

PENGARUH PERUBAHAN DIAMETER NOZZLE DAN PANJANG CABLE TERHADAP CYCLE TIME PADA MESIN AUTOMATIC CABLE TERMINAL YANG TELAH DIMODIFIKASI

Muhammad Ubaidillah dan Agus Dani

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan

Politeknik Negeri Malang

E-mail : muhammadubaidillah562@gmail.com; agus.dani@polinema.ac.id

ABSTRACT

An automatic cable terminal machine is an automatic machine used to cut and process electrical materials, such as making circuits in wiring harnesses. This machine is able to cut raw materials with high precision at optimal speed. In changing the nozzle, this machine is modified from manual to semiautomatic to make the machine more optimal. Cycle time is the time required to complete one cycle of cutting operations. Cycle time efficiency is very important as it has a direct impact on productivity and production costs. Therefore, optimizing cycle time is the main focus of machine research and modification.

The purpose of this study is to modify the machine and determine the effect and interaction of changing nozzle diameter and cable length on cycle time on a modified automatic cable terminal machine. The research method used was experimental with variations in the independent variables of nozzle diameter (1,5 mm, 1,7 mm, and 1,9 mm) and cable length (1400 mm, 2200 mm, and 3500 mm) with anova factorial data processing method using statistical software.

The results showed that the modified machine cycle time is more optimal in one turnover, namely, before the modification of the machine, it took 22 seconds, and now it is 2-3 seconds in one turnover. Analysis of the change in nozzle diameter and cable length affects cycle time; the higher the cable length and the larger the nozzle diameter, the cycle time will increase, and vice versa, as will the results of the combination of parameters that produce optimal cycle time with high desirability. A nozzle diameter of 1,5 mm and a cable length of 1400 mm result in a cycle of 381.2 seconds with a desirability of almost 1 (0.943590), which indicates that this solution is very good.

Keywords: *Cycle time, Cable, Mesin automatic cable terminal, Modification, Nozzle*

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi yang semakin maju yang telah banyak memberikan manfaat serta membantu memudahkan Sumber Daya Manusia (SDM) dalam memenuhi kebutuhannya, terutama dalam bidang industri. Kemajuan dalam teknologi seringkali menjadi alasan utama untuk melakukan modifikasi. Pengenalan teknologi baru atau penemuan baru sering memotivasi perubahan atau penyesuaian pada sistem yang ada untuk mengikuti perkembangan tersebut.

Mesin *Automatic Cable Terminal* adalah Mesin otomatis yang dirancang khusus untuk memotong, mengupas, serta melakukan proses pemasangan *seal* hingga pemasangan terminal *cable*, Mesin ini digunakan untuk memotong material-material yang mampu dialiri oleh

listrik. Pada pengoperasiannya, pergantian *cable* dengan dimensi yang berbeda memerlukan penggantian *nozzle* secara manual. *Nozzle* berfungsi sebagai pengarah kabel dari *feed unit* ke proses pemotongan dan pemasangan terminal.

Perusahaan Otomotif merupakan perusahaan yang menggunakan mesin *Automatic Cable Terminal*. Perusahaan ini memberikan kepercayaan kepada mahasiswa magang Jurusan Teknik Mesin untuk memodifikasi mesin *automatic cable terminal*, khususnya pada *nozzle*, dari yang semula manual menjadi semi otomatis. Sebelum modifikasi, operator harus membuka cover mesin untuk mengganti *nozzle*. Setelah dimodifikasi, proses ini menjadi semi otomatis sehingga operator bisa dapat melakukan pergantian *nozzle* dengan barcode *nozzle* atau *work order* (WO).

Modifikasi ini menggunakan *controller Raspberry Pi* yang terintegrasi dengan PC untuk mempermudah pengontrolan melalui monitor dan yang awalnya 1 *nozzle* menjadi 3 *nozzle*. Pergantian *nozzle* pada modifikasi ini menggunakan motor *stepper* yang dikombinasikan dengan sensor warna untuk mendeteksi warna pada *frame cam follower*, Modifikasi ini akan mempermudah operator dalam pergantian *nozzle* serta mengurangi kelalaian operator yang dapat menyebabkan cacat pada produk akhir. Mesin ini digunakan untuk memotong bahan baku dengan presisi tinggi dan kecepatan yang optimal. Namun, dalam operasionalnya, terdapat berbagai faktor yang dapat mempengaruhi kinerja mesin, salah satunya adalah *cycle time*. *Cycle time* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus operasi pemotongan, yang meliputi waktu mulai dari penyiapan hingga penyelesaian pemotongan. *cycle time* yang efisien sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap produktivitas dan biaya produksi. Oleh karena itu, upaya untuk mengoptimalkan *cycle time* menjadi fokus utama dalam banyak penelitian dan modifikasi mesin.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian Setyawan pada tahun 2022 tentang Analisa Kinerja Mesin jahit manual dan Mesin jahit otomatis pada jahit komponen *upper* sepatu. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas dan efisiensi mesin jahit pada produksi *upper* sepatu di PT XYZ. Pengumpulan data melibatkan observasi lama proses jahit, wawancara operator, dan studi pustaka. Komponen *upper* yang dianalisis mencakup penyambungan *quarter*, pemasangan *strap* 1 dan 2, *ornament toe cap*, serta pemasangan *tongue*.

