

Studi Kinerja Termokopel Tipe K Pada Mesin Injeksi Haitian 120 Ton Dalam Pembuatan Botol Urine Di PT Unotech Mega Persada

Alimuddin¹, Ryan Galih Permana¹,
¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

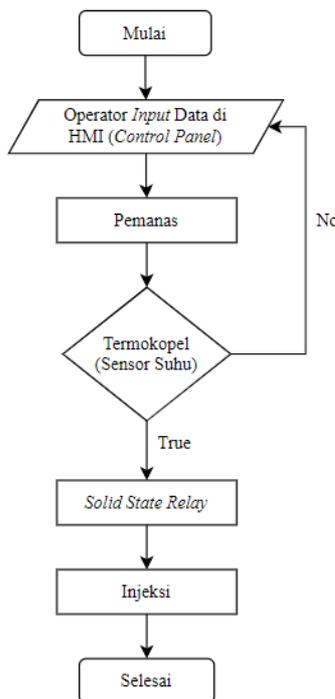
Naskah Diterima : 4 Mei 2023

Direvisi : 9 November 2023

Disetujui : 4 Desember 2023

*Korespondensi Penulis :
 alimuddin@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

This study explores the installation of type K thermocouples on the Haitian MA 1200G plastic injection machine at PT Unotech Mega Persada. The focus is on the function, performance, and heat control in the production of urine bottles. The results reveal strategically placed thermocouple installation zones and optimal thermocouple performance. Actual temperature data in zones 1 to 5 shows values of 230 °C, 228 °C, 225 °C, 225 °C, and 200 °C, respectively. Operators set the values to melt PP plastic with target values in zone 1 at 230 °C, zone 2 at 228 °C, zone 3 at 225 °C, zone 4 at 225 °C, and zone 5 at 200 °C, with minimal temperature deviation and upper and lower deviations set at 20 °C. The research concludes by emphasizing the importance of thermocouple installation in improving product quality and production efficiency. The primary contribution of type K thermocouples in achieving the desired temperature in each heating zone, along with heat control using SSR, demonstrates positive results in optimizing the plastic injection process.

Keywords: Thermocouple, plastic injection machine, temperature, urine bottle

Abstrak

Penelitian ini membahas pemasangan termokopel tipe K pada mesin injeksi plastik Haitian MA 1200G di PT Unotech Mega Persada. Fokusnya adalah fungsi, kinerja, dan pengendalian panas dalam pembuatan botol urine. Hasil menunjukkan zona pemasangan yang strategis dan kinerja optimal termokopel. Data actual temperature pada zona 1 hingga zona 5 menunjukkan nilai masing-masing sebesar 230 °C, 228 °C, 225 °C, 225 °C, dan 200 °C. Operator mengatur set value untuk melelehkan bahan plastik PP dengan nilai target pada zona 1 sebesar 230 °C, zona 2 sebesar 228 °C, zona 3 sebesar 225 °C, zona 4 sebesar 225 °C, dan zona 5 sebesar 200 °C dan deviasi suhu minimal dengan upper deviation dan lower deviation sebesar 20 °C. Kesimpulan studi termokopel untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi produksi dan termokopel tipe K dapat mencapai suhu yang diinginkan di setiap zona pemanasan, serta pengendalian pemanasan menggunakan SSR, menunjukkan hasil yang positif dalam mengoptimalkan proses injeksi plastik.

Kata Kunci: Termokopel, mesin injeksi plastik, suhu, botol urine

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

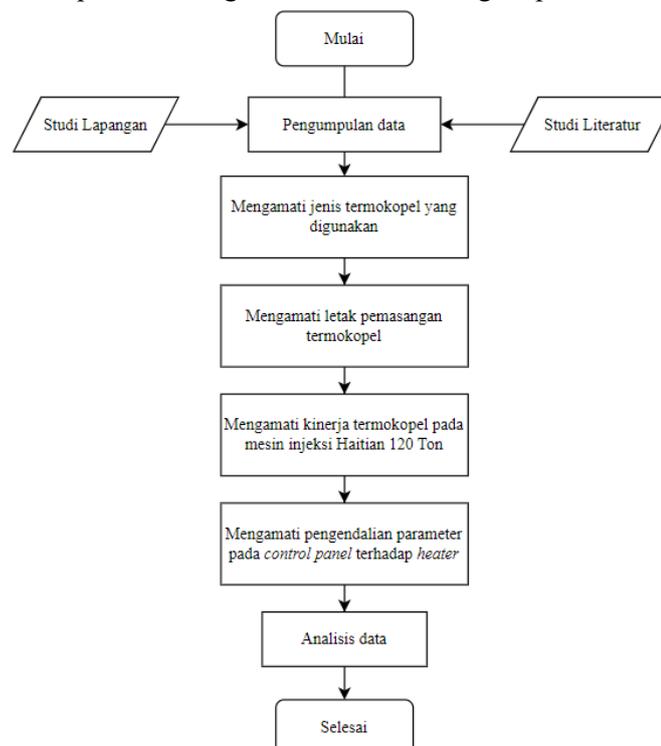
Bahan plastik secara bertahap mulai menggantikan gelas, kayu dan logam di bidang industri. Plastik adalah bahan sintesis yang dapat diubah bentuknya serta dapat juga dipertahankan dan diperkeras dengan cara menambahkan material lain secara komposit ke dalamnya. Walaupun secara umum sifat plastik adalah kurang kuat dan kaku dibanding logam pada umumnya, akan tetapi rasio kekuatan dan berat *strength to weight ratio* serta kekakuan terhadap berat *stiffness to weight ratio* lebih baik dibanding logam pada umumnya [1]. *Polypropylene* merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. Propilena mempunyai *specific gravity* rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain. *Polypropylene* mempunyai titik leleh yang cukup tinggi 190 – 200°C, sedangkan titik kristalisasinya antara 130 – 135°C. *Polypropylene* mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia *chemical resistance* yang tinggi, tetapi ketahanan pukul *impact strength* rendah [2]. Untuk mendukung sarana plastik dibutuhkan suatu teknologi yang cukup memadai yaitu teknologi cetakan yang digunakan. Adapun jenis-jenis cetakan adalah *blow moulding*, *extrusion moulding*, *compression*

