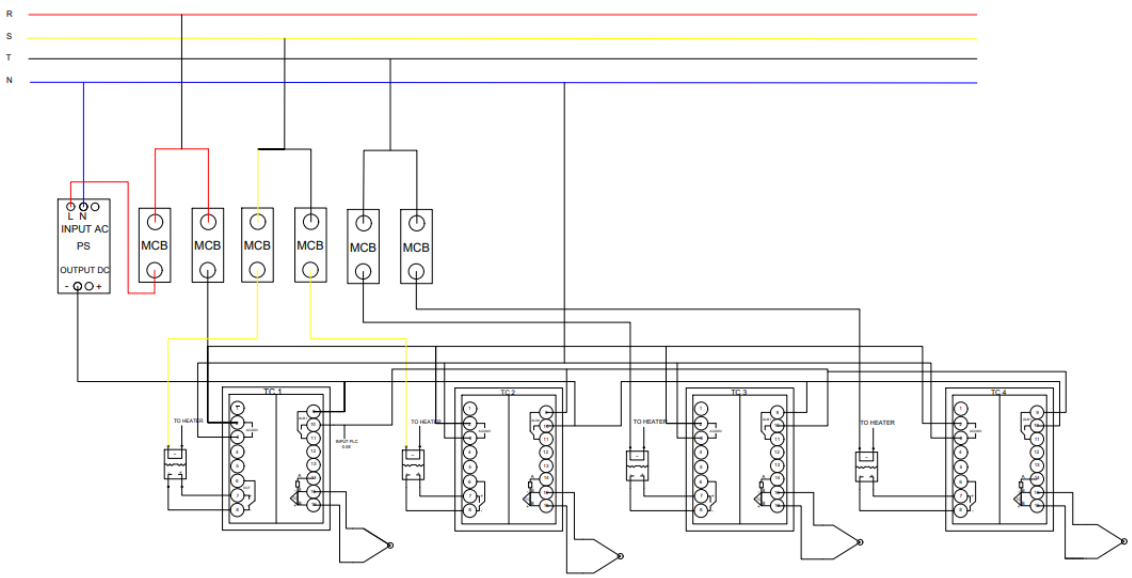
Tabel 3. Komponen Sistem Kontrol Temperatur PT Raharjo Teknik Indonesia

No	Komponen	Spesifikasi	Fungsi
1	Thermocouple	Tipe K	Mendeteksi temperatur heater/sealer
2	Temperature Controller	Autonics TZN4H	Mengendalikan temperatur heater berdasarkan setpoint
3	SSR	SSR-25DA	Mengatur pemberian daya ke heater
4	Heater	Cartridge Heater	Menghasilkan panas
5	PLC	Omron CP1L	Mengendalikan urutan kerja mesin

Secara teoretis, sistem ini beroperasi menggunakan mekanisme umpan balik (*feedback*). *Thermocouple* mengukur temperatur pada *heater/sealer*, kemudian *temperature controller* membandingkan temperatur terukur dengan nilai acuan (*setpoint*) dan menyesuaikan keluarannya ke SSR. Selanjutnya, SSR mengatur daya yang disalurkan ke *heater*. Pola pengendalian temperatur yang melibatkan sensor, pengendali, dan *heater* merupakan jenis sistem kontrol temperatur yang umum digunakan dalam sistem industri. Liu dkk. [13] membahas pengendalian temperatur industri menggunakan sistem kendali umpan balik untuk mempertahankan temperatur yang diinginkan.

3.3 Wiring Diagram Sistem Kontrol Temperatur

Wiring *diagram* digunakan untuk menggambarkan hubungan antarkomponen pada sistem kontrol temperatur (Gambar 2). Pada sistem ini, *temperature controller* terhubung ke *thermocouple* sebagai sensor temperatur dan ke SSR sebagai komponen yang meneruskan sinyal kontrol ke *heater*.



Gambar 2. Wiring diagram sistem kontrol temperatur PT Raharjo Teknik Indonesia

Wiring diagram mengilustrasikan hubungan antara sistem kontrol temperatur dan *heater*. Pada sistem tersebut, *temperature controller* menerima data temperatur dari *thermocouple* dan mengirimkan sinyal kontrol ke SSR. Selanjutnya, SSR mengatur daya yang disalurkan ke *heater*. Melalui hubungan ini, proses pemanasan ditentukan berdasarkan temperatur yang dideteksi oleh sensor.

