Terbit online pada laman web jurnal: https://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/proteman

Jurnal PROTEMAN
Professional Technology and Manufacturing

Vol. 2 No. 2 (2025) 69 – 76| ISSN: 3063-2773 (Media Online)

Sistem Kontrol Motor Servo Dan Heater Dalam Proses Pelubangan Plastik Mulsa

Wulan Safrina[1], Zulhendri[2]*, Asmed[3]
[123]Teknik Mesin, Teknik Manufaktur, Politeknik Negeri Padang
corespoundent author: zulhendri@pnp.ac.id

Abstract

The background of this research discusses the design and implementation of a servo motor and heater control system on an automatic mulching plastic punching machine. This system is designed to improve the efficiency and accuracy of the punching process, which was previously done manually, taking a long time while the punching results were less than optimal and the distance between the holes was irregular. The servo motor is used to precisely adjust the position and distance between the plastic holes through a pulse signal controlled by a PLC, while the heater functions to heat the punching knife to a certain temperature so that the punching process is neat and does not damage the material. The implemented control system is closed, where the encoder provides feedback on the servo position and the thermocouple provides feedback on the heater temperature. This feedback data is processed by the PLC to ensure compliance with the setpoint entered through the HMI. Test results show that the system is able to produce holes with precise distances (average deviation less than 0.5 cm), maintain a stable heater temperature (a difference of 3–16 °C from the setpoint), and synchronize the servo motor and heater well. Thus, this system is proven to increase productivity, reduce punching errors, and contribute to technology-based agricultural automation.

Keywords: Servo Motor, Heater, PLC, Mulch Plastic.

Abstrak

Latar Belakang penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem kontrol motor servo dan heater pada mesin pelubang plastik mulsa otomatis. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses pelubangan, yang sebelumnya dilakukan secara manual dengan membutuhkan waktu lama sedangkan hasil pelubangan kurang maksimal dan jarak antar lubang tidak teratur. Motor servo digunakan untuk mengatur posisi dan jarak antar lubang plastik dengan presisi melalui sinyal pulsa yang dikendalikan PLC, sedangkan heater berfungsi memanaskan pisau pelubang hingga mencapai suhu tertentu agar proses pelubangan rapi dan tidak merusak material. Sistem kontrol yang diterapkan bersifat tertutup, di mana encoder memberikan umpan balik posisi servo dan thermocouple memberikan umpan balik suhu heater. Data umpan balik ini diproses oleh PLC untuk memastikan kesesuaian dengan setpoint yang dimasukkan melalui HMI. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan lubang dengan jarak yang presisi (deviasi rata-rata kurang dari 0,5 cm), menjaga kestabilan suhu pemanas (selisih 3–16 °C dari setpoint), serta melakukan sinkronisasi motor servo dan heater dengan baik. Dengan demikian, sistem ini terbukti dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi kesalahan pelubangan, dan memberikan kontribusi pada otomasi pertanian berbasis teknologi.

Kata kunci: Motor Servo, Heater, PLC, Plastik Mulsa.

Diterima Redaksi : 27-09-2025 | Selesai Revisi : 30-10-2025 | Diterima : 04-10-2025

1. Pendahuluan

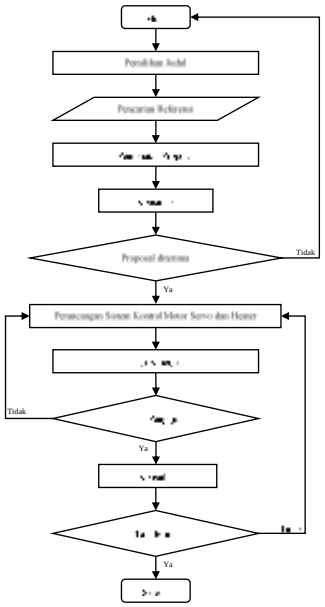
Mulsa merupakan suatu penambahan bahan yang digunakan sebagai penutup tanah yang bertujuan untuk menjaga kelembaban tanah, menekan populasi gulma dan penyakit, menghindari percikan air hujan yang langsung ke permukaan tanah yang mengakibatkan erosi. Mulsa dapat dibedakan menjadi dua, yaitu mulsa organik dan mulsa anorganik. Mulsa organik berasal dari bahan-bahan alami dan dapat terurai seperti sisa-sisa tanaman. Sedangkan mulsa anorganik terbuat dari bahan-bahan sintesis yang sulit terurai seperti mulsa plastic[1].
Tradisionalnya, Proses penggunaan mulsa plastik membutuhkan alat untuk melubangi plastik pada bagian yang ingin ditanami agar terhindar dari gulma. Masyarakat petani dalam proses pelubangan masih manual dan di lakukan satu per satu. Keluhan para petani dalam proses manual membutuhkan waktu lama sedangkan hasil pelubangan kurang maksimal dan jarak antar lubang tidak teratur[2].

