

Sistem Pengendali Mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer* pada Penyolderan *String* di PT. Indonesia Solar Global

Fina Ayu Lestari¹, Bagus Dwi Cahyono²

^{1,2}Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Serang, Indonesia

Email: ¹2283200007@untirta.ac.id, ²bagus.dwicahyono@untirta.ac.id

Abstract

In the production of photovoltaic modules, solar cells are an input that is processed to produce a photovoltaic module output. The core process of making photovoltaic modules is at the soldering stage of solar cells until the solar cells are assembled in series and become a string. The soldering process at PT. Indonesia Solar Global is done automatically using a machine called Solar Cells Automatic Tabber Stringer. This soldering machine uses the infrared soldering method in which the light produced from infrared produces heat energy so that it can solder the solar cells. So that in the soldering process using this machine an analysis is carried out to be able to classify what type of control system is on the Solar Cells Automatic Tabber Stringer machine. This research was conducted using data collection by means of interviews and direct observation in the field. This research produces new knowledge related to the type of control system that exists in the Solar Cells Automatic Tabber Stringer machine which is capable of soldering solar cells to produce a string output.

Keywords: Control System, Automatic Soldering Machine, String

Abstrak

Pada produksi pembuatan modul fotovoltaik, sel surya merupakan sebuah masukan yang diproses sehingga menghasilkan keluaran sebuah modul fotovoltaik. Proses inti dari pembuatan modul fotovoltaik yaitu berada pada tahap penyolderan sel surya hingga sel surya dirangkai secara seri dan menjadi sebuah *string*. Proses penyolderan pada PT. Indonesia Solar Global dilakukan secara otomatis menggunakan sebuah mesin yang bernama *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*. Mesin penyolder ini menggunakan metode *infrared soldering* yang mana cahaya yang dihasilkan dari *infrared* menghasilkan energi panas sehingga dapat melakukan penyolderan terhadap sel surya. Sehingga dalam proses penyolderan menggunakan mesin ini dilakukan analisis untuk dapat mengelompokkan bahwa jenis sistem kendali apa yang ada pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*. Penelitian ini dilakukan memanfaatkan pengambilan data dengan cara wawancara dan observasi secara langsung ke lapangan. Penelitian ini menghasilkan pengetahuan baru terkait jenis sistem pengendali yang ada pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer* yang mampu menyolder sel surya sehingga menghasilkan keluaran berupa *string*.

Kata Kunci: Sistem Pengendali, Mesin Solder Otomatis, String

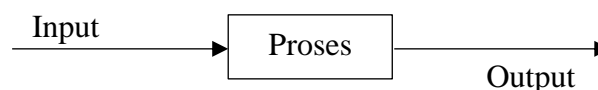
1. PENDAHULUAN

PT. Indonesia Solar Global merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pembuatan modul fotovoltaik. PT. Indonesia Solar Global Indonesia Solar Global (ISG) merupakan anak perusahaan dari perusahaan yang bernama PT. Karya Graha Nusantara yang bergerak di bidang manajemen properti. PT. Indonesia Solar Global merupakan produsen modul solar *photovoltaic* (PV). Berdiri pada tahun 2020, perusahaan

ini berkantor pusat di Jakarta. Sedangkan pabriknya berlokasi di Tangerang. Perusahaan ini melayani proyek dan klien terutama di Indonesia. Produksi yang dihasilkan oleh PT. Indonesia Solar Global yaitu tiga jenis modul fotovoltaik *monocrystalline*, *polycrystalline* dan *bifacial*. Bahan material *monocrystalline* memiliki tingkat efisiensi lebih dari 22% dengan luas permukaan untuk 1 Kilowatt Peak (KWP) sebesar 5.5 – 7.5 meter persegi. Perusahaan ini memiliki misi untuk dapat menghasilkan modul fotovoltaik surya berkualitas tinggi dan andal, sehingga perusahaan ini terus meningkatkan kualitasnya termasuk pada kapasitas produksinya yang pada 2021 sebanyak 50 Megawatt (MW) hingga saat ini di 2022 sebesar 100 MW, serta harapannya nanti pada 2023 mampu berkapasitas produksi sebesar 200 MW. Di dalam proses produksi tersebut, terdapat berbagai macam mesin produksi dengan fungsinya yang berbeda-beda tetapi saling berkesinambungan untuk dapat menghasilkan kualitas modul surya fotovoltaik yang baik.