Penggunaan *thermocouple* sebagai sensor pada sistem pengendalian temperatur juga ditemukan pada penelitian mengenai pengendalian temperatur mesin oven, yang menggunakan *thermocouple* tipe K sebagai sensor untuk membaca temperatur dan mengendalikan proses pemanasan [19].

3.4 Pengaturan Temperatur Heater

Berdasarkan hasil pengamatan, terdapat empat *heater* yang digunakan pada sistem pemanas mesin. Keempat *heater* memiliki nilai *setpoint* sebesar 150°C (Tabel 4). Kondisi tersebut menjadi salah satu syarat agar mesin dapat menjalankan proses pengambilan kemasan.

Pengaturan temperatur merupakan bagian penting dalam proses *heat sealing* karena temperatur memengaruhi proses pembentukan sambungan pada material kemasan. Merabtene dkk. [5] menjelaskan bahwa temperatur merupakan salah satu parameter penting dalam proses *heat sealing* karena material film memiliki rentang temperatur tertentu untuk menghasilkan seal yang baik. Pengaruh tekanan dan temperatur terhadap integritas segel pada berbagai desain kantong fleksibel juga dikaji oleh Ilhan dkk. [9].

Hasil pengamatan pada mesin menunjukkan bahwa temperatur 150°C digunakan sebagai nilai yang ditetapkan pada sistem. Nilai tersebut merupakan data hasil pengamatan pada mesin yang menjadi objek penelitian dan tidak dimaksudkan sebagai nilai umum untuk semua jenis kemasan.

3.5 Hasil Pengamatan Waktu Pencapaian Temperatur

Pengamatan dilakukan terhadap temperatur *heater* dari kondisi awal hingga mencapai nilai *setpoint*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *heater* membutuhkan waktu sekitar 10 menit untuk mencapai temperatur 150°C (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Pengamatan Temperatur Heater dan Sealer PT Raharjo Teknik Indonesia

Bagian	Heater	Temperatur Awal	Setpoint	Waktu Mencapai Setpoint
Pasangan Sealer 1	Heater 1	0°C	150°C	10 menit
Pasangan Sealer 1	Heater 2	0°C	150°C	10 menit
Pasangan Sealer 2	Heater 3	0°C	150°C	10 menit
Pasangan Sealer 2	Heater 4	0°C	150°C	10 menit
Pasangan Sealer 3	Tanpa heater (pendingin)	0°C	0°C	0
Pasangan Sealer 3	Tanpa heater (pendingin)	0°C	0°C	0

Volume 10 Nomor 2 Oktober 2026
E-ISSN : 2598-6198

Data menunjukkan bahwa pada pengamatan yang dilakukan, *heater* membutuhkan waktu sekitar 10 menit untuk mengalami kenaikan temperatur dari temperatur awal yang tercatat 0°C hingga mencapai *setpoint* 150°C, sehingga laju pemanasan rata-rata sekitar 15°C per menit (150°C dalam 10 menit). Nilai temperatur awal tersebut merupakan hasil pencatatan pada pengamatan dan belum dikonfirmasi dengan alat ukur pembanding.

Setelah temperatur mencapai 150°C, *heater* tidak berhenti bekerja. Temperatur naik sekitar 2°C di atas *setpoint* (sekitar 1,3% dari *setpoint*) selama sekitar 8 detik, kemudian kembali menuju 150°C dalam sekitar 8 detik, dan siklus ini berulang selama mesin beroperasi. Pola ini sesuai dengan kerja pengendali umpan balik yang menyesuaikan daya melalui SSR [13]. Sebagai pembanding, Pradipta dkk. [19] melaporkan bahwa mesin pemanggang hostia dengan *temperature controller* TK4S-14RN dan *thermocouple* tipe K membutuhkan 27 menit untuk mencapai temperatur kerja, dengan kesalahan pembacaan 1,6–2,8°C pada temperatur di atas 120°C. Waktu sekitar 10 menit pada penelitian ini tidak dapat dibandingkan langsung karena objek, daya, dan kondisi awal berbeda.

Mesin memiliki enam *sealer* yang tersusun dalam tiga pasang. Pasangan *sealer* 1 dan 2 memiliki *heater* dan dikendalikan pada *setpoint* 150°C, sedangkan pasangan *sealer* ke-3 tidak memiliki *heater* dan hanya berfungsi sebagai pendingin sekaligus perapat kemasan setelah penyegelan pada dua pasangan sebelumnya. Oleh karena itu, data *heater*, temperatur awal, *setpoint*, dan waktu pencapaian *setpoint* pada pasangan ke-3 tercatat 0 (Tabel 4). Bamps dkk. [7] melaporkan bahwa waktu pendinginan termasuk parameter yang memengaruhi kinerja segel; pengaruh tahap pendinginan pada mesin ini terhadap kualitas segel belum diuji pada penelitian ini.