Dalam konteks ini, mesin pelubang plastik otomatis menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan produktivitas proses pelubangan. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah pengendalian posisi lubang dan suhu pemanasan pada heater yang digunakan untuk melubangi plastik. Pengendalian yang presisi terhadap kedua elemen sangat penting untuk memastikan kualitas lubang dan kecepatan proses pelubangan [3]. Penerapan sistem kontrol motor servo sebagai penggerak mekanis dan heater sebagai elemen pemanas sangat penting dalam merancang mesin

pelubang plastik mulsa otomatis yang efektif. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi biaya tenaga kerja, dan meminimalkan kesalahan dalam proses pelubangan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pertanian yang lebih modern dan efisien.

2. Metode Penelitian

2.1. Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

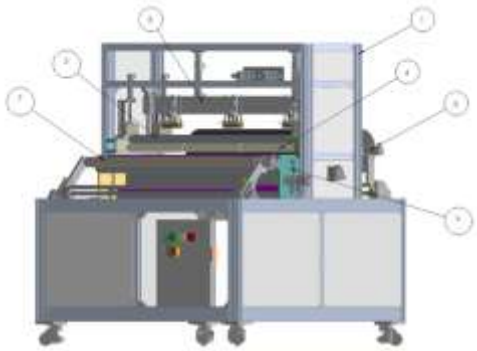
2.2. Peralatan dan Bahan

A. Peralatan
Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah:
1. Mesin bor tangan
2. Mesin bor duduk
3. Obeng set
4. Kunci L
5. Tang kombinasi
6. Palu karet
7. Penggaris
8. Mistar baja
9. Jangka sorong
10. Multimeter digital
11. Meteran
12. Kompresor
13. Laptop
14. Power Supply

B. Bahan
1. Motor servo AC MR-J4-70A
2. Motor servo AC MR-J4-40A
3. Servo Driver
4. Cartridge heater 12mm x 90mm, 220V 300W
5. Thermocouple tipe K
6. Temperature controller
7. Programmable Logic Controller (PLC)
8. Plastik mulsa hitam perak
9. Profil aluminium 40x80 dan 40x40
10. HMI
11. Sillinder
12. Aluminium Composite Panel
13. Sensor silinder pneumatic
14. Kabel
15. Konektor
16. Relay

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Desain Mekanis Mesin Pelubang Plastik Mulsa



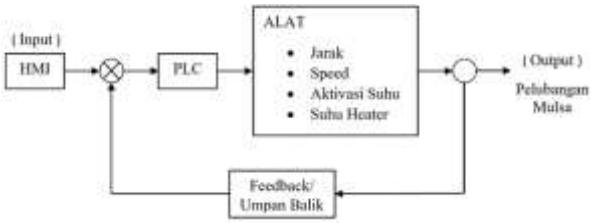
Gambar 2. Desain Mekanis Mesin Pelubang Plastik Mulsa

Nama komponen – komponen utama pada Mesin Pelubang Plastik Mulsa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nama Komponen

No	Nama Komponen
1.	Rangka Mesin
2.	Roller Input
3.	Roller penekan plasrik mulsa
4.	Roller pendorong plastik mulsa
5.	Pelubang plastik mulsa
6.	Roller penggerak mulsa
7.	Roller output

3.2. Sistem Kontrol Tertutup

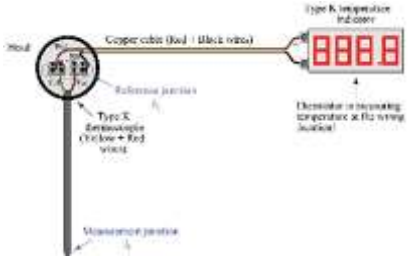


Gambar 3. Sistem Kontrol Tertutup Motor Servo dan Heater

Pada sistem ini, HMI digunakan untuk memasukkan parameter-parameter penting, seperti jarak antar lubang, kecepatan motor servo, dan suhu pemanas, yang kemudian diproses oleh Programmable Logic Controller (PLC) sebagai pusat kendali utama. PLC bertanggung jawab untuk mengendalikan motor servo agar lembaran plastik bergerak sesuai jarak yang telah ditentukan, dan mengatur pemanas agar bilah pembuat lubang mencapai suhu optimal untuk proses pelubangan. Keluaran dari sistem ini menghasilkan lubang yang akurat, didukung oleh umpan balik dari encoder untuk memantau posisi dan termokopel untuk memantau suhu. Data umpan balik ini dibandingkan dengan nilai masukan yang diberikan, dan jika terdapat perbedaan, PLC akan secara otomatis menyesuaikan untuk mempertahankan kesesuaian dengan nilai target yang diinginkan.

