



PENANGANAN ALARM DTER PADA ROBOT FANUC M-900IA SPOT WELDING MULTI-GUN

Firman Davidsyah Adam¹, Yunastya Didi Pratama², Tausi'ul Arzaq Mustaghits Billah³, Padli Azkia⁴, Rahmat^{5*}

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sains Indonesia, Bekasi 17520

*Corresponding Email: rahmat.r@lecturer.sains.ac.id

Abstrak

Alarm Dual Timer Error (DTER) sering muncul pada robot FANUC M-900iA yang menggunakan lebih dari satu spot gun, akibat ketidaksesuaian sinyal mekanis dan elektronis antara Gun 1 dan Gun 2. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab dominan alarm DTER dan merancang langkah pencegahan yang efektif. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, pengecekan dan pembersihan kabel encoder, penggantian encoder gun, trial auto welding tanpa part, serta monitoring siklus produksi. Analisis dilakukan secara deskriptif dan interpretatif terhadap frekuensi alarm sebelum dan sesudah perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggantian encoder, pembersihan kabel, mastering ulang robot, dan prosedur reset alarm BZAL secara signifikan mengurangi alarm DTER, memungkinkan robot berjalan stabil dan aman selama produksi. Kesimpulan menyatakan bahwa implementasi prosedur ini meningkatkan keandalan produksi dan keamanan operator. Penelitian ini memberikan rekomendasi preventif berupa pemeriksaan rutin kabel dan sensor, revisi SOP switching gun, dan pelatihan operator sebagai langkah perbaikan sistematis.

Kata Kunci: DTER; Encoder; FANUC M-900iA; Multi-Gun; Spot welding.

Abstract

The Dual Timer Error (DTER) alarm frequently occurs in FANUC M-900iA robots using multiple spot guns, caused by mismatch in mechanical and electronic signals between Gun 1 and Gun 2. This study aims to analyze the main causes of DTER alarms and develop effective preventive measures. Data were collected through field observation, encoder cable inspection and cleaning, replacement of gun encoders, trial auto welding without parts, and production cycle monitoring. Analysis was performed descriptively and interpretatively on alarm frequency before and after maintenance. Results indicate that encoder replacement, cable cleaning, robot re-mastering, and BZAL alarm reset procedures significantly reduce DTER alarms, allowing stable and safe robot operation during production. The study concludes that these procedures improve production reliability and operator safety. Preventive recommendations include routine cable and sensor inspection, revising gun switching SOPs, and operator training as systematic improvement measures.

Keywords: DTER; Encoder; FANUC M-900iA; Multi-Gun; Spot welding.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi otomasi industri telah membawa perubahan signifikan dalam proses produksi, khususnya pada sektor manufaktur otomotif dan *heavy-industry* [1]. Salah satu teknologi yang paling berpengaruh adalah penggunaan *robot* industri untuk proses pengelasan, terutama *spot welding*. *Robot* jenis ini mampu memberikan akurasi tinggi, efisiensi produksi, dan konsistensi kualitas yang sulit dicapai dengan tenaga manusia [2]. FANUC M-900iA merupakan salah satu *robot* yang paling banyak digunakan karena memiliki struktur mekanis yang kuat, torsi besar, jangkauan luas, serta kemampuan membawa *payload* berat dengan presisi tinggi [3].