3.6 Hubungan Temperatur dengan Pengambilan Kemasan

Pick-up merupakan mekanisme pada mesin pengemasan yang berfungsi untuk mengambil dan memindahkan kemasan plastik kosong dari posisi awal menuju posisi proses pengisian (Gambar 3). *Pick-up* bekerja dengan mengambil kemasan yang telah berada pada posisi yang ditentukan, kemudian memindahkannya ke posisi berikutnya sehingga kemasan dapat melanjutkan tahapan proses pengemasan.



Gambar 3. Mekanisme Pick-up pada Mesin Pengemasan Minyak PT Raharjo Teknik Indonesia

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pencapaian temperatur memiliki hubungan dengan proses pengambilan kemasan. Ketika temperatur belum mencapai batas yang ditentukan, mekanisme *pick-up* tidak mengambil kemasan. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengemasan tidak dapat berjalan seperti kondisi normal.

Setelah temperatur mencapai kondisi yang telah ditentukan, *pick-up* dapat mengambil kemasan plastik dengan mekanisme penyedotan. Kemasan kemudian dipindahkan menuju tahapan berikutnya untuk menjalani proses pengisian minyak.

Hal tersebut menunjukkan bahwa temperatur pada sistem tidak hanya berkaitan dengan proses penyegelan, tetapi juga menjadi salah satu kondisi yang harus terpenuhi sebelum proses pengemasan dijalankan. Konsep tersebut sejalan dengan sistem otomasi pengemasan berbasis PLC, di mana sensor dan kondisi tertentu digunakan sebagai masukan untuk menentukan kapan suatu aktuator dapat bekerja. Zheng dkk. [2] menunjukkan bahwa PLC dapat digunakan sebagai inti sistem kontrol temperatur multikanal yang membaca sensor dan mengatur beberapa pemanas.

3.7 Proses Pengisian Minyak

Nozzle merupakan komponen yang berfungsi sebagai saluran untuk menyalurkan minyak dari sistem pengisian ke dalam kemasan (Gambar 4). *Nozzle* bekerja setelah kemasan ditempatkan pada posisi pengisian oleh mekanisme *pick-up*. Ketika proses pengisian dijalankan, minyak dialirkan melalui *nozzle* hingga jumlah yang telah ditentukan, kemudian kemasan yang telah terisi melanjutkan proses menuju bagian *sealer*.



Gambar 4. Nozzle Pengisian Minyak PT Raharjo Teknik Indonesia

Setelah kemasan diambil oleh *pick-up*, kemasan dipindahkan menuju posisi pengisian. Pada posisi tersebut, kemasan berada di bawah *nozzle*. Minyak kemudian dialirkan melalui *nozzle* menuju kemasan sesuai dengan proses pengisian yang telah diperintahkan oleh sistem kontrol.

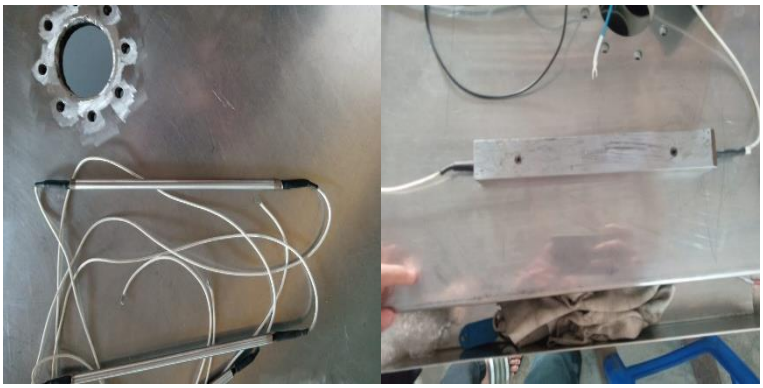
Berdasarkan hasil pengamatan, *nozzle* tidak melakukan pengisian apabila kemasan belum melewati sensor. Setelah proses pengisian selesai, kemasan bergerak menuju bagian *sealer* untuk menjalani proses penyegelan.

3.8 Proses Penyegelan Kemasan

Heater atau bisa disebut elemen pemanas merupakan komponen yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi panas (Gambar 5). Pada mesin pengemasan minyak otomatis, *heater* digunakan untuk menghasilkan panas pada bagian penyegelan kemasan.