moulding, dan *injection moulding*. Namun yang banyak digunakan pada saat ini adalah cetakan jenis cetakan injeksi [3]. Mesin injeksi molding adalah salah satu operasi yang paling umum dan serbaguna untuk produksi massal pada komponen plastik yang kompleks dengan toleransi ukuran yang sempurna. Hal ini disebabkan pada proses injeksi molding hanya memerlukan operasi minimal tanpa finishing. Injeksi molding adalah suatu daur proses pembentukan plastik ke dalam bentuk yang di inginkan dengan cara menekan plastik cair kedalam sebuah cetakan [4].

Salah satu proses produksi yang ada di *section plastic injection* adalah proses pembentukan produk dari butir-butir plastik yang dimasukkan kedalam komponen mesin yang disebut *hopper* untuk dialirkan menuju barel dan mendorong material kedalam cetakan dengan menggunakan *screw* atau biasa disebut *plastic injection*. Proses *plastic injection* harus dilakukan sesuai dengan standar yang sudah ada [5]. Adapun salah satu aspek pendukung dari sistem automasi yang penting adalah penggunaan sensor sebagai input yang dipergunakan sebagai pemantik dari kerja output yang digunakan. Sensor suhu merupakan salah satu dari sekian banyak sensor yang sering dijumpai dalam dunia industri. Sensor ini berfungsi sebagai pengukur temperature pada material yang diinginkan dan sensor suhu yang sering ditemui pada dunia industri salah satunya adalah sensor termokopel [6]. Termokopel tipe K menyediakan rentang suhu operasi terluas. Terdiri dari kaki positif yang non-magnetik dan kaki negatif yang bersifat magnetik. Dalam termokopel tipe K logam dasar tradisional digunakan karena dapat bekerja pada suhu tinggi dan dapat memberikan rentang suhu operasi terluas. Salah satu logam penyusun Termokopel tipe K adalah nikel yang bersifat magnetis [7]. Peralatan sensor suhu termokopel pada mesin injeksi molding plastik dibutuhkan agar dapat mengetahui jenis termokopel yang digunakan, letak pemasangan, prinsip kerja, pengendalian parameter pada control panel terhadap heater. Adapun faktor tersebut penulis memilih judul studi kinerja termokopel tipe K pada mesin injeksi haitian 120 ton dalam pembuatan botol urine di PT Unotech Mega Persada.

2. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian merupakan tahapan umum dalam sebuah penelitian. Diagram alir penelitian berguna untuk memberikan informasi dari awal dilakukannya penelitian hingga selesai. Tahapan yang dilakukan selama penelitian digambarkan secara singkat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

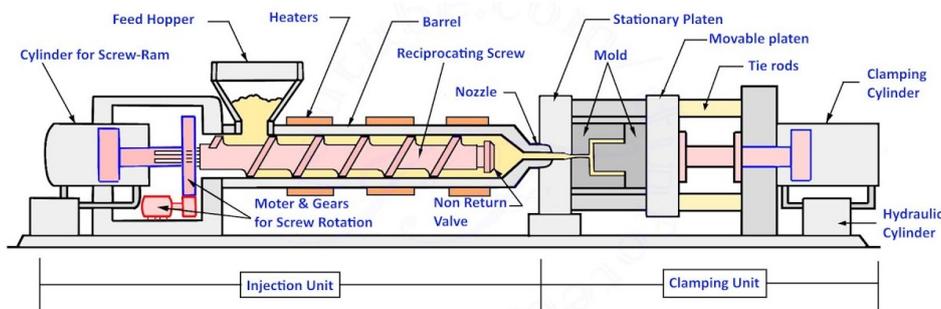
Gambar 1 merupakan diagram alir proses yang mencerminkan kerangka kerja penelitian untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi produksi dengan mengendalikan suhu sesuai standar yang telah ditetapkan. Penelitian mengenai studi kinerja termokopel tipe K pada mesin injeksi plastik Haitian MA 1200G di PT Unotech Mega Persada melibatkan beberapa langkah. Mesin injeksi plastik Haitian

MA 1200G, yang memiliki berbagai zona pemanasan, menjadi fokus utama yang memerlukan pengaturan suhu yang tepat. Termokopel tipe K berfungsi sebagai sensor suhu, sementara pengendali suhu digunakan untuk mengatur suhu di setiap zona. Kontrol panel HMI berperan sebagai input dan pemantauan proses. Data suhu yang diukur oleh termokopel dibandingkan dengan nilai yang diinginkan yang telah diatur oleh pengendali suhu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahapan Proses Mesin Injeksi Plastik

Mesin injeksi plastik merupakan sebuah mesin yang digunakan secara manual atau automasi, yang memiliki 2 jenis tipe mesin. Yaitu mesin injeksi plastik vertikal dan mesin injeksi plastik horisontal. Untuk jenis mesin injeksi plastik yang digunakan di PT Unotech Mega Persada adalah mesin jenis horisontal, dengan merk Haitian MA 1200G untuk pembuatan botol urine. Botol urine yang ada di PT UMP terbuat dari bahan plastik polypropylene (PP). Adapun pembuatan botol urine tersebut dilakukan dengan cara melelehkan bahan plastik PP yang dimasukkan kedalam *hopper* kemudian dilelehkan di dalam barrel dengan suhu leleh dari bahan plastik PP sebesar 190–200°C dan kemudian dicetak pada mesin injeksi plastik Haitian MA 1200G. Adapun tahapan proses pembuatan botol urin pada PT UMP ini dibagi menjadi 5 bagian yaitu *mold close*, *fill injection*, *holding injection*, *charging* hingga *cooling* dan tahapan yang terakhir adalah *mold open*. Berikut merupakan tata letak umum mesin terdapat pada Gambar 2.