Data waktu diukur untuk Mesin jahit otomatis dan manual, dianalisis dengan metode data deskriptif (tabel dan grafik). Hasil penelitian menunjukkan Mesin otomatis lebih efektif dan cepat, bahkan melebihi target harian. Efektivitas Mesin otomatis: penyambungan *quarter*

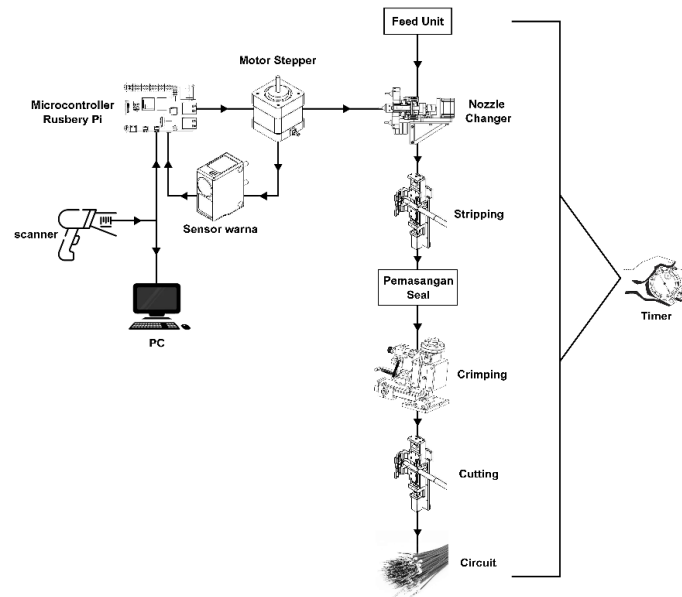
124%, pemasangan strap 1 164%, pemasangan *strap* 2 189%, *ornament toe cap* 109%, dan pemasangan *tongue* ke *upper* 129%

Dalam penelitian Novitasari pada tahun 2023, tentang Analisis Desain Mesin Otomatis Pembuatan Komponen Packing di PT. XYZ. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi jenis mesin terhadap produktivitas, sekaligus menilai dampak *cycle time* terhadap kualitas produk. Penelitian ini melibatkan variasi *cycle time* sebesar 30, 33, dan 39 detik, dengan menggunakan jenis mesin otomatis dan semi-otomatis. Metode pengumpulan data dilakukan secara eksperimental, dengan pengolahan data menggunakan analisis *one-way anova*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *cycle time* memiliki pengaruh yang sedikit terhadap kualitas produk secara umum, tetapi memiliki dampak yang lebih signifikan terhadap kriteria hasil potong yang harus dipenuhi. Ditemukan bahwa *cycle time* ideal dan optimal dalam proses produksi komponen packing T185 adalah sebesar 33 detik. Sementara itu, dalam hal variabel jenis mesin, terdapat pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas mesin. Rata-rata produktivitas yang dihasilkan oleh mesin semi-otomatis mencapai nilai 471 buah/jam, sedangkan mesin otomatis menunjukkan angka yang lebih tinggi, yaitu 530 buah/jam. Selain itu, dari perspektif sumber daya manusia, penggunaan mesin otomatis ini mampu mengurangi kebutuhan tenaga kerja manusia sebanyak 1 orang.

Dalam penelitian (Hudori, 2019) telah melakukan penelitian tentang “Analisis Pengaruh Variasi Ukuran Produk Terhadap *Cycle Time* Menggunakan Rancangan Percobaan”. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh ukuran produk terhadap waktu siklus (*cycle time*) dalam proses produksi. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial dengan lima perlakuan, yaitu produk dengan ukuran 7,5 meter, 2,5 meter, 14 meter, 7 meter, dan 12 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi ukuran produk berpengaruh signifikan terhadap waktu siklus, sehingga lead time pengiriman pesanan akan dipengaruhi oleh ukuran produk yang dipesan.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan eksperimen dengan variasi variabel bebas diameter *nozzle* (1,5 mm, 1,7 mm dan 1,9 mm) dan panjang *cable* (1400 mm, 2200 mm dan 3500 mm) dengan metode pengolahan data ANOVA *factorial* menggunakan *software* statistik. Kemudian dilakukan setting peralatan penelitian sebagaimana pada gambar dibawah ini.