Sistem kontrol industri di mana peranan manusia masih amat dominan, misalnya dalam merespon besaran-besaran proses yang diukur oleh *system control* tersebut dengan serangkaian langkah berupa pengaturan panel dan saklar-saklar yang relevan telah banyak digeser dan digantikan oleh *system control* otomatis (Syaefulloh & Darmawan, 2020). Sistem kendali merupakan suatu sistem dimana masukkan tertentu dapat digunakan sebagai pengendali untuk keluaran dengan nilai tertentu, mengurutkan suatu proses atau membuat suatu keluaran jika beberapa kondisi terpenuhi (Bolton, 2004). Sedangkan, menurut Pangaribowo (2015), sebuah sistem pengendali atau kontrol merupakan interkoneksi komponen membentuk konfigurasi sistem yang akan memberikan respon sistem yang diinginkan. Dengan sistem kendali memungkinkan adanya sistem yang stabil, akurat, dan tepat waktu. Menurut Nahrowi et al. (2020) salah satu sistem pengendali yang sering dikenal yaitu sistem kendali mikro atau mikrokontroler. Mikrokontroler ini merupakan salah satu komponen teknologi yang akan berperan penting di era revolusi industri 4.0, karena setiap ruang dan gerak pada produktivitas dunia industri akan dilayani oleh sistem mikrokontroler. Sistem kendali dibedakan menjadi kendali manual dan otomatis. Pengendalian secara manual merupakan suatu pengendalian yang dilakukan oleh manusia sebagai operator. Contoh dari pengendalian secara manual yaitu seperti pada televisi, pengaturan suara radio, pengaturan aliran air melalui kran, dan lain-lain. Sedangkan pengendalian secara otomatis merupakan suatu pengendalian yang dilakukan oleh mesin-mesin yang bekerja secara otomatis dengan operasinya di bawah pengawasan manusia. Contoh dari pengendalian secara otomatis biasanya ditemukan dalam proses produksi industri seperti pembangkitan tenaga listrik, pengendalian pesawat terbang, dan lain-lain.

Berikut merupakan diagram dari sistem kendali:



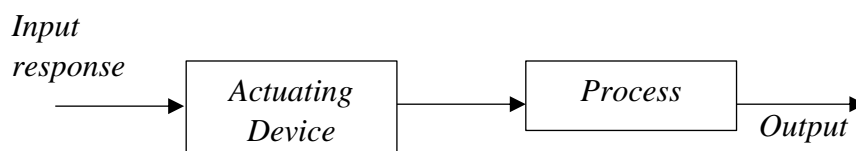
Gambar 1. Diagram sistem kendali
(Sumber: Pangaribowo, 2015)

Sistem kendali memiliki jenis yang berbeda-beda, di mana sistem kendali di sini terbagi menjadi sistem kendali *open* dan *close loop* (Permata & Aditama, 2020). Menurut Effendi (2013), perbedaannya ditentukan oleh perilaku dari sistem itu, dan dalam pengolahan hasil dari *output* nya. *Close-loop* mengacu kepada pengontrolan sistem yang

berbasis pada otomatisasi. Untuk sistem *open-loop*, merupakan sistem kontrol terbuka untuk menghasilkan *output* yang tidak mempunyai umpan balik terhadap sistem kontrol. Jenis-jenis dari sistem kendali dijelaskan sebagai berikut:

1.1 Sistem Kendali *Loop* Terbuka

Sistem kendali *loop* terbuka merupakan suatu sistem pengaturan yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol. Diperkuat oleh pernyataan berikut, pada sistem pengaturan *loop* terbuka tidak terdapat umpan balik. Dengan kata lain, pada sistem pengaturan *loop* terbuka keluarannya tidak dapat digunakan sebagai pembanding umpan balik dengan acuan masukan (*set point*) (Wiharja & Herlambang, 2019). Sebuah sistem kontrol *loop* terbuka menggunakan *controller* atau *actuator control* untuk mendapatkan respon yang diinginkan. Contoh penerapan dari sistem pengendali terbuka yaitu lampu lalu lintas, mesin cuci dan televisi. Keuntungan dari sistem *loop* terbuka yaitu konstruksi sistem kendali yang sederhana dan harga yang relatif murah dan cocok digunakan pada sistem yang memiliki kekurangan yang sulit untuk diukur secara ekonomi tidak layak. Sedangkan kelemahan dari sistem *loop* terbuka yaitu adanya gangguan dan perubahan kalibrasi yang akan menimbulkan kesalahan, sehingga keluaran dapat berbeda dari yang diinginkan. Berikut merupakan diagram dari sistem kendali *loop* terbuka:



Gambar 2. Diagram sistem kendali *loop* terbuka
(Sumber: Pangaribowo, 2015)

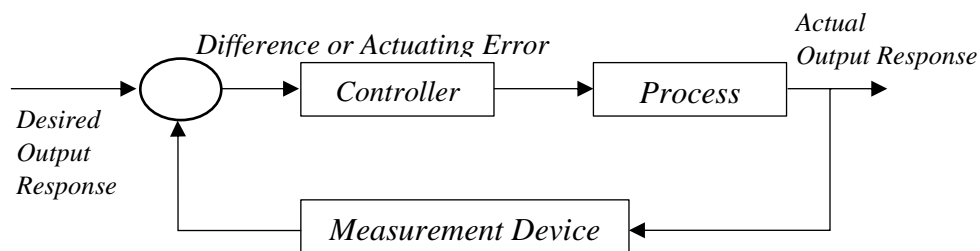
Dari gambar di atas dijelaskan bahwa sistem kendali *loop* terbuka diawali dengan *input response* yang mana input ini berupa sinyal masukan untuk selanjutnya diteruskan ke bagian perangkat penggerak (*actuating device*). Pada bagian ini perangkat penggerak atau kontroler dapat mengendalikan dan mengatur suatu objek sehingga menghasilkan suatu proses. Kemudian dari proses tersebut akan diteruskan dan menghasilkan suatu *output*.

1.2 Sistem Kendali *Loop* Tertutup

Loop tertutup merupakan sistem kontrol di mana sinyal *output* nya memberikan pengaruh pada sistem pengontrolan. *Loop* tertutup juga adalah sistem kontrol yang memiliki *feedback*. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal *feedback*. Diumpankan ke kontroler untuk memperkecil *error* yang membuat agar *output* sistem mendekati tujuan yang diinginkan. Dengan istilah lain “*loop* tertutup” berarti menggunakan pengaruh *feedback* untuk mengurangi kesalahan sistem (Arif & Aswardi, 2020). Pada sistem kendali tertutup, memanfaatkan variabel yang sebanding dengan selisih respon yang terjadi terhadap respon yang diinginkan. Sistem umpan balik ini banyak dipergunakan pada sistem kemudi kapal dan pesawat terbang. Perangkat sehari-hari yang juga menerapkan sistem ini adalah penyetelan temperatur pada almari es, *oven*, *valve* dan pemanas air (Deanda & Irwanto, 2021). Dalam sistem kendali tertutup dapat diketahui dengan adanya sensor sebagai umpan balik dalam proses sistem kendali ini yang memberikan pengaruh terhadap masukan. Sensor merupakan bagian dari suatu piranti pengukuran maupun sistem pengendalian yang langsung berhubungan baik secara kontak langsung maupun tidak langsung dengan lingkungan di luar piranti atau sistem

(Sakti, 2017). Keuntungan dari sistem *loop* tertutup yaitu sistem *loop* tertutup dapat mengurangi kesalahan dengan otomatis menyesuaikan input sistem. Selain itu, sistem *loop* tertutup dapat meningkatkan stabilitas sistem yang tidak stabil, dapat juga menambah atau mengurangi sensitivitas sistem. Sedangkan kelemahan dari sistem *loop* tertutup yaitu untuk memberikan jumlah kontrol yang diperlukan, sistem *loop* tertutup harus lebih kompleks dengan memiliki satu atau lebih jalur umpan balik serta jika gain pengontrol terlalu

sensitif terhadap perubahan perintah *input* atau sinyal, hal tersebut dapat menjadi tidak stabil dan mulai berosilasi ketika pengontrol mencoba untuk memperbaiki sendiri, dan akhirnya sesuatu akan pecah. Berikut merupakan diagram dari sistem kendali *loop* tertutup:



Gambar 3. Diagram sistem kendali *loop* tertutup
(Sumber: Pangaribowo, 2015)