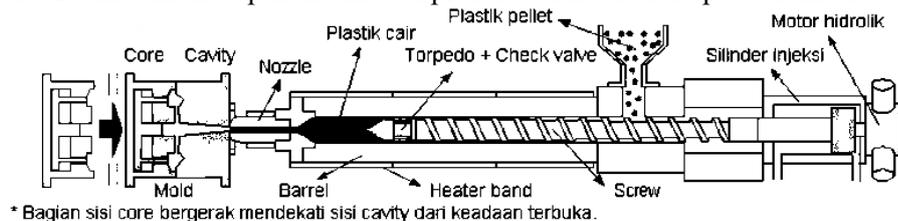


Gambar 2. Tata Letak Mesin Injeksi Plastik Haitian MA 1200G

Pada Gambar 2 mesin injeksi plastic memiliki 2 bagian, yaitu *injection part* dan *clamping part*. Pada bagian injeksi terdapat komponen utama yaitu *hopper*, *heater*, *screw* atau *plunger* dan *nozzle*. Bahan plastik PP padat dimasukkan kedalam *hopper* untuk diproses kedalam *heater* yang berfungsi memanaskan bahan plastik PP tersebut hingga mencair, kemudian didorong oleh *screw* yang digerakan oleh motor pada *nozzle* untuk memasukkan bahan plastik PP yang sudah cair kedalam cetakan pada bagian penjepitan atau *clamping part*. Adapun bagian selanjutnya dalam mesin injeksi plastik yaitu *clamping part* yang memiliki komponen utama meliputi *mold*, *platen*, *clamping unit*, *ejector system* serta *hydraulic cylinder*. Setelah bahan plastik tersebut diproses pada bagian injeksi, bahan plastik tersebut dicetak pada komponen cetakan untuk membentuk produk plastik berupa botol urine. Cetakan tersebut juga tidak hanya satu terdiri dari beberapa bagian cetakan yang ditutup dan dikunci oleh pelat penjepit, dimana pada proses ini menggunakan silinder hidraulik guna memberikan tekanan dan diproses oleh sistem pendorong produk dimana mendorong produk jadi keluar dari cetakan.

3.1.1 *Mold Close*

Dalam satu siklus kerja dari proses injeksi plastik, tahap awal dimulai dengan langkah menutup cetakan *mold close*. Berikut ini merupakan simulasi proses dari *mold close* pada Gambar 3.



Gambar 3. Simulasi Proses *Mold Close*

Pada Gambar 3. bagian mold cetakan yang digunakan dalam proses injeksi plastik terdapat dua bagian utama yaitu *core* dan *cavity*. *cavity* terhubung dengan *stationery platen* mesin injeksi, sementara *core* terhubung dengan *moving platen* yang berfungsi untuk membuka dan menutup cetakan dengan nilai set point pada Tabel 1 berikut.

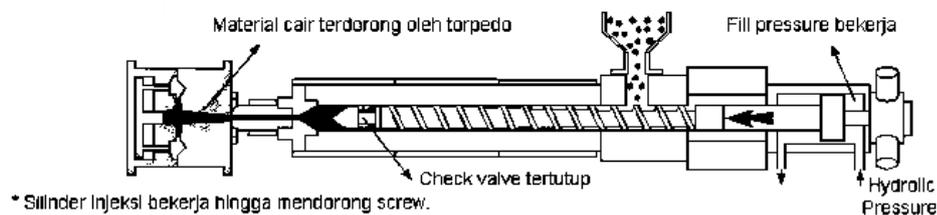
Tabel 1. Set Point Mold Close Pembuatan Botol Urine

→	#1	#2	#3	LowP (kg/cm ²)	HighP (kg/cm ²)
<i>Position</i> (mm)	200	100	40		
<i>Press</i> (kg/cm ²)	40	40	40	37	68
<i>Speed</i> (mm/s)	30	30	30	25	25

Pada Tabel 1 tersebut memberikan rincian data yang dimasukkan dalam pengaturan parameter selama tahap mold close. *Position* merepresentasikan posisi penutupan cetakan dalam satuan milimeter, sedangkan pada kolom press menunjukkan bahwa tekanan diatur stabil sebesar 40 kg/cm² pada tiga posisi yang berbeda. Kemudian kecepatan penutupan cetakan diatur tetap pada nilai 30 mm/s untuk setiap posisi. Pada LowP dan HighP diberikan data dengan rentang tekanan yang diizinkan selama penutupan cetakan pada posisi #1 hingga posisi #3. Set data tersebut diatur guna tepat dalam menjaga kualitas produk yang dihasilkan dan meminimalkan cacat pada produk.