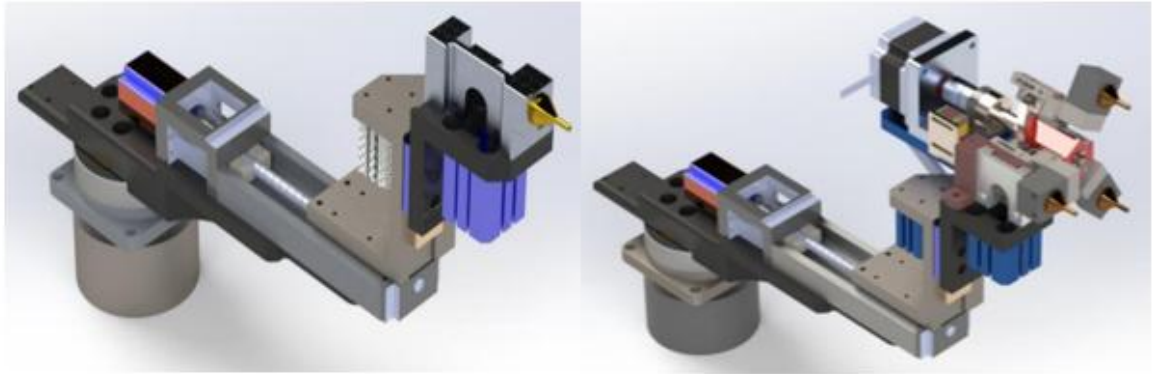
Operator akan memindai barcode instruksi kerja serta barcode *nozzle*, lalu *raspberry pi* akan mengendalikan putaran motor dengan bantuan sensor warna untuk mendeteksi *nozzle* yang akan digunakan. Data instruksi kerja serta ukuran *nozzle* yang dipakai akan ditampilkan di layar monitor. Mesin ini beroperasi berdasarkan data yang terdapat dalam instruksi kerja, yang mencakup spesifikasi material seperti panjang kabel dan diameter *nozzle*. Proses kerja mesin dimulai ketika operator memindai barcode instruksi kerja, setelah itu mesin akan memproduksi circuit sesuai dengan data yang telah diinput. Kabel akan dimasukkan ke dalam feed unit, kemudian didorong untuk memulai proses stripping hingga pemasangan terminal kabel. Produk akhirnya berupa circuit atau kabel yang telah dipasang terminal dan seal dengan panjang yang sesuai dengan data instruksi kerja.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Modifikasi

Mesin Automatic Cable Terminal digunakan dalam proses pembuatan circuit dan mampu mengotomatisasi langkah-langkah seperti pengupasan, pemotongan, dan pengrimpingan kabel. Crimping adalah tahap pemasangan terminal atau konektor pada kabel. Saat mengganti kabel, *nozzle* juga harus diganti karena *nozzle* mengarahkan kabel dari feed unit ke proses pemotongan dan crimping. Jika *nozzle* tidak diganti sesuai dengan dimensi kabel, produk yang dihasilkan bisa cacat. Mesin ini dapat menggunakan tiga jenis *nozzle* berbeda—15, 17, dan 19—dan pergantian *nozzle* awalnya memerlukan tindakan manual dengan membuka cover mesin.

Untuk mengatasi masalah ini, mesin dimodifikasi dengan menambahkan tiga nozzle dalam satu mesin dan mengubah desain frame wire A. Modifikasi ini melibatkan penerapan mekanisme revolver dan motor stepper serta pemasangan sensor warna di belakang frame cam follower untuk mendeteksi warna nozzle. Tujuan modifikasi adalah menciptakan sistem semi-otomatis, di mana operator hanya perlu memindai kode barcode pada nozzle untuk pergantian, yang mengurangi kesalahan operator dan meningkatkan efisiensi serta akurasi. Gambar 4.1 menunjukkan mesin sebelum dan sesudah modifikasi.



4.2 Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh disajikan dalam satuan detik dan kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak Minitab 2021. Proses analisis statistik menghasilkan informasi yang lebih rinci dan relevan. Setelah analisis selesai, hasilnya disajikan dalam tabel dan grafik untuk mempermudah interpretasi dan pemahaman. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

No	Diameter Nozel	Panjang Wire (mm)		
		1400	2200	3500
1	15	380	395	412
2	17	386	398	415
3	19	387	402	417
4	15	383	397	414
5	17	384	399	414
6	19	388	401	417
7	15	379	398	415
8	17	384	398	414
9	19	386	399	418
10	15	380	396	413
11	17	385	399	416
12	19	384	401	415
13	15	381	396	411
14	17	387	400	416
15	19	388	402	418
16	15	383	397	412
17	17	384	398	415

No	Diameter Nozel	Panjang Wire (mm)		
		1400	2200	3500
24	19	385	401	417
25	15	384	396	413
26	17	384	399	415
27	19	388	399	416
28	15	383	396	413
29	17	386	400	416
30	19	389	400	416
31	15	380	397	412
32	17	386	398	416
33	19	386	402	415
34	15	383	398	414
35	17	384	399	415
36	19	388	401	416
37	15	379	396	415
38	17	384	398	414
39	19	386	403	417
40	15	380	396	413