Dari gambar tersebut dapat dipahami bahwa *desired output response* atau respon keluaran yang diinginkan mengawali proses dari sistem kendali *loop* tertutup. *Desired output response* dapat diartikan sebagai suatu masukan (*input*) yang nantinya diharapkan menjadi keluaran tertentu. Selanjutnya diteruskan oleh pengontrol, biasanya pada pengontrolan ini sering terjadi perbedaan atau kesalahan penggerak sehingga dapat mempengaruhi proses dan hasilnya pula. Setelah itu diteruskan ke dalam proses, di mana objek yang digerakkan diproses sehingga dapat menghasilkan keluaran yang diharapkan. Namun, pada sistem pengendali jenis ini, keluaran sangat mempengaruhi masukan. Sehingga, pengontrol membandingkan sinyal masukan dengan hasil keluarannya. Dari output ini datanya diambil oleh perangkat pengukuran (*measurement device*) atau sensor sehingga menjadi umpan balik untuk dibandingkan dengan referensi masukan, hasil dari perbandingan ini disebut *error*.

Berdasarkan yang sudah penulis paparkan di atas, maka penulis memilih berfokus kepada sistem pengendali sebuah mesin yang bernama *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*. Mesin ini berfungsi untuk menyolder *ribbon* pada sel surya dan menjadikan kepingan sel surya menjadi *string* yang kemudian nantinya dapat disusun menjadi satu modul surya. Pada mesin ini, terdapat berbagai macam komponen dengan beragam sensor.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam bentuk praktik industri selama satu bulan yakni sejak tanggal 18 Juli sampai dengan 16 Agustus 2022 dengan jam praktik dimulai pukul 10.00 – 16.00 WIB setiap harinya di PT. Indonesia Solar Global. Penelitian dilakukan dengan cara observasi langsung dan wawancara. Observasi dilakukan pada seluruh komponen dan mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer* di PT. Indonesia Solar Global. Adapun

wawancara dilakukan kepada *maintenance* dan operator mesin tersebut. Hasil observasi dan wawancara kemudian didiskusikan dengan pembimbing industri dan dosen pembimbing. Selain itu juga penulis mencari banyak referensi dari jurnal-jurnal mengenai pembahasan yang penulis jadikan topik. Hasil diskusi tersebut selanjutnya dijadikan data untuk penyusunan laporan.

2.2 Tahapan Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data yang digunakan oleh penulis yaitu sebagai berikut:

2.2.1 Observasi

Observasi atau terjun langsung ke lapangan dilakukan setiap hari dengan mengamati mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer* dengan mengamati bagaimana cara kerja mesin tersebut, komponen-komponen mesin dan listrik mesin, perawatan serta sistem pengendali mesin.

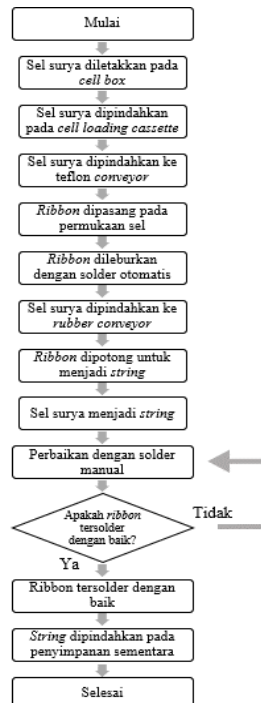
2.2.2 Wawancara

Tahapan wawancara dilakukan kepada *maintenance* mesin dan operator mesin tersebut setiap harinya untuk mendapatkan pemahaman-pemahaman lebih dalam yang penulis kurang dapatkan secara visual.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Cara Kerja Mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan di PT. Indonesia Solar Global tepatnya di bagian mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*. Cara kerja dari mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer* dapat dilihat pada *flow chart* sebagai berikut:



Gambar 4. *Flow chart* proses penyolderan pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)