3.3. Proses Kerja Mesin

1. Menyambungkan daya listrik
2. Menyalakan Tombol Switch
3. Memanaskan pisau pelubang dengan heater
   - Mengatur setpoint suhu sesuai kebutuhan pada temperature controller

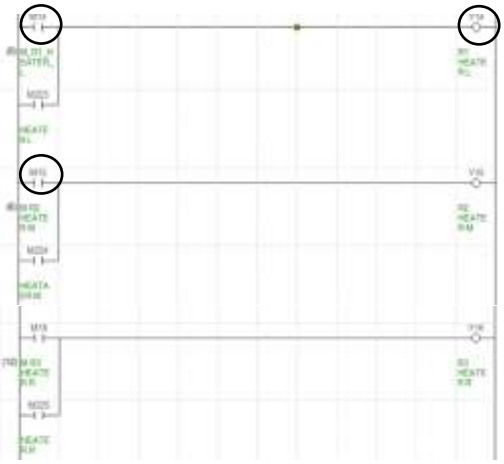


Gambar 4. Mengatur Setpoint Suhu

- Menekan tombol heater pada HMI untuk mengaktifkan cartridge heater.



Gambar 5. Mengaktifkan Heater



Gambar 6. Ladder Diagram Pengaktifan Heater

Program PLC yang ditampilkan mengendalikan tiga heater pada mata pisau pelubang, yaitu R1 (Y14), R2 (Y15), dan R3 (Y16), melalui relay internal M14, M15, serta M16. Saat relay diaktifkan, output coil PLC menyala dan heater beroperasi. Bit internal M223, M224, dan M225 berperan sebagai memori untuk HMI, sehingga status pemanas dapat disimpan dan ditampilkan di layar.

4. Menegangkan plastik mulsa dengan tensioner
   Dilakukan dengan cara menekan tombol CW (Clockwise) pada menu Manual Servo 2 di HMI. Setelah tombol diaktifkan, motor servo MR-J4-40A akan berputar searah jarum jam untuk menaikkan tensioner hingga mencapai batas tegangan yang sudah ditentukan.



Gambar 7. Menegangkan Plastik Dengan Tensioner



Gambar 8. Ladder Diagram Mengaktifkan Motor Servo 2 Diprogram

Pada rung CW (Clockwise) Servo-2 (MR-J4-40A), logika aktif saat mode manual (X16 dan M55 ON) dan tombol CW di HMI ditekan (M142 ON) dengan syarat CCW tidak aktif (M144 OFF). Kondisi ini menjalankan instruksi DPLSV yang mengirim pulsa melalui Y1 dengan kecepatan D1134 dan arah Y4 searah jarum jam, sehingga motor servo

berputar CW untuk menaikkan dan menegangkan tensioner plastik mulsa.

5. Menurunkan roller penekan plastik mulsa
Proses ini dilakukan melalui HMI, di mana operator menekan tombol DOWN pada menu kontrol roller penekan.



Gambar 9. Mengaktifkan Roller Penekan

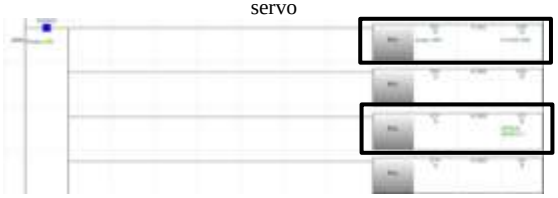

Gambar 10. Ladder Diagram Mengaktifkan Roller Penekan Diprogram

Program ladder ini mengatur naik-turunnya roller penekan plastik mulsa. Jika SW Selector (X16) aktif dan tombol DOWN (M151) ditekan, PLC memberi perintah SET M201 untuk menurunkan roller dan RST M202 untuk mematikan perintah naik. Sebaliknya, jika tombol UP (M152) ditekan, PLC melakukan SET M202 untuk menaikkan roller dan RST M201 untuk mematikan perintah turun. Dengan logika ini, perintah naik dan turun tidak bisa aktif bersamaan sehingga roller lebih aman dan sesuai perintah operator.