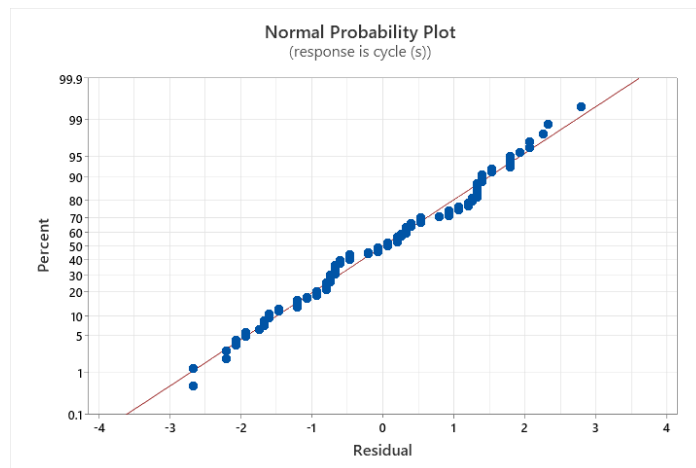
No	Diameter Nozel	Panjang Wire (mm)		
		1400	2200	3500
18	19	386	400	418
19	15	382	395	412
20	17	383	398	414
21	19	387	402	416
22	15	380	397	414
23	17	384	399	413

No	Diameter Nozel	Panjang Wire (mm)		
		1400	2200	3500
41	17	385	399	413
42	19	384	401	416
43	15	381	397	411
44	17	385	400	413
45	19	388	402	418

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Grafik Normal Probability Plot

Hasil pengolahan data menggunakan software statistik menghasilkan grafik *Normal Probability Plot* untuk mengecek apakah data berdistribusi normal. Dalam analisis statistik kuantitatif, distribusi normal diperlukan. Grafik ini menampilkan garis lurus merah sebagai garis acuan distribusi normal. Jika titik-titik data mendekati garis ini, data dianggap berdistribusi normal; jika tidak, distribusi data dianggap tidak normal. Contoh grafik *Normal Probability Plot* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Dari grafik *Normal Probability Plot*, sebagian besar titik data mendekati dan sejajar dengan garis normal. Meskipun ada beberapa titik yang sedikit menyimpang, penyimpangan tersebut masih dalam batas toleransi. Oleh karena itu, data dianggap berdistribusi normal, memenuhi syarat untuk analisis statistik kuantitatif, sehingga analisis yang dilakukan dapat dianggap valid dan akurat.

4.3.2 Analysis Of Variance (ANOVA) dan Model Summary

Analysis of Variance

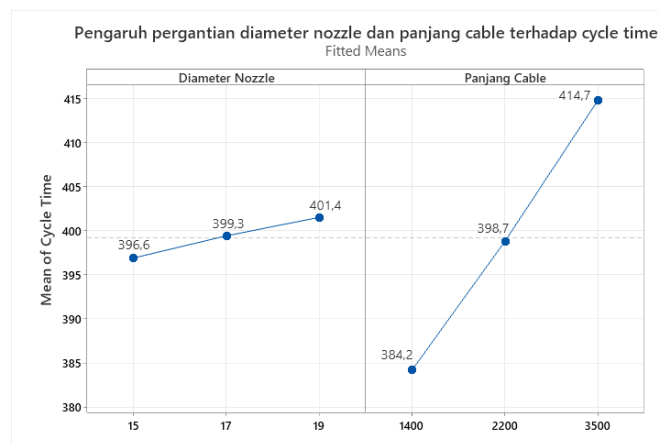
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Diameter Nozzle	2	477.4	238.7	163.83	0.000
Panjang Cable	2	20990.6	10495.3	7202.67	0.000
Diameter Nozzle*Panjang Cable	4	16.7	4.2	2.87	0.026
Error	126	183.6	1.5		
Total	134	21668.4			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.20712	99.15%	99.10%	99.03%