Berdasarkan gambar *flow chart* tersebut dapat dijelaskan bahwa untuk memulai produksi, operator meletakkan sel surya pada *cell loading cassette*. Kemudian, sel surya

dipindahkan oleh *suction cup* pada *cell pick* 1 ke *cell straightening*. Setelah itu, sel surya dipindahkan oleh *suction cup* dari *cell pick* 2 ke *teflon conveyor*. Pada *teflon conveyor* ini, sel surya disemprotkan fluks agar *ribbon* dapat menempel pada sel surya. Sel surya dipasangkan *ribbon* dan kemudian *ribbon* dipotong oleh alat untuk shaping and press sesuai dengan panjang *ribbon* yang sudah ditentukan untuk tiap selnya. Kemudian conveyor membawa sel surya masuk ke dalam proses penyolderan. Pada alat solder otomatis ini menggunakan metode *infrared soldering* yang mana dalam proses penyolderan memanfaatkan infrared sebagai uap panasnya hingga *ribbon* melebur dan terpasang pada sel surya. Udara panas yang dihasilkan dari *infrared* ini dibawa turun dengan bantuan kipas di atas mesin solder hingga akhirnya udara panas ini dapat meleburkan *ribbon*. Pada satu *string* surya terdapat 12 sel surya, apabila sel surya yang sudah disolder dengan *ribbon* mencapai 12 buah maka secara otomatis *cutting knife back* memotong *ribbon* yang masih menyambung dengan sel surya yang lain. Setelah sel surya menjadi *string*, maka *string* berpindah pada sabuk *transfer* berupa *rubber conveyor*. Kemudian, *string* diangkat oleh *gantry* untuk dipindahkan ke *unloader* setelah itu *string* diangkat kembali oleh *gantry* dan dilakukan proses quality control oleh operator secara manual menggunakan kuas untuk memeriksa apakah *ribbon-ribbon* tersebut terpasang dengan baik atau tidak. Selanjutnya, *string* diletakkan pada *finish output tray*. Untuk *string* yang lolos uji *quality control* maka *string* dapat dibawa ke penyimpanan sementara untuk proses selanjutnya. Sedangkan *string* yang tidak lolos uji *quality control* maka ada perbaikan dengan disolder secara manual oleh operator apabila *ribbon* yang tidak terpasang dengan baik tersebut sedikit. Namun, apabila kecacatan hasilnya banyak maka akan diperbaiki pada *repair station*. Selanjutnya apabila *string* selesai diperbaiki maka dapat dibawa ke tempat penyimpanan sementara.

3.2 Sistem Pengendali Mesin Solar Cells Automatic Tabber Stringer

Jenis sistem pengendali pada mesin tersebut merupakan sistem kendali dengan jerat tertutup (*close loop*). Hal ini dikarenakan pada mesin ini menggunakan banyak sensor yakni *photoelectric sensor*, *proximity sensor*, *magnetic sensor*, sensor suhu dan sensor tekanan. Sehingga sensor-sensor ini saling berkaitan satu sama lain dalam proses produksi menggunakan mesin tersebut, ketika salah satu sensor tidak berfungsi maka mesin akan mati dan proses produksi terhenti. Pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer* merupakan jenis sistem kendali dengan jerat tertutup (*close loop*). Hal ini sejalan dengan yang dikatakan oleh Arif & Aswardi (2020) bahwa *loop* tertutup merupakan sistem kontrol di mana sinyal output nya memberikan pengaruh pada sistem pengontrolan. *Loop* tertutup juga adalah sistem kontrol yang memiliki *feedback*. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal *feedback*. Diumpankan ke kontroler untuk memperkecil *error* yang membuat agar output sistem mendekati tujuan yang diinginkan. Mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer* dikatakan dengan jenis sistem kendali tertutup karena memiliki umpan balik terhadap proses yang berjalan dan tiap tahapan saling berkaitan satu sama lain. Pada proses *cell loading*, ketika *proximity sensor* tidak dapat mendeteksi sel surya berada pada *cell loading cassette* ataupun *cell loading cassette* dalam kondisi kosong maka mesin tidak dapat berproduksi. Hal ini juga terjadi pada *proximity sensor* yang berada di *finish output tray*. Ketika *tray* tidak terdeteksi keberadaannya oleh sensor, maka mesin secara otomatis berhenti. Berikut

merupakan jenis-jenis sensor yang digunakan pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*:

3.2.1 Photoelectric Sensor

Photoelectric sensor berfungsi untuk mendeteksi bahan-bahan yang digunakan pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*. Penggunaan *photoelectric sensor* pada mesin ini yaitu pada bagian penarikan *ribbon* di mana sensor mendeteksi penggunaan *ribbon* agar akhirnya motor stepper menggerakkan gulungan *ribbon* untuk memanjang. Selain itu juga, *photoelectric sensor* digunakan pada bagian *cell loading*. Berikut merupakan gambar *photoelectric sensor* pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*:



Gambar 5. *Photoelectric sensor* pada proses *cell loading*
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)

3.2.2 Proximity Sensor

Proximity sensor berfungsi untuk mendeteksi keberadaan sel surya pada *cell loading cassette*. Sehingga ketika terdapat sel surya, maka mesin dapat memulai proses produksinya. Selain itu juga, *proximity sensor* berfungsi pada *finish output tray* sehingga ketika *tray* tidak terdeteksi sensor maka proses produksi mesin terhenti. Berikut merupakan gambar *proximity sensor* pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*:

Gambar 6. *Proximity sensor* pada proses *cell loading*

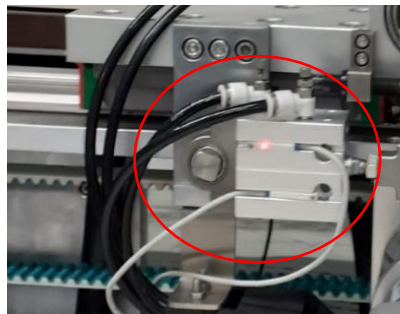


(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)

3.2.3 Magnetic Sensor

Magnetic sensor berfungsi untuk mendeteksi gerakan pada *pneumatic cylinder*. Ketika *pneumatic cylinder* memperpendek gerakannya maka sensor magnet yang atas menyala, sedangkan ketika *pneumatic cylinder* memanjang maka lampu sensor magnet bagian atas

akan mati dan yang bawah menyala. Berikut merupakan gambar *magnetic sensor* pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*:



Gambar 7. *Magnetic sensor* pada *pneumatic cylinder* penarik *ribbon*
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)

3.2.4 Sensor Suhu

Jenis sensor suhu yang digunakan pada mesin ini yaitu *thermocouple*. Sensor ini berfungsi untuk mengukur suhu panas yang terdapat pada tabung pemanas *infrared*. Sensor ini terletak di dalam tabung pemanas penyolderan.

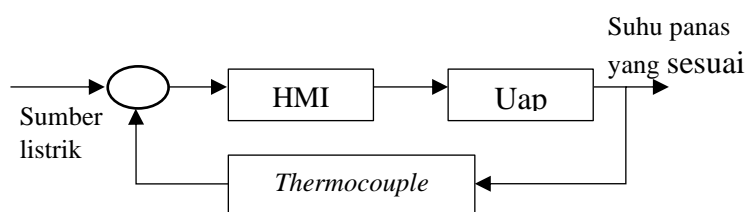
3.2.5 Sensor Tekanan

Sensor tekanan (*pressure sensor*) merupakan bagian dari tangki fluks. *Pressure sensor* ini berfungsi untuk menghasilkan sinyal dari tekanan fluks yang dihasilkan. Berikut merupakan gambar pengukuran dari *pressure sensor* pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*:



Gambar 8. *Digital pressure gauge*
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)

Lebih detail penggambaran sistem pengendali *loop* tertutup ini dilihat pada proses pengaturan suhu pemanas pada tabung penyolderan, yang mana proses penyolderan ini merupakan proses inti yang dilakukan mesin ini. Berikut merupakan diagram sistem



kendali tertutup pada tahap penyolderan di mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*:

Gambar 9. Diagram sistem kendali tertutup pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer*
(Sumber: PT. Indonesia Solar Global, 2022)

Dari diagram di atas dapat dijelaskan bahwa sumber listrik sebagai masukan kemudian dikendalikan oleh *Human Machine Interface* (HMI) untuk mengatur parameter-parameter produk yang digunakan, mengatur suhu yang diinginkan serta mengontrol perintah pada mesin. Selanjutnya sel surya yang sudah dipasang *ribbon* masuk ke dalam tahap penyolderan, proses penyolderan di tabung pemanas ini dalam struktur sistem pengendali *close loop* sebagai *plant* atau beban. Setelah itu, hasil penyolderan dibaca secara manual oleh operator. Keluarannya suhu dari tabung pemanas sudah mencapai target dengan dibuktikan melalui *ribbon* sel surya yang sudah tersolder dengan baik. Selanjutnya, ketika pembacaan manual tersebut terdapat *ribbon* yang terpasang kurang baik. Maka, sensor berjenis thermocouple membaca besaran suhu dari tabung pemanas menunjukkan hasil besaran suhunya. Kemudian, operator mengatur derajat suhu tabung pemanas lebih tinggi dari sebelumnya hingga penyolderan dapat berjalan dengan baik dan menghasilkan keluaran suhu yang sesuai