6. Mengatur jarak lubang dan speed pada motor servo
Pengaturan jarak dan kecepatan pada motor servo dilakukan melalui parameter PLC yang dihubungkan dengan HMI.



Gambar 11. Mengatur jarak lubang dan speed pada motor servo



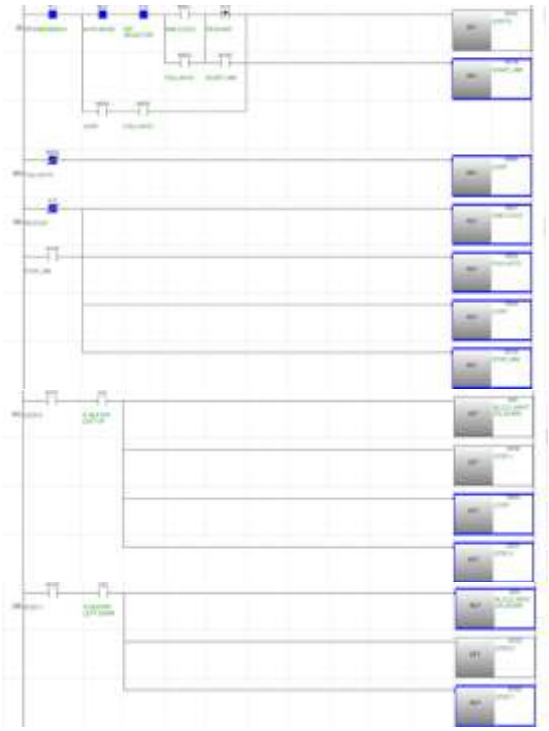

Gambar 12. Ladder Diagram Mengatur Jarak Lubang Dan Speed Pada Motor Servo Diprogram

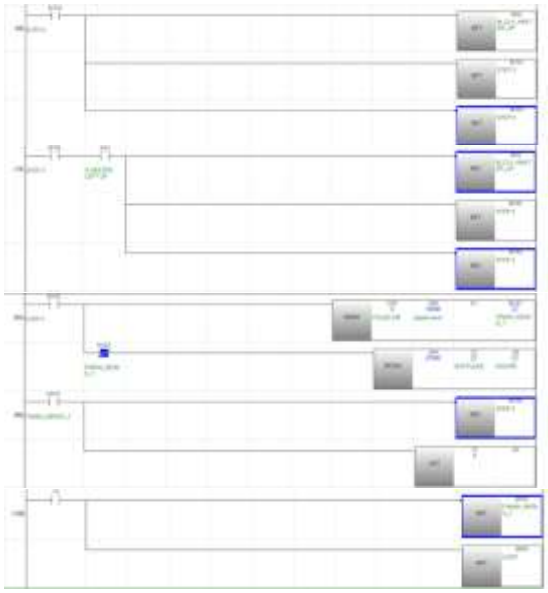
Program ladder ini mengatur jarak dan kecepatan motor servo. Nilai jarak dari HMI masuk ke D61, lalu MUL D61 K555 D30 mengubahnya jadi pulsa target (1 cm = 555 pulsa). Untuk kecepatan, MUL D74 K1000 D7 mengalikan nilai dari HMI agar sesuai format servo. MOV K27000 D64 memberi jarak bawaan 27000 pulsa dan MOV K10000 D8 memberi kecepatan bawaan 10000 jika tidak diatur operator. Dengan begitu, input HMI otomatis dikonversi PLC menjadi pulsa dan data kecepatan yang dijalankan servo secara presisi.

7. Proses Pelubangan
Pada tahap ini, operator terlebih dahulu mengubah pengaturan mesin dari mode manual menjadi mode otomatis. Setelah mode otomatis aktif, operator menekan tombol FULL AUTO pada HMI, kemudian dilanjutkan dengan menekan tombol START untuk memulai siklus kerja pelubangan secara otomatis.