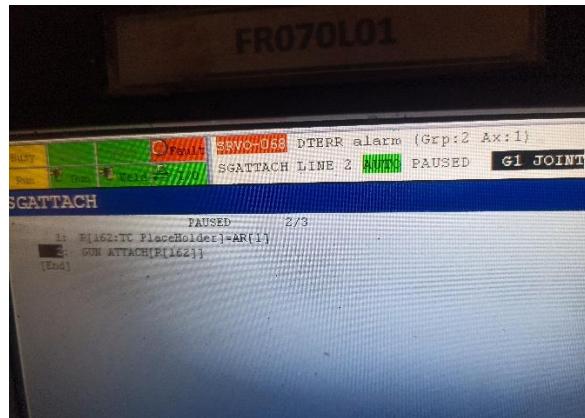


Gambar 1. Robot Fanuc M-900iA

Dalam beberapa aplikasi, *robot* ini dikonfigurasikan dengan *multi-gun* atau lebih dari satu *welding gun* yang dipasang melalui sistem *tool changer*. Konfigurasi *multi-gun* ini bertujuan mempercepat siklus produksi, meningkatkan fleksibilitas, dan mengurangi waktu pergantian alat. Namun, penggunaan *multi-gun* juga meningkatkan kompleksitas sistem kontrol *robot*, khususnya dalam hal pembacaan posisi, sinyal *encoder*, dan perpindahan antar *gun* [4]. Kesalahan kecil pada salah satu komponen dapat menyebabkan *alarm* sistem yang kritis, salah satunya adalah *alarm DTER* (*Data Transfer Error / Dual Timer Error*) [5].

Alarm DTER berhubungan langsung dengan proses sinkronisasi sinyal antara *robot controller*, *encoder gun*, dan sistem mekanik *tool changer* [6]. Jika salah satu sinyal terlambat, tidak stabil, atau terbaca tidak sesuai batas toleransi, maka *robot* akan menghentikan proses *welding* untuk mencegah kerusakan baik pada *robot* maupun pada part yang dikerjakan [7][8]. Situasi ini menyebabkan *downtime* yang dapat berdampak signifikan terhadap target produksi, kualitas produk, bahkan keselamatan operator [9][10][11].

Pada *robot* yang memiliki lebih dari satu *gun*, seperti pada sistem dual-*gun* M-900iA, perpindahan dari *Gun 1* ke *Gun 2* membutuhkan sinkronisasi data yang sangat presisi. Apabila encoder tidak mengirimkan data posisi secara konsisten, maka proses pergantian *gun* akan terganggu dan *alarm DTER* akan muncul. Hal ini dapat disebabkan oleh keausan pada kabel encoder, konektor yang kotor, atau kondisi mekanik *gun* yang sudah tidak stabil.



Gambar 2. Alarm DTER

Oleh karena itu, memahami penyebab utama munculnya *alarm DTER*, khususnya pada *robot multi-gun* seperti FANUC M-900iA, menjadi hal yang sangat penting untuk memastikan stabilitas operasi [12]. Penelitian ini dilakukan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, di mana *alarm DTER* muncul secara berulang dalam periode produksi dan mengganggu jalannya operasi. Upaya *troubleshooting* dilakukan secara sistematis, termasuk pengecekan kabel *encoder*, penggantian *encoder gun*, melakukan

mastering ulang, serta pengujian *robot* melalui *trial* otomatis tanpa *part* [13]. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi teknis sekaligus masukan bagi peningkatan SOP perawatan *robot spot welding* [14].

1.2 Kajian Literatur Lengkap

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas fenomena *error* pada *robot spot welding*, terutama yang berhubungan dengan *encoder* dan *multi-tool system*. *Robot multi-gun* memiliki risiko *error* lebih tinggi karena perbedaan karakteristik mekanis tiap *gun* yang menyebabkan variasi pembacaan posisi [15]. Keausan *cuptip welding gun* juga dapat mengubah load mekanis sehingga mempengaruhi akurasi pembacaan *servo gun* [16]. Selain itu, kondisi lingkungan seperti temperatur tinggi dapat mempengaruhi stabilitas sinyal *timer* pada *robot* [17].

Beberapa jurnal lain menyebutkan bahwa *error* seperti DTER biasanya berkaitan dengan:

- Gangguan sinyal *encoder* karena kabel tertekuk atau terkontaminasi.
- Switching gun* yang tidak sempurna akibat ketidaksesuaian mekanis.
- Mastering robot* yang tidak akurat karena perubahan mekanis *gun* setelah periode penggunaan panjang.