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem pengendali pada mesin *Solar Cells Automatic Tabber Stringer* ini berjenis *close loop*. Pengendalian *close loop* ini terlihat pada saat proses inti yaitu proses penyolderan. Sumber listrik sebagai masukan sehingga mesin dapat menyala, selanjutnya HMI sebagai *controller* yang dapat dilakukan pengaturan oleh operator untuk mengatur suhu dan memberi instruksi penyolderan. Kemudian yang diatur atau *plant* yaitu proses penyolderan. Sehingga ketika sel surya disolder dan dilakukan pembacaan manual oleh operator dan ditemukan hasil penyolderan yang kurang baik, sensor *thermocouple* membaca suhu dari tabung pemanas yang ternyata belum mencapai suhu yang pas untuk penyolderan. Sehingga, operator melakukan pengaturan suhu ulang dan sel surya disolder kembali. Setelah itu, *output* nya suhu sesuai dengan yang diinginkan dan mampu menyolder sel surya dengan baik.

Adapun saran dalam penelitian ini yaitu diharapkan ke depannya yang melakukan penelitian dapat mencari dan memiliki banyak referensi yang digunakan sehingga hasil yang disajikan dapat lebih baik dan akurat. Selain itu, untuk mesin saran ke depannya dapat ada teknologi kecerdasan buatan yang mampu membantu mesin dalam pembacaan hasil penyolderan sehingga proses yang dilakukan dapat lebih akurat dan efisien.

REFERENCES

- Arif, D. T., & Aswardi. (2020). Kendali Kecepatan Motor DC Penguat Terpisah Berbeban Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional*, 6(2), 33–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/jtev.v6i2.108395>
- Bolton, W. (2004). *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Erlangga.
- Deanda, G. G., & Irwanto. (2021). Sistem Pengendali Penyisir Lap Menggunakan Mesin Rieter E7/5-A Untuk Memisahkan Sliver Panjang dan Pendek di PT. Budi Texindo Prakarsa (Spinning Mill). *Jurnal Informatika Sains Dan Teknologi*, 6(2), 262–271. <https://doi.org/https://doi.org/10.24252/instek.v6i2.25436>
- Effendi, A. (2013). Perancangan Pengontrolan Pemanas Air Menggunakan PLC S7-1200 dan Sensor Arus ACS712. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(3), 106–113.

- Nahrowi, D., Aribowo, D., & Hamid, M. A. (2020). Pengembangan Trainer Kit Mikrokontroler ATmega16 Untuk Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17(2), 145–155. <https://doi.org/https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i2.24366>
- Pangaribowo, T. (2015). Perancangan Simulasi Kendali Valve dengan Algoritma Logika Fuzzy Menggunakan Bahasa Visual Basic. *Jurnal Teknologi Elektro*, 6(2), 123–135. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22441/jte.v6i2.799>
- Permata, E., & Aditama, D. (2020). Sistem Kendali On/Off Circuit Breaker 150 kV AD20 Tipe 8DN2di PT. Krakatau Daya Listrik. *Jurnal Ilmiah: Energi Dan Kelistrikan*, 12(1), 65–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.33322/energi.v12i1.920>
- Sakti, S. P. (2017). *Pengantar Teknologi Sensor: Prinsip Dasar Sensor Besaran Mekanik*. UB Media.
- Syaefulloh, A., & Darmawan, I. A. (2020). Aplikasi PLC Omron CP1E-N40 DT1-D Sebagai Sistem Kontrol Exit Roll Kiln 1 dalam Pembuatan Keramik di PT. Satyaraya Keramindoindah. *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 4(2), 209–218. <https://doi.org/10.37339/e-komtek.v4i2.367>
- Wiharja, U., & Herlambang, G. (2019). Sistem Pengendali Kecepatan Putar Motor DC dengan Arduino Berbasis Labview. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 7(3), 141–150.