3.1.2 *Fill Injection*

Tahap *fill injection* dalam proses injeksi plastik melibatkan penyuntikan plastik cair ke dalam cetakan untuk mengisi rongga cetakan dan membentuk produk akhir. Plastik cair, yang telah dipanaskan hingga mencair sebelumnya, diinjeksikan dengan tekanan tertentu ke dalam cetakan yang telah tertutup. Adapun proses simulasi tahap *fill injection* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Simulasi Proses Fill Injection

Pada Gambar 4 selama tahap *fill injection*, parameter seperti *fill pressure* diukur dalam satuan kg/cm² dan *fill velocity* diukur dalam satuan mm/s diatur untuk memastikan distribusi merata dari plastik cair di seluruh rongga cetakan. Pengaturan tekanan dan kecepatan dalam tahap ini memengaruhi bagaimana aliran plastik dan pengisian cetakan terjadi. Adapun parameter-parameter yang dimasukkan pada control panel ketika proses *inject* pada mesin injeksi plastik terdapat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Set Point Inject Pembuatan Botol Urine

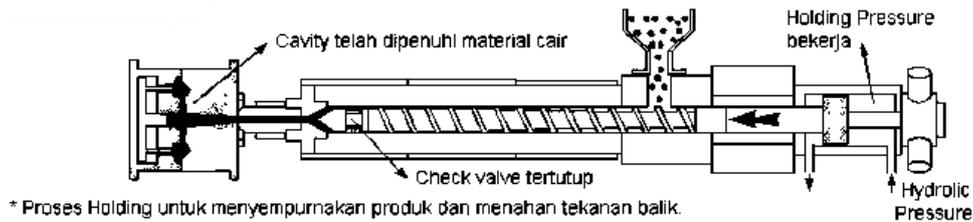
←	#5	#4	#3	#2	#1
<i>Position</i> (mm)	0	8	10	15	20
<i>Press</i> (kg/cm ²)	0	95	99	99	99
<i>Speed</i> (mm/s)	0	75	80	80	80

3.1.3 *Holding Injection*

Perbaikan produk terjadi pada tahap ini dengan tujuan khusus, yaitu untuk memastikan bahwa dalam tahap perbaikan berikutnya, pengaturan yang paling efektif dapat digunakan. Proses ini telah diatur dengan cermat di kontrol panel oleh operator sehingga dapat meminimalkan usaha dalam tahap



perbaikan, dengan mengoptimalkan pengaturan parameter. Adapun proses simulasi tahap *holding injection* dapat dilihat pada Gambar 5. berikut.

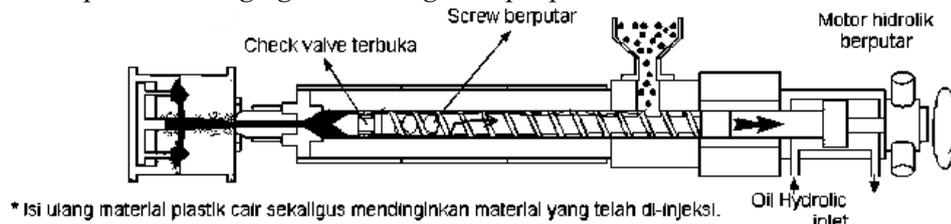


Gambar 5. Simulasi Proses Holding Injection

Dalam tahap ini, perhatian utamanya telah bergeser dari kecepatan dalam mengatur parameter, sehingga hanya tekanan yang diatur bersama dengan waktu yang menjadi faktor kunci. Pada saat ini, mesin memiliki opsi tekanan *holding* yang bisa diatur, termasuk waktu yang sesuai. Detail parameter yang diatur dalam kontrol panel saat proses holding pada mesin injeksi plastik meliputi posisi #1 dengan tekanan 30 kg/cm², kecepatan 20 mm/s, dan waktu 1.5 detik, serta posisi #2 dengan tekanan 30 kg/cm², kecepatan 20 mm/s, dan waktu 1.5 detik.

3.1.4 Charging dan Cooling

Tahap pengisian dan pendinginan merupakan langkah penting dalam proses injeksi plastik. Berikut simulasi tahapan dari *charging* dan *cooling* terdapat pada Gambar 6.

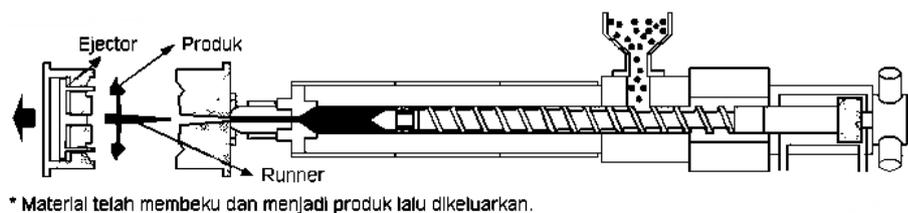


Gambar 6. Simulasi Proses Charging dan Cooling

Pada Gambar 6 tahap *charge*, plastik cair diisikan kembali ke dalam barrel melalui pergerakan *screw* dengan dukungan motor hidrolis. Disaat yang bersamaan, waktu pendinginan dimulai. Parameter penting dalam tahap ini meliputi posisi *screw* pada level #1 hingga #5, tekanan injeksi, tekanan balik, serta jarak perpindahan balik *screw*. Waktu Pendinginan dan total waktu siklus juga harus diperhitungkan dan sangat penting untuk memastikan bahwa waktu charge lebih pendek dari waktu pendinginan, dimana guna menghindari tumpahan bahan plastik dari *nozzle* saat mold terbuka. Operator mengatur tekanan injeksi harus dilakukan secara matang untuk memastikan pengisian plastik cair yang efisien dan akurat ke dalam cetakan serta untuk data masukkan pada kontrol panel telah ditentukan. Proses *charge* juga melibatkan pergerakan mundur *screw* yang mendorong bahan plastik cair maju menuju bagian depan torpedo dalam barrel. *Check valve* yang terlibat dalam proses ini memastikan aliran satu arah yang penting, agar dapat mengizinkan bahan plastik mengalir dari belakang torpedo menuju bagian depan, tetapi mencegah aliran sebaliknya.

3.1.5 Mold Open

Pada tahap pembukaan cetakan, proses dilakukan secara berurutan untuk memastikan kesuksesan operasi. Berikut merupakan simulasi tahapan dari proses *modal open* pada Gambar 7. berikut.