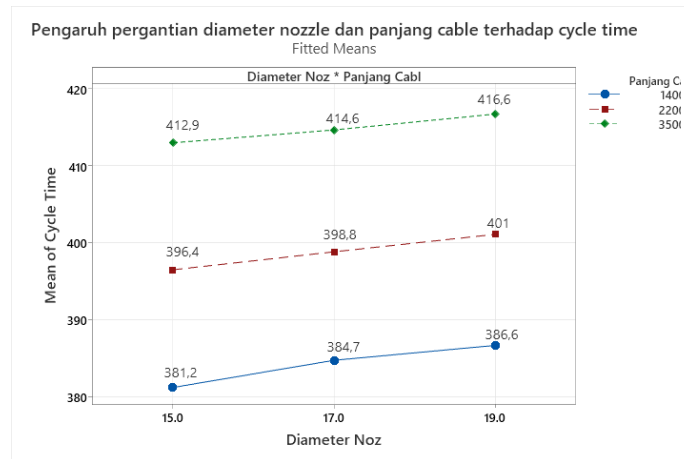
Penelitian ini menggunakan tingkat kesalahan 5% ($\alpha = 0,05$) untuk menentukan apakah hipotesis nol (H_0) harus ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Analisis tabel ANOVA dan model summary menunjukkan bahwa perubahan diameter *nozzle* dan panjang kabel secara signifikan mempengaruhi *cycle time* pada Mesin *Automatic Cable Terminal* yang dimodifikasi. Dengan P-Value lebih kecil dari α , H_0 ditolak dan H_1 diterima. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 99,15% menunjukkan bahwa variabel-variabel ini menjelaskan 99,15% variasi dalam *cycle time*, sedangkan 0,85% dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai R^2 yang tinggi ini mengindikasikan bahwa variabel penelitian sangat efektif dalam menjelaskan variasi *cycle time*.

4.3.3 Grafik Factorial Plot



Berdasarkan grafik di atas, pengaruh diameter *nozzle* ditampilkan pada grafik kiri, sedangkan pengaruh panjang kabel terlihat pada grafik kanan. Grafik kiri menunjukkan bahwa rata-rata *cycle time* meningkat dari 396,6 detik menjadi 401,4 detik seiring bertambahnya diameter *nozzle* (15, 17, dan 19). Sementara itu, grafik kanan menunjukkan bahwa rata-rata *cycle time* meningkat secara signifikan dari 384,2 detik hingga 414,7 detik seiring bertambahnya panjang kabel (1400 mm, 2200 mm, dan 3500 mm). Ini menunjukkan bahwa panjang kabel memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap *cycle time* dibandingkan diameter *nozzle*. Secara keseluruhan, kedua variabel ini mempengaruhi *cycle time*, namun panjang kabel memiliki dampak yang lebih dominan.

4.3.4 Grafik Interaksi Factorial Plot



Grafik di atas menunjukkan interaksi antara diameter *nozzle* dan panjang kabel terhadap *cycle time* pada Mesin *Automatic Cable Terminal*. Garis vertikal menggambarkan rata-rata *cycle time*, sementara tiga garis berwarna (biru, merah, hijau) mewakili panjang kabel yang berbeda.

Pengaruh diameter *nozzle* terhadap *cycle time* terlihat dari tiga garis tersebut:

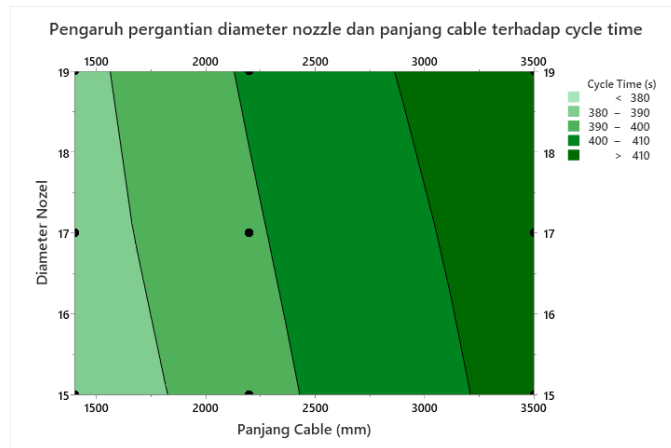
- Garis biru (1400 mm): Peningkatan diameter *nozzle* dari 15 hingga 19 meningkatkan *cycle time* secara bertahap, meskipun kecil.
- Garis merah (2200 mm): Peningkatan diameter *nozzle* juga meningkatkan *cycle time*, dengan kenaikan yang sedikit lebih besar dibandingkan kabel 1400 mm.
- Garis hijau (3500 mm): Peningkatan diameter *nozzle* menyebabkan peningkatan *cycle time* yang lebih signifikan dibandingkan dua panjang kabel lainnya.

Pengaruh panjang kabel terhadap *cycle time* juga terlihat jelas:

Untuk setiap diameter *nozzle* (15, 17, dan 19), peningkatan panjang kabel dari 1400 mm hingga 3500 mm menghasilkan peningkatan *cycle time* yang signifikan dan hampir linier. Panjang kabel 3500 mm (garis hijau) memiliki *cycle time* tertinggi.

Grafik ini menunjukkan bahwa baik diameter *nozzle* maupun panjang kabel secara signifikan mempengaruhi *cycle time*, dengan pengaruh panjang kabel lebih dominan. Interaksi antara kedua variabel ini juga signifikan, di mana efek diameter *nozzle* lebih besar pada kabel yang lebih panjang, seperti ditunjukkan oleh kemiringan garis hijau yang lebih curam dibandingkan garis biru.