Namun, studi tentang penanganan integratif yang menggabungkan pemeriksaan kabel, penggantian *encoder*, *trial* tanpa *part*, dan *mastering* ulang belum banyak dibahas secara komprehensif [18].

1.3 Kebaruan Penelitian

Penelitian ini membawa kebaruan dalam tiga aspek:

Integrasi metode *troubleshooting* mulai dari pemeriksaan kabel *toolchanger*, pembersihan, penggantian *encoder gun 1 & 2*, *trial auto welding*, dan *mastering* ulang. Pendekatan berbasis produksi nyata, bukan simulasi, sehingga hasilnya mencerminkan kondisi industri sebenarnya. Analisis sebelum dan setelah tindakan, sehingga efektivitas metode dapat terlihat secara kuantitatif [19].

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, masalah penelitian dapat dirumuskan sebagai:

- Hal apa yang paling sering menyebabkan *alarm* DTER pada *robot* FANUC M-900iA?
- Bagaimana prosedur penanganan yang paling efektif untuk mengatasi dan mencegah *alarm* tersebut?
- Sejauh mana efektivitas tindakan perbaikan yang dilakukan terhadap frekuensi munculnya *alarm*?

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-analitis, yaitu mempelajari fenomena DTER secara langsung di lapangan, mengidentifikasi penyebab dominan, dan melakukan serangkaian tindakan teknis untuk menganalisis dampaknya. Pendekatan ini memungkinkan peneliti memahami hubungan antara kondisi aktual *robot* dengan *alarm* yang muncul, serta mengevaluasi efektivitas setiap langkah perbaikan.



Gambar 3. Tool changer Pada Gun

Setiap *gun* pada sistem *robot* dilengkapi dengan *tool changer* serta unit servo. Di dalam setiap *gun* terdapat servo *weld* yang berfungsi untuk proses pengelasan. Sistem komunikasi dan pengendalian servo *weld* tersebut terintegrasi melalui *tool changer*, sehingga seluruh perintah, sinkronisasi, dan transfer data dikirimkan melalui modul *tool changer* tersebut.



Gambar 4. *Tool changer* Pada *Robot*

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada salah satu lini produksi *spot welding* di area manufaktur yang menggunakan *robot* FANUC M-900iA dengan konfigurasi dua welding *gun* yang terhubung melalui sistem *tool changer*. *Robot* ini beroperasi pada area dengan ritme produksi tinggi, sehingga stabilitas perpindahan antar *gun* menjadi faktor penting dalam mencegah terjadinya *alarm DTER*.

Konfigurasi dual-gun pada robot ini membuat akurasi sinyal *encoder* dan mekanisme *switching gun* harus bekerja secara sinkron. Kondisi lapangan yang panas, lembab, dan penuh getaran juga menjadi tantangan yang dapat mempengaruhi performa kabel *encoder* maupun konektor *tool changer* [20][21]. Sebagai dokumentasi pendukung, berikut adalah foto *robot* dengan dua *gun*, yang menggambarkan susunan mekanis *gun*, posisi *tool changer*, dan area yang menjadi fokus utama dalam proses pemeriksaan dan troubleshooting.



Gambar 5. *Gun 1*



Gambar 6. *Gun 2*

2.3 Subjek dan Sampel Penelitian

Subjek: *Robot* industri FANUC M-900iA dengan konfigurasi *multi-gun*. Sampel: *Robot* yang menunjukkan *alarm DTER* berulang selama periode produksi. Pemilihan sampel dilakukan secara *purposive*, yaitu *robot* yang paling sering mengalami DTER dalam 30 hari terakhir.

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahap:

1. Observasi Langsung

Meliputi pemantauan:

- Frekuensi munculnya *alarm DTER*.
- Kondisi proses *switching* antara *Gun 1* dan *Gun 2*. Respons *robot* terhadap perintah J/L motion.
- Kondisi *toolchanger* saat perpindahan *tool*.