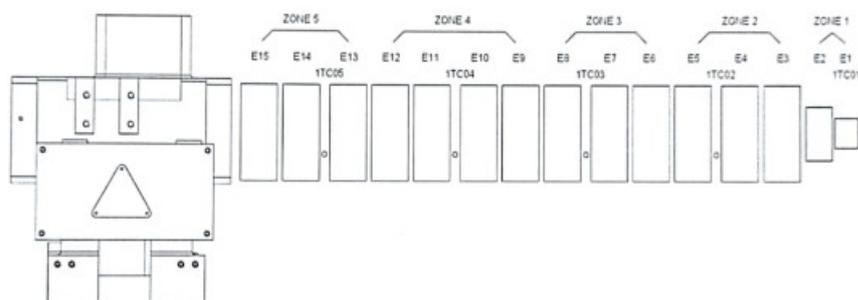
Gambar 7. Simulasi Proses *Mold Open*

Pada Gambar 7 ketika posisi pertama kali proses selesai untuk mengurangi tekanan hidrolis pada *modal clamp release* agar kembali normal setelah bekerja pada tingkat tekanan tinggi maka bagian *core* dan *cavity* membuka dengan tekanan rendah dan menghindari gesekan berlebihan yang dapat

merusak struktur cetakan. Kemudian, posisi kedua ketika pembukaan diset dengan cepat dan kecepatan tinggi atau bisa disebut dengan *high mold open velocity*. tahap selanjutnya adalah membuka secara perlahan sebelum mencapai posisi terbuka maksimal. Hal ini dilakukan untuk menghindari posisi terbuka yang berlebihan dan menjaga stabilitas posisi terbuka. Dan tahap terakhir pada *mold open* adalah *ejection* dari cetakan. *ejector* digunakan untuk mendorong produk dari bagian core agar bisa diambil dengan mudah. Produk harus melekat pada bagian *core* saat cetakan terbuka.

3.2 Fungsi dan Letak Pemasangan Termokopel

Pada mesin Haitian MA 1200G di PT Unotech Mega Persada menggunakan jenis termokopel K, dimana memiliki bahan penyusun yaitu nikel. Termokopel K juga memiliki keandalan yang optimal pada atmosfer pengosidasiannya hingga suhu 1260°C atau bisa dikonversikan kedalam fahrenheit sebesar 2300 °F, memiliki toleransi antara rentang suhu -40 hingga 375 °C. Adapun kaki positif pada jenis termokopel ini mengandung 90% nikel dan 10% kromium, sedangkan kaki negatifnya mengandung 95% nikel, 2% aluminium, 2% mangan dan 1% silikon. Berikut merupakan pemasangan termokopel pada barrel mesin Haitian MA 1200G terlihat pada Gambar 3.7.



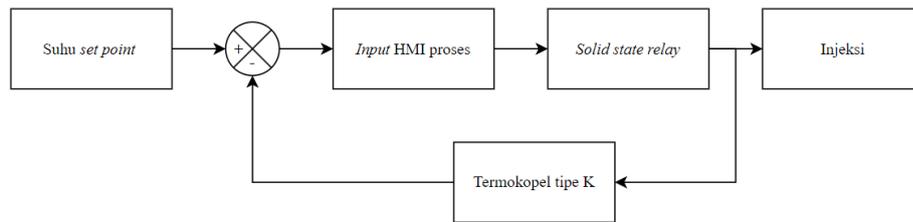
Gambar 8. Zona Pemasangan Termokopel Mesin Haitian MA 1200G

Pada Gambar 8. zona pemasangan termokopel tipe K pada mesin Haitian MA 1200G memiliki beberapa zona yang strategis untuk memantau suhu dengan lebih akurat. Setiap zona ini berperan penting dalam mengendalikan pemanasan dan memastikan suhu yang konsisten sesuai dengan kebutuhan produksi. Adapun penjelasan tentang zona-zona pemanasan pada Gambar 4.8 adalah sebagai berikut.

1. Zona 5, pintu masuk pengisian *Hopper*. Pada zona ini, termokopel tipe K ditempatkan di dekat pintu masuk pengisian bahan. Fungsi zona ini adalah untuk memonitor suhu pada tahap awal, memastikan bahwa bahan yang dimasukkan ke dalam mesin memiliki suhu yang sesuai dengan persyaratan peleburan.
2. Zona 4, awal barrel pengisian. Termokopel tipe K ditempatkan di zona awal barrel pengisian. Zona ini penting untuk memastikan bahwa bahan plastik mulai meleleh dengan suhu yang tepat ketika masuk ke dalam barrel.
3. Zona 3, zona pemanasan utama. Pada zona ini, terdapat beberapa termokopel tipe K yang tersebar di sepanjang area pemanasan barrel. Fungsi zona ini adalah untuk memonitor dan mengontrol suhu selama proses pemanasan utama. Data suhu yang diperoleh dari zona ini memberikan masukan yang dibutuhkan untuk menjaga suhu yang konsisten di seluruh barrel.
4. Zona 2, zona akhir barrel pengisian. Termokopel tipe K ditempatkan di akhir barrel pengisian. Zona ini penting karena suhu yang tepat pada tahap akhir pemanasan memastikan bahwa bahan plastik telah mencapai konsistensi yang diinginkan sebelum diinjeksikan.
5. Zona 1, dekat *nozzle*. Zona terakhir ini mendekati *nozzle*, tempat bahan plastik yang telah meleleh akan keluar. Termokopel tipe K ditempatkan di zona ini untuk memastikan bahwa bahan yang keluar memiliki suhu yang sesuai dan siap untuk proses injeksi.