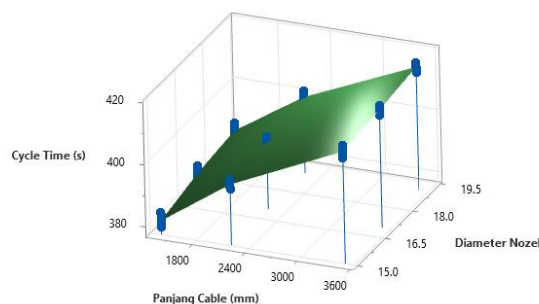
4.3.5 Grafik *Countour Plot*



Grafik *contour plot* menunjukkan panjang kabel pada sumbu horizontal dan diameter *nozzle* pada sumbu vertikal, dengan warna hijau yang menandakan interval *cycle time* dalam 4 gradasi. Warna hijau muda mewakili *cycle time* terendah, sedangkan hijau tua menunjukkan *cycle time* tertinggi. Secara umum, peningkatan diameter *nozzle* menyebabkan *cycle time* meningkat, terlihat dari perubahan warna yang semakin gelap. Begitu pula, peningkatan panjang kabel dari 1400 hingga 3500 mm meningkatkan *cycle time* secara signifikan, tercermin dari perubahan warna dari hijau muda ke hijau tua. Interaksi antara kedua faktor ini terlihat jelas, dengan peningkatan *cycle time* yang lebih cepat (ditunjukkan oleh warna yang semakin gelap) ketika diameter *nozzle* dan panjang kabel meningkat bersama-sama. Garis kontur grafik yang sedikit miring mengindikasikan bahwa efek dari satu faktor dapat dipengaruhi oleh perubahan faktor lainnya.

4.3.6 Grafik *Surface Plot*

pengaruh pergantian diameter nozzle dan panjang wire terhadap cycle time



Pada grafik *surface plot* di atas, sumbu X menggambarkan panjang kabel dalam milimeter (mm), sumbu Y menggambarkan diameter *nozzle*, dan sumbu Z menggambarkan *cycle time* dalam detik (s). Grafik ini menunjukkan interaksi antara panjang kabel dan diameter *nozzle* serta dampaknya terhadap *cycle time*. Permukaan plot menunjukkan bahwa terdapat kombinasi tertentu dari panjang kabel dan diameter *nozzle* yang dapat meminimalkan

atau memaksimalkan *cycle time*. Peningkatan panjang kabel secara umum cenderung meningkatkan *cycle time*, terlihat dari permukaan plot yang semakin naik seiring bertambahnya panjang kabel. Peningkatan diameter *nozzle* juga berkontribusi pada peningkatan *cycle time*, meskipun pengaruhnya tidak sebesar panjang kabel. Titik-titik biru pada grafik mewakili data eksperimental yang digunakan untuk membangun model, dan membantu menunjukkan keakuratan model dalam memprediksi *cycle time*.

4.4 Pembahasan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk memodifikasi dan mengetahui Pengaruh Pergantian Diameter *Nozzle* Dan Panjang *cable* Terhadap *Cyle Time* Pada Mesin *Automatic Cable* Terminal Yang Sudah Dimodifikasi. Modifikasi pada mesin *automatic cable* terminal melibatkan peningkatan signifikan dengan mengubah konfigurasi satu *nozzle* menjadi tiga *nozzle* dalam satu mesin. sebelum dilakukan modifikasi mesin dalam pergantian *nozzle* memerlukan pergantian yang secara manual dengan memerlukan pembukaan *cover* terlebih dahulu dan mengganti *nozzle* dengan *nozzle* yang akan digunakan kemudian operator kembali ke posisi semula dan menutup *cover* tersebut kemudian dilakukan modifikasi. Perubahan ini memerlukan desain ulang pada *frame Wire A* dengan mengimplementasikan mekanisme *revolver* dan motor *stepper* sebagai penggerak. Motor *stepper* ini memungkinkan pergerakan yang presisi dan terkontrol, yang sangat penting untuk penggantian *nozzle* yang cepat dan akurat.

Selain itu, modifikasi ini didukung oleh sensor warna yang berfungsi untuk mendeteksi warna pada bagian belakang *frame cam follower*. Sensor ini memainkan peran penting dalam memastikan bahwa *nozzle* yang tepat dipilih dan digunakan berdasarkan kode barcode yang dipindai oleh operator. Sistem ini menciptakan lingkungan kerja semi-otomatis, di mana operator hanya perlu melakukan *scan* kode barcode pada *nozzle* untuk melakukan pergantian. Hal ini jauh lebih efisien dibandingkan metode pergantian manual sebelumnya. Keuntungan dari modifikasi waktu pergantian yang lebih cepat. Sebelum modifikasi, pergantian *nozzle* secara manual membutuhkan waktu sekitar 22 detik. Setelah modifikasi, waktu pergantian berkurang drastis menjadi hanya 2-3 detik. Ini berarti peningkatan efisiensi yang signifikan dalam proses produksi. Dengan sistem semi-otomatis ini, risiko kesalahan manusia dalam pergantian *nozzle* berkurang. Operator tidak lagi perlu mengingat atau mencocokkan *nozzle* secara manual, karena sistem akan secara otomatis memilih *nozzle* yang tepat berdasarkan kode barcode yang dipindai. Modifikasi ini tidak hanya mempercepat proses pergantian *nozzle*, tetapi juga meningkatkan akurasi dalam penggunaan *nozzle* yang sesuai untuk setiap tugas. Ini sangat penting untuk memastikan kualitas dan konsistensi dalam hasil produksi.