2. Pemeriksaan Kabel *Encoder*

Kegiatan meliputi:

- Membuka pelindung kabel.
- Memeriksa fisik kabel dari *toolchanger* hingga ke masing-masing *gun*.

- Mengecek *pin connector* apakah berkarat, longgar, atau tertekan.
- Membersihkan dengan *contact cleaner* khusus elektronik.

3. Penggantian Encoder Gun

Jika ditemukan indikasi pembacaan *encoder* tidak stabil, *encoder* diganti. Setiap *encoder* diuji melalui:
Pembacaan sudut.

Validasi stabilitas sinyal saat *gun* bergerak.

4. Mastering Robot

Melakukan:

- *TWSET*

TWSET adalah parameter referensi atau batas ambang (*set point*) yang digunakan sistem kontrol *robot welding* untuk mendeteksi tingkat *tip wear* pada *welding gun*. *Tip wear* terjadi akibat kontak berulang antara elektroda dan material, yang menyebabkan perubahan bentuk, diameter, serta penurunan efisiensi penghantaran arus.

TWSET berfungsi sebagai nilai standar yang dibandingkan dengan data pengukuran aktual selama proses pengelasan. Jika nilai *wear* aktual melebihi *TWSET*, maka sistem akan memberikan peringatan atau memicu *alarm* seperti DTER (*Disturbance Error*) pada *robot* FANUC.

Fungsi *TWSET* dalam Operasional *Robot*:

- Menentukan ambang batas kapan tip elektroda harus dilakukan *dressing* atau diganti.
- Menghindari pengelasan yang tidak stabil akibat arus tidak merata.
- Mencegah cacat *spot weld* (misalnya *underweld* atau *expulsion*).
- Membantu menjaga konsistensi kualitas titik las dan umur komponen.

Dengan pengaturan *TWSET* yang tepat, kestabilan proses resistansi pengelasan dapat meningkat secara signifikan dan turut mengurangi frekuensi *alarm* DTER.

- *CAP_CHNG*

CAP_CHNG merujuk pada parameter yang memonitor jumlah pemakaian elektroda (cap) hingga mencapai batas pergantian. Pada setiap *welding gun*, elektroda memiliki umur pakai tertentu, dan tiap kali *gun* menekan material untuk melakukan pengelasan, jumlah *cycle* akan direkam.

Parameter *CAP_CHNG* biasanya berubah berdasarkan:

- Jumlah *spot weld* yang telah dilakukan.
- Lama pemakaian elektroda
- Kondisi mekanis saat proses pengelasan.
- Temperatur dan tekanan saat *welding*.

Ketika nilai *CAP_CHNG* mencapai ambang batas (limit), sistem *robot* akan memberikan notifikasi atau peringatan bahwa cap harus diganti sebelum mengalami *over-wear* yang menyebabkan:

- Kualitas las tidak stabil.
- Arus *welding* tidak tersalurkan optimal.
- Kemungkinan munculnya *alarm* seperti DTER, *WELD FAULT*, atau *GUN LIMIT*.

Fungsi *CAP_CHNG*:

- Memastikan pergantian elektroda dilakukan tepat waktu.
- Menurunkan risiko kerusakan mekanis pada *welding gun*.
- Mempertahankan kualitas dan kekuatan las.
- Mengurangi downtime karena *fault* yang berulang.

- *CAP_WEAR*

CAP_WEAR adalah parameter yang memantau besarnya keausan elektroda secara real-time berdasarkan hasil feedback dari sensor *welding gun* dan *monitoring* sistem. Data *CAP_WEAR* pada *robot* FANUC biasanya berasal dari:

- Sensor tekanan *gun*.

- Pengukuran *stroke / posisi gun*.
- Tegangan dan arus las.
- Gaya penjepitan (*clamp force*).