3.3 Sistem Kendali Suhu pada Mesin Haitian MA 1200G

Mesin injeksi plastik Haitian MA 1200G yang dioperasikan di PT Unotech Mega Persada memiliki sistem kontrol yang efisien dan dapat memberikan dampak pada kualitas produksi. Salah satu elemen utama dalam sistem ini adalah panel kontrol yang melibatkan berbagai komponen kritis. Serta prosesor Haitian AK668 berperan sebagai otak sistem, mengarahkan operasi keseluruhan mesin yang mempengaruhi proses injeksi plastik. Berikut ini merupakan diagram alir dalam sistem kendali suhu mesin Haitian MA 1200G pada Gambar 9.

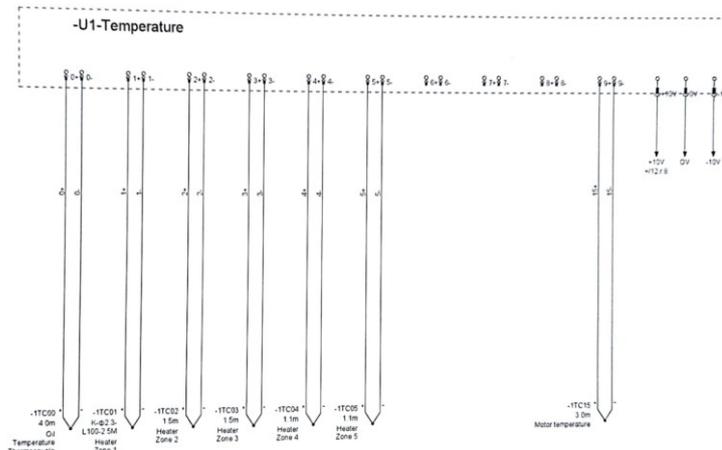


Gambar 9. Diagram Blok Sistem Kendali Suhu Pada Panel Kontrol

Pada Gambar 9 untuk memantau proses injeksi pada mesin Haitian MA 1200G operator memasukkan pengaturan suhu dan parameter lainnya pada panel kontrol mesin injeksi plastik. Data yang dimasukkan ini diteruskan ke elemen pemanas yang bertugas memanaskan zona pemanasan. Sensor suhu terus memantau suhu aktual dalam mesin. Sistem kontrol kemudian melakukan pemeriksaan kondisi. Jika suhu aktual sesuai dengan pengaturan yang dimasukkan oleh operator, maka sistem lanjut ke langkah berikutnya. Adapun jika sensor suhu mendeteksi bahwa suhu aktual tidak sesuai dengan yang diinginkan, sistem kontrol akan mengirimkan informasi tersebut kembali ke panel kontrol. Dimana operator atau sistem kontrol untuk melakukan *troubleshooting* dan mengambil tindakan yang sesuai untuk mengatasi masalah suhu. Proses *troubleshooting* dapat melibatkan pemeriksaan sensor, pengaturan suhu, atau perbaikan lainnya yang mungkin diperlukan. Dalam langkah ini, kontrol dikirim ke SSR, yang bertugas mengaktifkan elemen pemanas. Setelah itu, proses injeksi plastik dimulai dan selesai.

3.4 Kinerja Suhu pada Mesin Injeksi Plastik Haitian MA 1200G

Dalam mesin Haitian MA 1200G di PT Unotech Mega Persada, sistem kontrol pada termokopel memiliki peran yang krusial. Sistem ini mengintegrasikan teknologi canggih yang memungkinkan pemantauan suhu yang akurat dan kontrol yang tepat terhadap pemanasan di dalam barrel pengisian. Berikut merupakan rangkaian skematik termokopel input pada mesin Haitian MA 1200G pada Gambar 3.9.



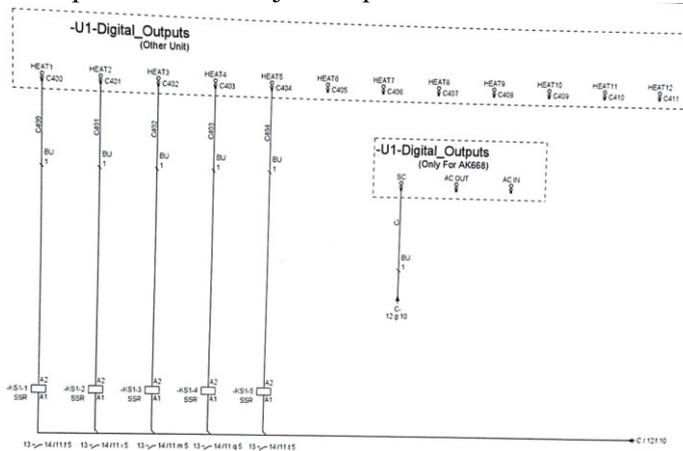
Gambar 10. Rangkaian Skematik Termokopel Input

Pada Gambar 10 tersebut rangkaian skematik dari termokopel pada zona pemanasan pin input TCR1 pada zona 1, TCR2 pada zona 2, TCR 3 pada zona 3, TCR 4 pada zona 4 dan TCR 5 pada zona 5. Dengan tegangan dari prosesor tersebut sebesar 48 V. Kemudian, pin pada prosesor dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut.