Gambar 13. Mengaktifkan Mode Auto Untuk Proses Pelubangan



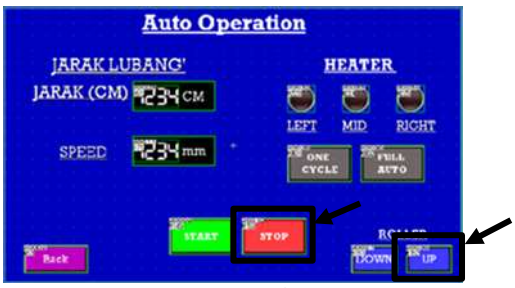


Gambar 14. Ladder Diagram Full Auto Diprogram

Program diawali dengan tombol Emergency (X17), Stop (X16), dan Start (X14). Emergency mematikan semua proses (RST M53), Stop menghentikan mode otomatis (RST M802), dan Start menyalakan sistem (SET M802). Setelah sistem aktif, data jarak (D61) dan kecepatan (D71) dari HMI dipakai dalam instruksi DDRVI dan DPLSV untuk menggerakkan servo. Bit M809 menunjukkan servo bergerak, M701 memastikan servo siap, dan M145 menandakan posisi tercapai.

Heater dikendalikan lewat output Y dan hanya aktif setelah suhu sesuai sensor, dengan M149 sebagai tanda siap. Ada logika pengaman agar servo dan heater tidak bekerja bersamaan. Proses pelubangan berlangsung berulang: servo bergerak sesuai data, heater aktif untuk melubangi, lalu servo berpindah ke posisi berikutnya. Di akhir siklus, bit kontrol seperti M809, M145, dan M149 direset agar sistem kembali siap untuk proses berikutnya.

8. Menghentikan proses pelubangan dan menaikankan roller penekan
   Operator menekan tombol STOP pada HMI untuk menghentikan operasi mesin. Setelah mesin berhenti, operator menekan tombol UP pada HMI sehingga roller penekan naik, dan plastik mulsa hasil pelubangan dapat dilepaskan dengan mudah.



Gambar 15. Proses finishing



Gambar 16. Ladder Diagram Menaikkan Roller Penekan Diprogram

M152 adalah sinyal dari tombol UP ROLLER di HMI untuk menaikkan roller. Saat X16 (SW Selector) aktif, PLC mengeksekusi SET M202 (naik) sekaligus RESET M201 (turun), sehingga perintah tidak saling bertabrakan. Dengan begitu, roller bisa naik sesuai perintah operator dengan aman dan terkendali.

3.4 Pengujian Sistem

3.4.1 Pengujian Presisi Posisi Lubang oleh Motor Servo MR-J4-70A

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan ketepatan jarak antar lubang yang dihasilkan oleh motor servo MR-J4-70A sesuai dengan target yang diprogram pada PLC.

a) Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa:
   - –555 pulse = 1 cm pergerakan plastik mulsa
   - Untuk jarak pelubangan 20 cm → dibutuhkan –11.100 pulse
   - Untuk jarak pelubangan 25 cm → dibutuhkan –13.875 pulse

b) Hubungan jumlah pulse dengan jarak dapat dituliskan sebagai:
$$Jumlah\ Pulse = Jarak\ (cm) \times (-555)$$

c) Metode Pengujian
   Pengujian dilakukan menggunakan plastic mulsa 5 meter dengan jarak pelubangan 20 cm dan diameter lubang 8 cm. Jarak hasil pengujian diukur dengan penggaris presisi untuk menghitung deviasi dari target.

Tabel 2. Hasil Pengujian Presisi Posisi Lubang dengan Jarak 20 cm

No.	Target Jarak (cm)	Hasil Ukur (cm)	Selisih (cm)
1.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
2.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
3.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
4.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
5.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
6.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm

7.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
8.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
9.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
10.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
11.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
12.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
13.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
14.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
15.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
16.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
17.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
18.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
19.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm
20.	20 cm	20,5 cm	+ 0,5 cm

Hasil: Jarak lubang yang dihasilkan sangat mendekati target yang diprogram, menunjukkan kinerja motor servo MR-J4-70A yang presisi dalam pengaturan posisi menggunakan sistem pulse.

3.4.2 Pengujian Kecepatan Tarikan/Gulungan oleh Motor Servo MR-J4-40A

Pengujian ini bertujuan mengukur kemampuan motor servo MR-J4-40A dalam menarik dan menggulung plastik mulsa secara stabil. Sistem kontrol menggunakan metode pulse on/off, di mana PLC memberikan perintah hidup/mati motor untuk menjaga sinkronisasi dengan proses pelubangan.