Penggunaan mekanisme *revolver* dan motor *stepper* membuat desain mesin lebih ergonomis dan mudah dioperasikan. Operator dapat bekerja dengan lebih nyaman dan efisien, mengurangi kelelahan dan meningkatkan produktivitas.

Setelah melakukan penelitian data lalu dilakukan pengolahan data. Data yang paling utama yaitu dilihat pada tabel *anova*, Menurut jurnal yang ditulis Gamst et al yang ditulis dalam skripsi alif yang dimaksud dengan ANOVA (*analysis of variance*) adalah “*a statistical technique used to evaluate the size of the difference between set of score*” (Gamst et al, 2008). Dengan kata lain tabel *anova* adalah tabel yang menampilkan analisis statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan tiga atau lebih nilai rata-rata faktor tunggal maupun faktor ganda melalui perbandingan varians antar kelompok (*between groups variance*) dan varian dalam kelompok (*within groups variance*).

Hasil pengolahan data yang ada pada tabel ANOVA dan model summary menunjukkan bahwa variabel bebas berupa pergantian diameter *nozzle* dan panjang *cable* signifikan atau berpengaruh terhadap variabel terikat berupa *cycle time*. Hal ini ditunjukkan oleh nilai P-Value yang kurang dari α (0,05) ($P\text{-Value} < \alpha$), serta interaksi kedua variabel bebas terhadap *cycle time* juga signifikan dengan nilai α sebesar 0,026 ($P\text{-Value} < \alpha$). Dari nilai P-Value tersebut, dapat disimpulkan bahwa apabila salah satu variabel signifikan atau berpengaruh terhadap respon, maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Berdasarkan hasil analisis pada tabel model *summary* yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, berikut adalah metrik statistik yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model regresi *Standard Error* (S) Nilai S sebesar 1.20712 menunjukkan rata-rata deviasi residual model regresi dari garis regresi sebenarnya. Nilai S yang lebih kecil mengindikasikan model yang lebih tepat dalam memprediksi nilai respon. *R-squared* (R-sq), Nilai *R-squared* sebesar 99.15% menunjukkan bahwa 99.15% variasi dalam data respon dapat dijelaskan oleh model regresi, menandakan kemampuan model yang sangat baik. *Adjusted R-squared* (R-sq(adj)), Nilai *Adjusted R-squared* sebesar 99.10% menunjukkan kemampuan model yang sangat baik dalam menjelaskan variasi dalam data, bahkan setelah menyesuaikan untuk jumlah prediktor. *Predicted R-squared* (R-sq(pred)). Nilai *Predicted R-squared* sebesar 99.03% menunjukkan kemampuan model dalam memprediksi data baru, yang mendekati nilai R^2 dan *Adjusted R^2*, menunjukkan model yang tidak mengalami *overfitting* dan dapat diandalkan.

Model ini memiliki performa yang sangat baik, dengan nilai R^2 , *Adjusted R^2*, dan *Predicted R^2* semuanya di atas 99%. Nilai *Standard Error* (S) yang relatif kecil menunjukkan bahwa prediksi model cukup akurat. Secara keseluruhan, model ini sangat efektif dalam

menjelaskan dan memprediksi variasi dalam data respon, dengan kemampuan generalisasi yang baik.

5. KESIMPULAN

Proses modifikasi Mesin *Automatic Cable Terminal* adalah pengembangan dari mesin yang sebelumnya membutuhkan penggantian *nozzle* secara manual. Setelah modifikasi dilakukan melalui tahap perencanaan, analisis, dan pengembangan desain, mesin kini menjadi semi-otomatis dalam pergantian *nozzle* dengan menggunakan sistem mekanik *revolver* yang didukung motor *stepper* sebagai penggerak dan sensor warna sebagai pendeteksi posisi *nozzle*. Pengguna hanya perlu memindai barcode untuk mengganti *nozzle*. Optimasi ini mempercepat waktu penggantian *nozzle* dari 22 detik menjadi 2-3 detik.