Volume 10 Nomor 2 Oktober 2026
E-ISSN : 2598-6198

Ketika mendapatkan suplai listrik, elemen pemanas menghasilkan panas hingga temperatur pada bagian *sealer* meningkat sesuai kebutuhan proses pengemasan.



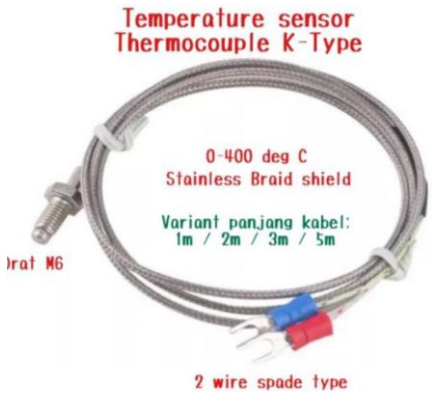
Gambar 5. Heater dan Sealer pada Mesin Pengemasan Minyak

Sealer merupakan bagian mesin yang berfungsi untuk melakukan penyegelan pada kemasan plastik setelah proses pengisian minyak. Proses penyegelan dilakukan dengan memanfaatkan panas dari elemen pemanas yang terdapat pada bagian *sealer*. Ketika temperatur telah mencapai kondisi yang diperlukan, *sealer* menekan bagian kemasan sehingga panas dan tekanan menyebabkan lapisan plastik menyatu dan membentuk penutupan kemasan.

Ketika kemasan yang telah terisi berada pada posisi penyegelan, bagian *sealer* menekan atau menjepit plastik kemasan. Panas dan tekanan pada bagian tersebut menyebabkan lapisan plastik menyatu sehingga terbentuk segel pada kemasan. Setelah proses selesai, *sealer* membuka kembali dan kemasan dapat melanjutkan proses berikutnya. Proses *heat sealing* dipengaruhi oleh beberapa parameter, terutama temperatur, tekanan, dan waktu. Parameter tersebut memengaruhi kualitas segel pada film kemasan [3], [4], [9].

3.9 Sistem Pengendalian Temperatur

Thermocouple merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur temperatur pada bagian *heater/sealer* (Gambar 6). *Thermocouple* bekerja dengan menghasilkan sinyal listrik akibat adanya perbedaan temperatur pada sambungan logamnya. Sinyal tersebut kemudian diterima oleh *temperature controller* Autonics TZN4H dan diolah menjadi nilai temperatur yang digunakan dalam proses pengendalian temperatur.



Gambar 6. Thermocouple pada Bagian Heater/Sealer

Penggunaan *thermocouple* tipe K sebagai sensor pada pengendalian temperatur oven dilaporkan oleh Pradipta dkk. [19], dan pada sistem termal temperatur tinggi oleh Almachi dkk. [14], sehingga pemilihan sensor pada mesin ini sejalan dengan praktik tersebut.



Gambar 7. Temperature controller Autonics TZN4H

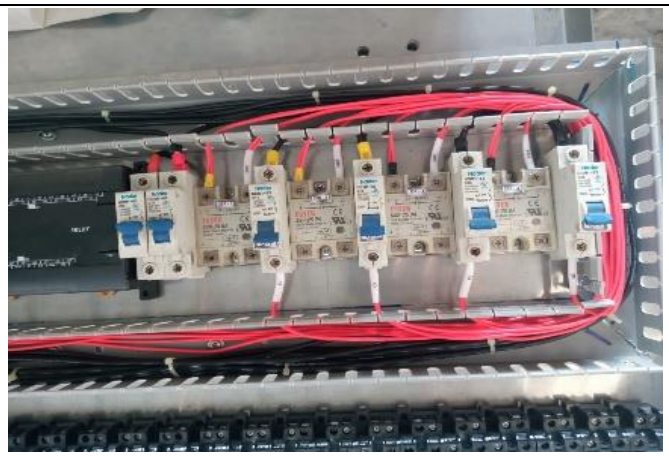
Temperature controller Autonics TZN4H (Gambar 7) berfungsi sebagai perangkat pengendali temperatur yang mengatur kondisi temperatur berdasarkan nilai yang terdeteksi oleh sensor *thermocouple* dan nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Dalam sistem kontrol temperatur mesin pengemasan minyak otomatis, TZN4H menerima sinyal temperatur dari *thermocouple*, kemudian mengolahnya dan memberikan sinyal keluaran kepada *Solid State Relay* (SSR) untuk mengatur pemberian daya pada *heater*. Proses tersebut berlangsung secara berkelanjutan sehingga temperatur pada bagian pemanas dapat dikendalikan sesuai dengan kebutuhan proses.