Metode Pengujian: Target kecepatan tarikan adalah 5 m/s. Pengujian dilakukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menarik plastik sejauh 2 meter.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kecepatan Tarikan/Gulungan

No.	Jarak Tarikan (m)	Waktu Tarik (s)	Kecepatan Aktual (m/s)	Selisih (%)
1.	2	0.35	5.71	0.14
2.	2	0.34	5.88	0.17
3.	2	0.33	6.06	0.21
4.	2	0.36	5.55	0.11
5.	2	0.38	5.26	0.52

Tabel 4. Hasil Pengujian Stabilitas Suhu Cartridge Heater

Hasil: Kecepatan aktual tarikan plastik mulsa berada pada rentang 5,26–6,06 m/s, dengan selisih rata-rata di bawah 0,3%. Hal ini menunjukkan motor servo MR-J4-40A mampu bekerja stabil dalam menarik plastik mulsa sesuai kecepatan yang diinginkan tanpa menyebabkan kerusakan atau tarikan berlebihan.

3.4.3 Pengujian Stabilitas Suhu Cartridge Heater

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan suhu pisau pelubang tetap stabil sesuai pengaturan. Suhu diukur menggunakan thermocouple tipe K yang terhubung dengan temperature controller dan diatur melalui relay.

Metode pengujian:

1. Menyetel setpoint 235°C pada temperature controller
2. Mengamati suhu aktual selama 10 menit operasi.
3. Mencatat fluktuasi suhu.

Hasil: Dari hasil pengujian, suhu aktual cartridge heater berkisar antara 238°C hingga 251°C, dengan selisih dari setpoint antara +3°C sampai +16°C. Fluktuasi suhu ini masih berada dalam batas yang dapat

Waktu (menit)	Setpoint (°C)	Suhu Aktual (°C)	Selisih (°C)
1	235°C	244°C	+9
3	235°C	251°C	+16
5	235°C	242°C	+7
8	235°C	238°C	+3
10	235°C	251°C	+16

diterima untuk proses pelubangan plastik mulsa, meskipun pada menit ke-3 dan ke-10 tercatat kenaikan hingga +16°C. Kondisi ini menandakan sistem kontrol suhu bekerja cukup baik.

3.4.4 Pengujian Sinkronisasi Motor Servo dan Heater

Langkah kerja sinkronisasi:

1. Heater mencapai suhu kerja 210°C.
2. Motor servo MR-J4-70A menarik plastik sesuai jumlah pulse target.
3. Pisau pelubang bergerak dan membuat
4. Motor servo MR-J4-40A menggulung plastik hasil pelubangan.
5. Pengujian dilakukan dengan jarak lubang 25 cm

Tabel 5. Hasil Pengujian Sinkronisasi Motor Servo dan Heater

No.	Target Jarak (cm)	Hasil Ukur (cm)	Selisih (cm)	Ket
1.	25 cm	25,2 cm	+ 0,2 cm	Singkron
2.	25 cm	25,2 cm	+ 0,2 cm	Singkron
3.	25 cm	25,2 cm	+ 0,2 cm	Singkron
4.	25 cm	25,2 cm	+ 0,2 cm	Singkron
5.	25 cm	25,2 cm	+ 0,2 cm	Singkron
6.	25 cm	25,2 cm	+ 0,2 cm	Singkron
7.	25 cm	25,2 cm	+ 0,2 cm	Singkron
8.	25 cm	25,2 cm	+ 0,2 cm	Singkron
9.	25 cm	25,2 cm	+ 0,2 cm	Singkron
10.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
11.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
12.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
13.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
14.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
15.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
16.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
17.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
18.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
19.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron
20.	25 cm	25,1 cm	+ 0,1 cm	Singkron

Hasil: Berdasarkan 20 kali percobaan, sistem mampu mempertahankan jarak pelubangan dengan konsistensi tinggi, di mana selisih maksimal dari target hanya +0,2 cm. Hal ini menunjukkan bahwa motor servo dan heater bekerja secara sinkron, sehingga proses pelubangan plastik mulsa dapat dilakukan dengan presisi tanpa adanya keterlambatan atau ketidaksesuaian posisi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan ilmiah sebagai berikut:

a) Perancangan sistem kontrol motor servo berhasil diterapkan untuk mengatur posisi pelubangan plastik mulsa dengan presisi tinggi, sehingga proses pelubangan menjadi konsisten dan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

b) Sistem kontrol suhu heater mampu mempertahankan suhu optimal secara stabil selama proses pelubangan, sehingga meminimalkan risiko kerusakan pada material plastik mulsa.

c) Integrasi motor servo dan heater dalam satu sistem kontrol terbukti efektif dalam mendukung proses pelubangan otomatis, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi intervensi manual.