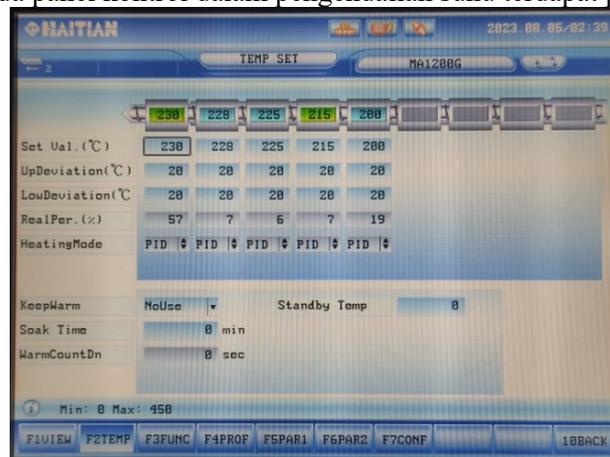
Gambar 11. Pin TCR1-TCR5 Pada Prosesor Haitian AK668

Pada Gambar 11 informasi suhu yang dikumpulkan oleh termokopel diolah oleh sistem kontrol untuk mengatur keluaran dari elemen pemanas. Hal ini memastikan bahwa suhu di dalam barrel tetap pada tingkat yang optimal, sesuai dengan kebutuhan dari berbagai jenis bahan plastik yang diolah dalam produksi. Dengan demikian, sistem kontrol pada termokopel menjadi elemen yang mengoptimalkan proses injeksi plastik dan menjaga kualitas produk yang dihasilkan di PT Unotech Mega Persada. Kemudian, rangkaian skematik pada heater ditunjukkan pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Rangkaian Skematik Output Heater pada Barrel

Pada Gambar 3.11, konfigurasi pin C400 hingga C404 bertindak sebagai output dari prosesor Haitian AK668. Prosesor ini menghasilkan tegangan keluaran sebesar 48 V yang kemudian dialirkan ke *solid state relay* (SSR). SSR dapat berfungsi sebagai normally open atau normally closed pada setiap pin dan proses itu tertampil pada Gambar 4.13. Ketika SSR dalam keadaan NO, sinyal dari pin-pin C400 hingga C404 akan langsung mengalirkan tegangan 48 V ke dalam proses injeksi. Sedangkan, jika SSR dalam keadaan NC, tegangan 48 V dari pin-pin C400 hingga C404 akan diblokir dalam kondisi normal. Berikut tampilan pada panel kontrol dalam pengendalian suhu terdapat pada Gambar 13.



Gambar 13. Tampilan Layar Panel Kontrol Pada Pemanasan Barrel

Pada gambar 13. terdapat beberapa parameter yang ditampilkan seperti *actual temperature*, *set value*, *up deviation* dan *lower deviation*. Adapun parameter kinerja dari termokopel tipe K ini adalah sebagai berikut.

1. Suhu termokopel tipe K

Suhu pada termokopel tipe K tertampil secara real-time pada panel kontrol Haitian MA 1200G memudahkan operator untuk memantau suhu yang disebut dengan *actual temperature* yaitu nilai suhu yang diukur pada barrel pengisian pada saat tertentu. Diperoleh nilai *actual temperature* pada zona 1 sebesar 230 °C, zona 2 sebesar 228 °C, zona 3 sebesar 225 °C, zona 4 sebesar 225 °C dan zona 5 sebesar 200 °C. Adapun untuk suhu yang diatur oleh operator agar suhu pemanasan dapat mencapai target yang diinginkan adalah *set value*. Pada *set value*, operator mengatur suhu dengan spesifikasi titik leleh pada



bahan plastik yang digunakan sebagai target suhu. Operator mesin Haitian MA 1200G memasukkan nilai untuk melelehkan bahan plastik PP untuk diproses dalam pembuatan botol urine sebesar 230 °C pada zona 1, 228 °C pada zona 2, 225 °C pada zona 3, 225 °C pada zona 4 dan 200 °C pada zona 5. Secara data tersebut nilai dari *actual temperatur* dan *set value* menunjukkan bahwa zona 1 hingga zona 5 berhasil mencapai suhu yang diinginkan dengan baik. Adapun perbedaan antara *actual temperature* dan *set value* relatif kecil, yang mengindikasikan pengendalian suhu yang efektif dalam proses injeksi plastik pada mesin Haitian MA 1200G.

2. Deviasi suhu

Deviasi suhu menggunakan termokopel tipe K pada mesin injeksi plastik Haitian MA 1200G dengan variabel *up deviation* dan *lower deviation* sebesar 20 °C di setiap zona, dapat dikatakan bahwa mesin ini berhasil mencapai suhu yang diinginkan oleh operator. Deviasi suhu pada setiap zona, yaitu perbedaan antara *actual temperature* yang diukur oleh termokopel dan suhu yang diinginkan atau *set value*, dengan deviasi suhu yang sangat minimal atau bahkan nol. Hasil ini mengindikasikan bahwa mesin injeksi plastik secara efisien mengendalikan suhu di setiap zona barrel sesuai dengan pengaturan yang telah ditetapkan. Selanjutnya, penggunaan *up deviation* dan *lower deviation* pada setiap zona bertujuan untuk memastikan bahwa suhu tetap berada dalam rentang yang diinginkan, tanpa melebihi batas atas atau batas bawah yang telah ditentukan sebelumnya.

3. Perubahan suhu

Dari data suhu yang disajikan pada setiap zona mesin injeksi plastik, terlihat bahwa *actual temperature* hampir selalu sesuai dengan *set value*. Deviasi suhu di semua zona adalah 0 °C, menunjukkan bahwa mesin ini berhasil mencapai suhu yang telah ditentukan dengan akurat. Ini menunjukkan bahwa mesin beroperasi dalam batas suhu yang telah ditetapkan oleh operator tanpa adanya perubahan yang berarti. Penggunaan *upper deviation* dan *lower deviation* sebesar 20 °C di setiap zona berfungsi untuk memastikan bahwa suhu selalu berada dalam rentang yang telah ditentukan dan tidak melebihi batas yang telah diatur oleh operator. Langkah ini sangat penting untuk menghindari suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah yang dapat mengganggu proses produksi. Dengan deviasi suhu yang terjaga pada tingkat minimal, mesin injeksi plastik dapat menjalankan proses produksi dengan tingkat konsistensi yang tinggi.