Temperature controller, SSR, dan *heater* membentuk sistem umpan balik karena temperatur yang dihasilkan *heater* dideteksi kembali oleh *thermocouple*. Liu dkk. [13] menunjukkan bahwa pendekatan kontrol umpan balik pada pengendalian temperatur industri dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam mempertahankan temperatur.

3.10 Peran Solid State Relay dalam Pengendalian Heater

Solid State Relay (SSR) berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengatur pemberian daya listrik menuju elemen pemanas berdasarkan sinyal kontrol dari *temperature controller* Autonics TZN4H (Gambar 8). SSR memungkinkan proses penyalaan dan pemutusan daya pada heating element dilakukan secara elektronik sesuai kebutuhan pengendalian temperatur. Dalam sistem mesin pengemasan minyak otomatis, SSR berperan dalam mempertahankan kondisi temperatur pada bagian pemanas sehingga proses penyegelan dapat dilakukan pada kondisi temperatur yang telah ditentukan.

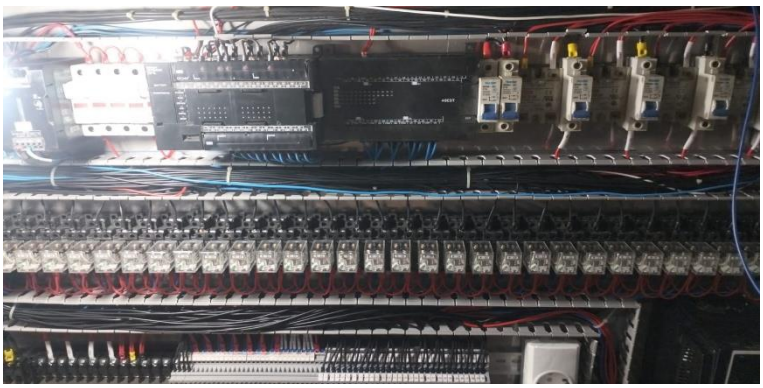
Volume 10 Nomor 2 Oktober 2026
E-ISSN : 2598-6198



Gambar 8. Solid State Relay pada Sistem Kontrol Temperatur

3.11 Sinyal Temperatur terhadap PLC

PLC Omron CP1L berfungsi sebagai pengendali utama mesin (Gambar 9). Setelah kondisi temperatur mencapai nilai yang ditentukan, sistem temperatur memberikan sinyal kepada PLC. Selanjutnya PLC memberikan perintah kepada bagian mesin untuk menjalankan proses berikutnya, termasuk pengoperasian *pick-up*.