Daftar Rujukan

[1] M. H. Salamah, A. Niswati, D. Dermiyati, And S. Yusnaini, “Pengaruh Sistem Olah Tanah Dan Pemberian Mulsa Bagas Terhadap Populasi Dan Biomassa Cacing Tanah Pada Lahan Pertanaman Tebu Tahun Ke-5,” Jurnal Agrotek Tropika, Vol. 4, No. 3, Oct. 2016, Doi: 10.23960/Jat.V4i3.1856.

[2] C. Anam, D. Wahyu Wicaksono, Dan Sandryas Alief Kurniasanti, J. Teknik Mesin Politeknik Negeri Banyuwangi Jl Raya Jember Km, D. Labanasem, And J. Agribisnis Politeknik Negeri Banyuwangi Jl Raya Jember Km, “Pelubang Mulsa Plastik Otomatis Sebagai Pengembangan Teknik Manual Produksi Cabai Di Banyuwangi,” Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (Sentrinov) Ke-6 Isas Publishing Series: Community Service, Vol. 6, No. 3, 2020.

[3] M. Mustaqimah, M. Anas Mufti, R. Bulan, And O. Haris, “Analysis Of The Performance Of A Plastic Mulch Punching Machine,” Inmateh Agricultural Engineering, Pp. 729–734, Dec. 2022, Doi: 10.35633/Inmateh-68-72.

[4] ’Katsuhiko) ('Ogata, 105-166. Boston Columbus Indianapolis New York San Francisco, 2010. Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: Https://Repository.Unikom.Ac.Id/50540/1/Modern%20control%20engineering-Katsuhiko%20ogata%20(Prentice%20hall%202010)(904s).Pdf

[5] S. Kasirajan And M. Ngouajio, “Polyethylene And Biodegradable Mulches For Agricultural Applications: A Review,” Agron Sustain Dev, Vol. 32, No. 2, Pp. 501–529, Apr. 2012, Doi: 10.1007/S13593-011-0068-3.

[6] D. R. Suryaningsih And Y. Mangera, “Study Of Use Shade And Mulch Of Micro Climate In Tomato Plants (Lycopersicum Esculentum Mill),” Vol. 2, No. 2, Pp. 61–73, 2020, [Online]. Available: Https://Ejournal.Unmus.Ac.Id/Index.Php/Ae/Index

[7] Badan Litbang Pertanian., “Mulsa Organik Meningkatkan Hasil Dan Mengatasi Kekeringan.,” 2013.

[8] T. Adi Pradana, A. Nugroho Dan Bambang Guritno Jurusan Budidaya Pertanian, And F. Pertanian, “Pengaruh Pencacahan Berbagai Mulsa Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai (Glycine Max L.) The Effect Of Various Mulching Organic Enumeration On Plant Growth And Yield Of Soybean (Glycine Max L.).”

[9] G. Mada, F. Pertanian Gadjah Mada, W. Sunghening, And Far Shiddieq, “Pengaruh Mulsa Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tiga Varietas Kacang Hijau (Vigna Radiata L. Wilczek) Di Lahan Pasir Pantai Bugel, Kulon Progo Effect Organic Mulching On The Growth And Yielld Of Three Varieties Green Bean (Vigna Radiata L. Wilczek) In Sand Coastal Bugel, Kulonprogo.”

[10] R. Mylavarapu, G. Hochmuth, And G. Liu, “Uf/Ifas Standardized Nutrient Recommendations For Vegetable Crop Production In Florida,” Edis, Vol. 2021, No. 6, Jan. 2022, Doi: 10.32473/Edis-Cv002-2021.

[11] S. Kasirajan And M. Ngouajio, “Polyethylene And Biodegradable Mulches For Agricultural Applications: A Review,” Agron Sustain Dev, Vol. 32, No. 2, Pp. 501–529, Apr. 2012, Doi: 10.1007/S13593-011-0068-3.

[12] R. C. Lacy, A. P. Griffith, And J. Mckissick, “Using Futures Markets To Manage Price Risk In Feeder Cattle Operations.”

[13] Q. Ma Et Al., “Biodegradation Of Skatole By Burkholderia Sp. Ido3 And Its Successful Bioaugmentation In Activated Sludge Systems,” Environ Res, Vol. 182, P. 109123, Mar. 2020, Doi: 10.1016/J.Envres.2020.109123.