Pengaruh pergantian diameter *nozzle* terhadap *cycle time* menunjukkan bahwa semakin besar diameter *nozzle*, semakin besar pula gaya tekanan yang diberikan *feed unit* pada kabel, menyebabkan gesekan lebih besar, yang memperlambat pergerakan kabel dan memperpanjang *cycle time*. Sebaliknya, kabel dengan diameter kecil mempercepat *cycle time*. Berdasarkan tabel ANOVA, nilai P-Value sebesar 0,00 menunjukkan bahwa pergantian diameter *nozzle* memiliki pengaruh signifikan terhadap *cycle time*, dengan nilai R^2 sebesar 99,15%, yang menunjukkan model sangat baik dalam menjelaskan variasi data.

Panjang kabel memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap *cycle time* dibandingkan diameter *nozzle*. *Cycle time* meningkat hampir linier seiring dengan bertambahnya panjang kabel dari 1400 mm, 2200 mm, hingga 3500 mm, sebagaimana ditunjukkan dalam plot faktorial. Hasil dari tabel ANOVA juga mendukung bahwa panjang kabel secara signifikan mempengaruhi *cycle time* dengan nilai P-Value yang sangat rendah. Secara keseluruhan, pergantian diameter *nozzle* dan panjang kabel mempengaruhi *cycle time* pada mesin automatic cable terminal yang telah dimodifikasi, dengan panjang kabel memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan diameter *nozzle*. Kombinasi *nozzle* berdiameter 15 mm dan panjang kabel 1400 mm menghasilkan *cycle time* paling optimal sebesar 381,2 detik dengan nilai *desirability* yang tinggi, mendekati 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, A.A., Kiryanto, and A.W.B. Santosa. 2017. *Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk, Komposisi dan Cacat Pengecoran Paduan Aluminium Flat Bar dan Limbah Kampas Rem dengan Menggunakan Cetakan Pasir dan Cetakan Hidrolik sebagai Bahan Komponen Jendela Kapal* Afif. J. Tek. Perkapalan 5(1): 97–103.
- Farkhani, M.F., H. Purwanto, and M. Dzulfikar. 2020. *Analisis Laju Korosi Pada Meterial Baja Astm a36 Akibat Pengaruh Sudut Bending Dan Aliran Media Korosi H2SO4 10%*. J. Ilm. Momentum 16(2): 97–104. doi: 10.36499/mim.v16i2.3761.
- Hasanah, T.U., T. Wulansari, T. Putra, and M. Fauzi. 2020. *Penerapan Lean Manufacturing dengan Metode Takt Time dan FMEA untuk Mengidentifikasi Waste pada Proses Produksi Steril PT.XYZ*. J. Rekayasa Sist. Ind. 07: 89. doi: 10.25124/jrsi.v7i2.435.
- Hudori, M. 2019. *Analisis Pengaruh Variasi Ukuran Produk Terhadap Cycle Time Menggunakan Rancangan Percobaan*. Ind. Eng. J. 7(2): 58–63. doi: 10.53912/iejm.v7i2.346.
- Martin, R.S., and Y. Dewanto. 2023. *Prototipe kunci pintu otomatis menggunakan sensor kamera berbasis raspberry*. J. Teknol. Ind. 12(1): 21–29.
- Muslimin, M., I. Setyadi, A. Zuhri, and D. Luqyana. 2023. *Redesain dan Fabrikasi Bilah Pisau Shredder SKD-11 untuk Pemotongan Limbah Plastik*. J. Mek. Terap. 4(2): 53–59. doi: 10.32722/jmt.v4i2.5887.
- Novitasari, P.D.A. 2023. *Analisis Desain Mesin Otomatis Pembuatan Komponen Packing Di PT SAI*. Skripsi, Polinema, Malang.
- Rachman, M.R.A., and A.M. Sakti. 2020. *Analisa Perbedaan Kekerasan dan Kekuatan Tarik Baja S45C dengan Perlakuan Quenching dan Tempering*. J. Tek. Mesin 08(02): 89–94.
- Risaldi, D., I. Dirja, and Reza Setiawan. 2021. *Optimalisasi Proses Kerja Mesin Crimping Di CV. XYZ*. TRAKSI Maj. Ilm. Tek. Mesin 20(1): 45–58.
- Setyawan, W.B. 2022. *Manual Sewing Machine Performance Analisis and Automatic Sewing Machine on Sewing Upper Shoe Components*. Teknol. Pengolah. Prod. Kulit 21(2022): 142–154.
- Subagiyo, S., A. Asrori, and L. Agustriyana. 2018. *Analisis Kekerasan Baja S45C Hasil Hardening Dengan Variasi Media Pendingin*. Info-Teknik 19(1): 43. doi: 10.20527/infotek.v19i1.5141.

Tuerah, F., M. Umboh, and I. Rondonuwu. 2021. *Automasi Alat Uji Tarik Tipe Terco MT 3017 Berbasis Microcontroller*. J. Online Poros Tek. Mesin 9(1): 10–21.