Gambar 9. PLC dan Panel Kontrol Mesin PT Raharjo Teknik Indonesia

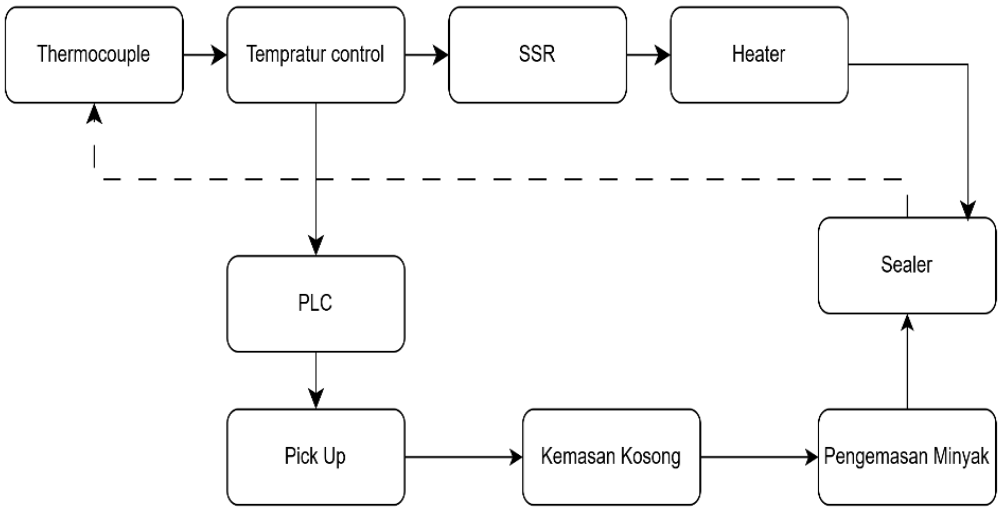
3.12 Kondisi Alarm/Sinyal Pin 9 dan 10

Berdasarkan data dan hasil pengamatan, pin 9 dan 10 pada *temperature controller* diamati sebagai bagian yang berkaitan dengan pemberian sinyal kepada PLC, baik ketika *temperature controller* mendapat temperatur yang sesuai dan terdapat kondisi yang menyebabkan proses mesin tidak berjalan sebagaimana mestinya. Ketika *heater* belum mencapai temperatur yang ditentukan, mesin tidak akan bekerja, karena *pick-up* tidak mengambil kemasan dan proses penyegelan tidak berlangsung. Pada penelitian ini, status keluaran alarm dan input PLC belum direkam secara instrumental, sehingga fungsi *interlock* disimpulkan dari perilaku mesin yang teramati: ketika temperatur belum mencapai batas, mesin hanya berputar, *pick-up* tidak mengambil kemasan, dan kemasan tidak disegel. Perilaku ini sesuai dengan sistem pengaman (safety) mesin pengisian rotari standing pouch di PT Raharjo Teknik Indonesia.

Volume 10 Nomor 2 Oktober 2026
E-ISSN : 2598-6198

3.13 Diagram Blok Sistem Kontrol

Berdasarkan hasil pengamatan (Gambar 10), ketika mesin dinyalakan, *temperature controller* mengendalikan SSR untuk memberikan daya kepada *heater*. *Heater* kemudian menghasilkan panas pada bagian *sealer*. Temperatur tersebut dideteksi oleh *thermocouple* dan informasinya dikirimkan kembali kepada *temperature controller*.



Gambar 10. Diagram Blok Sistem Kontrol Temperatur dan Proses Pengemasan

Ketika temperatur telah mencapai nilai yang ditentukan, sistem memberikan sinyal kepada PLC. PLC kemudian menjalankan proses berikutnya melalui mekanisme *pick-up*. Kemasan diambil, dipindahkan menuju bagian pengisian minyak, kemudian setelah proses pengisian selesai kemasan diteruskan menuju *sealer* untuk dilakukan penyegelan.

3.14 Implikasi Fluktuasi Temperatur terhadap Kualitas Penyegelan

Fluktuasi sekitar 2°C di atas *setpoint* 150°C (sekitar 1,3%) tergolong kecil dibandingkan rentang temperatur penyegelan yang dikaji pada penelitian *heat sealing*, misalnya 80–140°C pada film berbasis kertas [4]. Literatur melaporkan bahwa kekuatan segel meningkat seiring kenaikan temperatur hingga mencapai kondisi plateau yang relatif stabil [4], bahwa temperatur yang terlalu tinggi dapat merusak permukaan material kemasan [1], bahwa jendela temperatur penyegelan dapat sempit [6], dan bahwa pada temperatur dan tekanan rendah celah pada antarmuka segel dapat bertahan [9]. Dengan demikian, fluktuasi 2°C berpotensi memengaruhi konsistensi segel terutama bila *setpoint* berada dekat batas bawah jendela penyegelan film, di mana celah dapat tetap ada, atau dekat batas atasnya, di mana material dapat rusak. Pengaruh fluktuasi sebesar itu terhadap kekuatan segel pada film kemasan minyak belum diuji dan jendela penyegelan film yang dipakai tidak tercatat, sehingga implikasi ini bersifat dugaan berbasis literatur dan perlu diverifikasi.

3.15 Keterbatasan dan Arah Pengembangan

Penelitian ini belum mencapai tahap pengukuran respons transien yang berulang, sehingga keterbatasannya dinyatakan secara eksplisit. Data diambil selama kegiatan Praktik Industri selama satu bulan, dan waktu yang tersedia tidak cukup untuk pengukuran berulang dengan pencatat data, sehingga data yang diperoleh terbatas. Pertama, waktu pencapaian *setpoint* dan fluktuasi temperatur merupakan hasil pengamatan