[14] S. Tumbapo, S. Sigdel, M. Aryal, A. Aryal, And S. Dhakal, “Effect Of Mulching And Potassium Application Methods On Growth And Yield Of Potato At Rolpa, Nepal,”

Malaysian Journal Of Sustainable Agriculture, Vol. 8, No. 1, Pp. 01–08, Jan. 2024, Doi: 10.26480/Mjsa.01.2024.01.08.

[15] B. Mahara, R. Bhattarai, A. Joshi, And G. Saud, "Effect Of Different Mulching Materials On Growth And Yield Attributing Characters Of Summer Squash In Kanchanpur District." [Online]. Available: Https://Orcid.Org/0000-

[16] "Khakim, L., Et Al. Pembuatan Sistem Pengaturan Putaran Motor Dc Menggunakan Kontrol Proportional-Integral-Derivative (Pid) Dengan Memanfaatkan Sensor Kmz51. Indonesian Journal Of Mathematics And Natural Sciences, 2012, 35.2.".

[17] B. C. . Kuo, Automatic Control Systems. Prentice Hall, 1995.

[18] Whyte Asukwo Akpan, Chikodili Martha Orazulume, Ifeoma Ugochi Ohaeri, Godwin Daniel Essien, Nsikak-Abasi Nsedu Inyang, And Umoh Odudu Ibanga, "Artificial Intelligence Based Closed-Loop Control System Design," World Journal Of Advanced Engineering Technology And Sciences, Vol. 14, No. 3, Pp. 505–511, Mar. 2025, Doi: 10.30574/Wjaets.2025.14.3.0105.

[19] "Design And Implementation Of Industrial Automation Control System Based On Plc," Journal Of Electronics And Information Science, Vol. 9, No. 2, 2024, Doi: 10.23977/Jeis.2024.090215.

[20] M. Cheng, J. Zhou, W. Qian, B. Wang, C. Zhao, And P. Han, "Advanced Electrical Motors And Control Strategies For High-Quality Servo Systems - A Comprehensive Review," Chinese Journal Of Electrical Engineering, Vol. 10, No. 1, Pp. 63–85, Mar. 2024, Doi: 10.23919/Cjee.2023.000048.

[21] A. Wali, A. Ali, F. Asmida, A. Razak, And N. Hayima, "A Review On The Ac Servomotor Control Systems," Vol. 19, No. 2, Pp. 22–39, 2020, [Online]. Available: Www.Elektrika.Utm.My

[22] T.-T. Nguyen Et Al., "Control And Monitoring Of A Two-Axis Ac-Servo Positioning System For Dispensing Applications Using Plc S7-1200," Indonesian Journal Of Engineering And Science, Vol. 5, No. 2, Pp. 087–103, Jul. 2024, Doi: 10.51630/Ijes.V5i2.146.

[23] M. A. Mohammad, R. Y. Sakr, M. A. Abd-Rabbo, And M. M. Mandour, "Experimental Investigation Of Heat Transfer From Elliptic Tube Immersed In A Fluidized Bed," J Therm Sci Eng Appl, Vol. 14, No. 6, Jun. 2022, Doi: 10.1115/1.4046318.

[24] Z. Liu Et Al., "Flexible Temperature Sensor With High Sensitivity Ranging From Liquid Nitrogen Temperature To 1200 °C," International Journal Of Extreme Manufacturing, Vol. 5, No. 1, P. 015601, Mar. 2023, Doi: 10.1088/2631-7990/Aca44d.

[25] N. A. M. Yunus, N. Sihar, And C. Z. C. Hassan, "Relay Demonstration On Board For Final Year Student," In E3s Web Of Conferences, Edp Sciences, Jan. 2024. Doi: 10.1051/E3sconf/202447901001.

[26] A. Pradiftha Junfithrana, I. Himawan Kusumah, Anang Suryana, Edwinanto, M. Artiyasa, And A. De Wibowo, "Identifikasi Gas Terlarut Minyak Transformator Dengan Menggunakan Logika Fuzzy Menggunakan Metode Tdcg Untuk Menentukan Kondisi Transformator 150 Kv," Fidelity : Jurnal Teknik Elektro, Vol. 1, No. 1, Pp. 11–15, May 2019, Doi: 10.52005/Fidelity.V1i1.122.

[27] Deitje Pongoh, Leony Wenno, Jhosua Lumentut, Valentino Kambey, And Aprillio Aring, "Pengenalan Plc Sebagai Pusat Kontrol Dalam Sistem Otomasi Industri," Journal Central Publisher, Vol. 1, No. 4, Pp. 253–260, Jun. 2023, Doi: 10.60145/Jcp.V1i4.79.