Pada proses pemanasan yang terjadi terdapat beberapa zona yang ditandai warna hijau, dimana ketika proses itu berlangsung maka barrel sedang dipanaskan oleh heater dengan komponen SSR yang mempengaruhi proses itu terjadi sebagai NO maupun NC. Berikut merupakan proses pemanasan di setiap zona yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 (a) dan (b) Zona Pemanasan Pada Barrel

Pada Gambar 14 (a) merupakan konfigurasi yang melibatkan SSR sebagai pengendali pemanasan di zona 1, 2, 3, dan 5 menandai pemanasan yang sedang aktif dengan indikator warna hijau, sementara zona 4 menandakan ketiadaan pemanasan. Masing-masing zona pemanasan memiliki koneksi SSR yang bertugas sebagai saklar semikonduktor. SSR ini mengendalikan aliran arus listrik ke elemen pemanas barrel dengan berdasarkan sinyal kendali yang diteruskan dari prosesor Haitian AK668. Pada saat pemanasan di zona 1, 2, 3 dan 5 aktif, maka sinyal kendali dikirimkan menuju SSR yang terhubung dengan zona ini. Dalam keadaan normally open, SSR membuka jalur sirkuit sehingga mengizinkan arus listrik mengalir ke elemen pemanas di zona tersebut. Indikasi warna hijau menandakan bahwa pemanasan sedang berlangsung. Namun, di zona 4, di mana pemanasan tidak terjadi, SSR diatur dalam keadaan *normally closed*, yang pada dasarnya mencegah aliran daya listrik. Walaupun ada sinyal kendali dari prosesor, SSR tetap berada dalam keadaan tertutup dan menghalangi pemanasan, yang tercermin dalam ketiadaan penanda warna.

4. KESIMPULAN

Berikut beberapa kesimpulan yang telah didapat dari hasil penelitian yang telah dilakukan dari awal hingga akhir yang akan penulis sampaikan sesuai dengan rumusan masalah yang telah dibahas pada bab sebelumnya, antara lain:

- a) Pemasangan termokopel tipe K pada mesin Haitian MA 1200G di PT Unotech Mega Persada adalah langkah yang penting untuk memantau dan mengendalikan suhu selama proses produksi plastik, yang berkontribusi pada kualitas produk yang konsisten dan efisiensi produksi yang optimal.
- b) Kinerja termokopel tipe K pada mesin injeksi plastik Haitian MA 1200G di PT Unotech Mega Persada adalah bahwa termokopel ini berhasil mencapai tingkat kinerja yang sangat baik. Parameter kinerja termokopel, termasuk *actual temperature*, *set value*, deviasi suhu, dan perubahan suhu, menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam mengendalikan suhu pada setiap zona pemanasan. Deviasi suhu di semua zona adalah 0 °C dan penggunaan upper deviation serta lower deviation yang efektif sebesar 20 °C di semua zona berperan dalam menjaga suhu dalam rentang yang diinginkan.
- c) Pengendalian pemanasan pada mesin Haitian MA 1200G menggunakan *solid state relay* (SSR) yang efektif mengatur aliran arus listrik ke elemen pemanas berdasarkan sinyal kendali dari prosesor Haitian AK668. Konfigurasi SSR secara tepat mengindikasikan zona pemanasan yang aktif dengan warna hijau, sedangkan zona tanpa pemanasan ditunjukkan tanpa warna.

4.1 Saran

Berikut beberapa saran yang dapat diberikan penulis dari hasil kesimpulan, antara lain. Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai kinerja termokopel tipe K pada mesin injeksi plastik yang dapat dimanfaatkan di PT Unotech Mega Persada.

- a) Melakukan penelitian terhadap variabel K_p , K_i dan K_d sehingga dapat menganalisis dengan baik terhadap fenomena bagaimana termokopel dapat stabil.
- b) Melakukan pengambilan data yang lebih spesifik terhadap sistem kendali suhu pada mesin injeksi plastik Haitian MA 1200G.

REFERENSI

- [1] I. Mawardi, H. och H. , "Analisis Kualitas Produk dengan Pengaturan Parameter Temperatur Injeksi Material Plastik Polypropylene (PP) Pada Proses Injection Molding," *Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, vol. 5, nr 2, pp. 30-35, 2015.
- [2] I. Mujiarto, "Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif," *Traksi*, vol. III, nr 2, p. 65, 2005.
- [3] S. R. Usman och Z. , "Pembuatan Gelas Dengan Bahan Polypropylene Menggunakan Cetakan Plastik," *Jurnal Polimesin*, vol. 16, nr 2, pp. 30-38, 2018.
- [4] H. Permana, T. och S. Anwar, "Produksi Proses Komponen Plastik Flip Flop Dengan Mesin Injeksi Molding Type Hidrolik," *Jurnal Baut dan Manufaktur*, vol. III, nr 2, pp. 8-17, 2021.
- [5] G. F. Saputro, A. S. Ardjo och G. , "Rancang Bangun Sistem Monitoring Temperature Dies Mesin Molding," i *Prosiding NCIET*, Semarang, 2022.
- [6] D. P. Sari, E. S. Rasyad, A. och S. Musilimin, "Kendali Suhu Air Dengan Sensor Termokopel Tipe-K Pada Simulator Sistem Pengisian Botol Otomatis," *Jurnal Ampere*, Vol. Iii, Nr 1, Pp. 128-134, 2018.
- [7] Anonim, "Tempsens Instrument Pvt. Ltd," Termokopel Tipe K, [Online]. Available: <https://tempsens.com/blog/k-type-thermocouple>. [Använd 5 Agustus 2023].