langsung pada satu mesin tanpa pengulangan dan tanpa pencatat data. Akibatnya, grafik respons transien (temperatur terhadap waktu), *rise time*, *settling time*, *overshoot* terukur, galat tunak, serta nilai rata-rata dan simpangan baku belum dapat disajikan. Kedua, temperatur awal yang tercatat (0°C) belum dikonfirmasi dengan alat ukur pembanding. Ketiga, bukti *interlock* berasal dari perilaku mesin yang teramati, belum dari rekaman status keluaran alarm TZN4H dan input PLC. Keempat, pengaruh temperatur 150°C terhadap kualitas segel belum diuji. Kelima, spesifikasi teknis rinci seperti daya *heater*, tegangan 3 fasa, dan akurasi pengendali tidak tercatat. Keenam, mode kendali yang dikonfigurasi pada TZN4H (ON/OFF atau PID) beserta parameternya belum dicatat, sehingga karakter respons belum dapat dikaitkan dengan mode kendali tertentu. Penelitian lanjutan dapat mengukur temperatur terhadap waktu dengan pencatat data dan pengulangan, mencatat mode dan parameter kendali, mengevaluasi proteksi over-temperature dan kondisi *thermocouple* putus, serta menguji kekuatan segel menurut ASTM F88/F88M [20] dan integritas segel seperti pada Ilhan dkk. [9] pada variasi temperatur di sekitar 150°C.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan menjelaskan sistem kontrol temperatur *heater*, mencatat waktu pencapaian *setpoint* dan fluktuasinya, serta menunjukkan hubungan temperatur dengan mekanisme *pick-up*. Pertama, sistem bekerja sebagai loop umpan balik yang terdiri atas *thermocouple* tipe K, *temperature controller* Autonics TZN4H, SSR-25DA, dan *cartridge heater*, sedangkan PLC Omron CP1L mengatur urutan proses. Kedua, pada *setpoint* 150°C keempat *heater* mencapai *setpoint* dalam sekitar 10 menit dari temperatur awal tercatat 0°C (laju rata-rata sekitar 15°C per menit), kemudian temperatur naik sekitar 2°C (sekitar 1,3% dari *setpoint*) selama sekitar 8 detik dan kembali ke 150°C dalam sekitar 8 detik. Fluktuasi tersebut kecil terhadap *setpoint*, tetapi berpotensi memengaruhi konsistensi segel bergantung pada posisi *setpoint* terhadap jendela penyegelan film hal ini belum diuji. Ketiga, mekanisme *pick-up* tidak mengambil kemasan sebelum temperatur mencapai batas yang ditetapkan, sehingga temperatur berfungsi sebagai *interlock* proses.

Penelitian ini belum mencapai tahap pengukuran respons transien berulang, analisis *rise time*, *settling time*, dan *overshoot* terukur, maupun uji kekuatan segel; data berasal dari satu mesin dan satu *setpoint* tanpa pencatat data dan tanpa mode kendali yang terdokumentasi, karena waktu Praktik Industri hanya satu bulan sehingga data yang diperoleh terbatas. Bagi perusahaan, disarankan memverifikasi mode kendali (ON/OFF atau PID) dan parameter TZN4H serta melakukan penalaan PID bila diperlukan untuk menekan fluktuasi mencatat temperatur dengan pencatat data pada setiap start-up, dan memverifikasi proteksi over-temperature serta perilaku saat *thermocouple* putus. Penelitian lanjutan disarankan mengukur respons transien dengan minimal tiga ulangan per *heater* serta menguji kekuatan segel menurut ASTM F88/F88M [20] pada variasi temperatur di sekitar 150°C.

Volume 10 Nomor 2 Oktober 2026
E-ISSN : 2598-6198

Referensi

[1] H. Zhang, D. Hu, Y. He, L. Jin, Y. Zhang, J. Tu, and Y. Li, "Optimization method of heat-sealing process for pillow packaging machine," *Processes*, vol. 13, no. 11, Art. no. 3602, Nov. 2025, doi: 10.3390/pr13113602.

[2] Y. Zheng, T. Li, Y. Sun *et al.*, "Design of a multi-channel PID temperature control system based on PLC and Internet of Things (IoT)," *Journal of Electrical Engineering&Technology*, vol. 20, pp. 721–735, 2025, doi: 10.1007/s42835-024-01978-6.

[3] P. A. Gellerich and J. P. Majschak, "A new characterization approach for heat sealing of polymer packaging films identifying optimum sealing parameters using Pareto-based trade-off analysis," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 139, no. 44, Nov. 2022, doi: 10.1002/app.53094.

[4] M. Merabtene, P. Tanninen, J. Wolf *et al.*, "Heat-sealing and microscopic evaluation of paper-based coated materials using various seal bar geometries in vertical form fill seal machine," *Packaging Technology and Science*, vol. 36, no. 8, pp. 667–679, Aug. 2023, doi: 10.1002/pts.2735.

[5] M. Merabtene, P. Tanninen, J. Varis, and V. Leminen, "Heat sealing evaluation and runnability issues of flexible paper materials in a vertical form fill seal packaging machine," *BioResources*, vol. 17, no. 1, pp. 223–242, 2022, doi: 10.15376/biores.17.1.223-242.

[6] M. Merabtene, P. Tanninen *et al.*, "Heat sealability and convertibility of cellulose film in vertical form, fill and seal machine for food packaging applications," *Packaging Technology and Science*, vol. 39, no. 1, 2026, doi: 10.1002/pts.70020.

[7] B. Bamps, R. Peeters, P. Samyn *et al.*, "A study into the hot tack and cooled seal performance of emerging coated papers for primary flexible food packaging," *Packaging Technology and Science*, vol. 37, no. 9, pp. 885–899, Sep. 2024, doi: 10.1002/pts.2828.

[8] A. Marinelli, J. Lyytikäinen, P. Tanninen, B. Del Curto, and V. Leminen, "Barrier, converting, and tray-forming properties of paperboard packaging materials coated with waterborne dispersions," *Packaging Technology and Science*, vol. 37, no. 3, pp. 149–165, Mar. 2024, doi: 10.1002/pts.2784.

[9] I. Ilhan, R. ten Klooster, and I. Gibson, "Observing the effect of pressure and temperature on the seal integrity of critical seal regions of various flexible bag designs," *Food Packaging and Shelf Life*, vol. 37, Jun. 2023, Art. no. 101088, doi: 10.1016/j.fpsl.2023.101088.

[10] I. Ilhan, M. van Drongelen, R. ten Klooster, and I. Gibson, "Estimating minimum required dwell time for the heat sealing of talc containing polypropylene/low-density polyethylene packaging films," *Packaging Technology and Science*, vol. 36, no. 5, pp. 349–361, May 2023, doi: 10.1002/pts.2716.

[11] I. Ilhan, R. ten Klooster, and I. Gibson, "Effects of film tension and contamination on the seal quality of flexible food packaging films made of polypropylene and low density polyethylene blends containing talc filler," *Packaging Technology and Science*, vol. 36, no. 1, pp. 55–64, Jan. 2023, doi: 10.1002/pts.2692.

[12] Y. Wang, M. Fei, H. Luan, and Y. Chen, "Temperature control algorithm for packaging heat sealer based on IWOA-PID," in *Proc. 43rd Chinese Control Conf. (CCC)*, 2024, pp. 2328–2333, doi: 10.23919/CCC63176.2024.10661401.

[13] L. Liu, D. Xue, and S. Zhang, "General type industrial temperature system control based on fuzzy fractional-order PID controller," *Complex and Intelligent Systems*, vol. 9,

no. 3, pp. 2585–2597, Jun. 2023, doi: 10.1007/s40747-021-00431-9.

[14] J. C. Almachi, R. Vicente, E. Bone, J. Montenegro, E. Cando, and S. Reina, "Implementation of a neural network for adaptive PID tuning in a high-temperature thermal system," *Energies*, vol. 18, no. 12, Art. no. 3113, Jun. 2025, doi: 10.3390/en18123113.

[15] J. Liu, Z. Zhang, J. Zhang, and J. Chen, "Application of a neural network on steam drum pressure control in a fixed-bed reactor for exothermic reactions," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 7, Art. no. 3052, Apr. 2024, doi: 10.3390/app14073052.

[16] N. Boutchich, A. Moufid, M. Bennani, and S. El Hani, "Optimal neural network PID approach for building thermal management," *Energies*, vol. 16, no. 15, Art. no. 5598, Jul. 2023, doi: 10.3390/en16155598.

[17] S. W. Dewi, G. A. Pauzi, Junaidi, and S. W. Suciyati, "Furnace control system using the TCN4S temperature controller," *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, vol. 3, no. 3, 2022, doi: 10.23960/jemit.v3i3.104.

[18] Y. Suzantry Handayni, "Otomatisasi pengontrol temperatur suhu untuk mesin pengering pelet menggunakan kontroler Autonics TK4S dengan metode PID," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 1, pp. 20–25, Jan. 2023, doi: 10.23960/elc.v17n1.2396.

[19] A. Pradipta, Y. B. Adyapaka Apatya, and H. Krismastuti, "Kendali suhu pada mesin Hostia baking oven menggunakan sensor thermocouple tipe K," *Electro Luceat*, vol. 8, no. 1, pp. 16–23, Jul. 2022, doi: 10.32531/jelekn.v8i1.436.

[20] ASTM International, *Standard Test Method for Seal Strength of Flexible Barrier Materials*, ASTM F88/F88M-23, West Conshohocken, PA, USA, 2023.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License