CAP WEAR digunakan untuk menghitung dan mengestimasi kondisi aktual ujung elektroda. Nilai *wear* yang semakin besar mengindikasikan:

- Diameter tip melebar.
- Bentuk tip mulai tidak simetris.
- Efisiensi penghantar arus menurun.
- Permukaan elektroda menipis atau tidak rata.

Jika nilai *CAP WEAR* melebihi batas tertentu, *robot* dapat:

- Mengeluarkan *alarm warning*.
- Menghentikan proses *welding (halt)*.
- Memicu *alarm DTER* jika *wear* mengganggu pembacaan *gun position* atau arus.

Fungsi *CAP WEAR*:

- Mengukur kondisi aktual elektroda selama proses produksi.
- Menghindari perubahan kualitas las akibat tip yang sudah aus.
- Menjaga *clamp force* serta parameter *welding* tetap sesuai standar.
- Menjadi indikator apakah perlu *tip dressing* atau pergantian elektroda.

- Sampai tanda *BUSSY* dan *RUN* stabil.

5. Trial Auto Welding Tanpa Part

Robot dijalankan dalam mode otomatis untuk memastikan:

- *Switching gun* stabil.
- Tidak ada *error*.
- Tidak ada *delay sinyal timer*.

6. Dokumentasi dan Validasi

Setiap tindakan diperiksa kembali melalui *cross-check* dengan supervisor area.

2.5 Instrumen Penelitian

Instrumen meliputi:

- *Checklist* inspeksi kabel.
- Form *monitoring* frekuensi *alarm*.
- Data *robot controller* (*alarm history*, I/O status).

- *Stopwatch* untuk mencatat *delay switching gun*.

2.6 Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan:

- Analisis komparatif, membandingkan frekuensi DTER sebelum dan sesudah tindakan.
- Analisis korelasi kualitatif, melihat hubungan antara kondisi kabel, *encoder*, dan stabilitas *gun*.
- Analisis interpretatif, menafsirkan pengaruh tiap tindakan terhadap keandalan *robot*.
- Validasi silang, memastikan bahwa perubahan frekuensi *alarm* tidak dipengaruhi faktor eksternal lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Faktor Penyebab *Alarm DTER* pada *Robot* FANUC M-900iA

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *alarm DTER* (Data Transfer Error / Dual Timer Error) pada *robot* FANUC M-900iA dengan konfigurasi *multi-gun* sangat dipengaruhi oleh stabilitas sinyal *encoder* dan kualitas konektivitas pada sistem *tool changer*. Berdasarkan observasi lapangan, *alarm DTER* lebih sering muncul pada saat *robot* melakukan perpindahan dari *Gun 1* ke *Gun 2* atau sebaliknya, terutama ketika *robot* mengeksekusi perintah *switching* dengan kecepatan tinggi di mode otomatis.

Dari catatan *alarm controller*, frekuensi kemunculan DTER meningkat secara signifikan ketika *Gun 1* digunakan sebagai primary *welding gun*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa gangguan utama berasal dari jalur sinyal *encoder Gun 1*. Pemeriksaan awal terhadap kabel *encoder* menunjukkan adanya kerusakan minor berupa perubahan fleksibilitas kabel, indikasi penekanan pada beberapa bagian, dan berpotensi mempengaruhi kestabilan pembacaan sinyal posisi.

Selain itu, konektor *encoder* yang terletak di area *tool changer* juga ditemukan memiliki residu debu dan minyak yang dapat meningkatkan resistansi kontak. Hal ini

menyebabkan terjadinya *delay* mikroskopis pada sinyal digital yang dikirimkan menuju *controller*, sehingga memicu sistem mendeteksi ketidaksesuaian waktu transmisi (*dual timer mismatch*). Kondisi lingkungan yang lembap serta getaran mekanis dari proses *welding* juga turut memperburuk stabilitas koneksi.

Analisis historis juga memperlihatkan bahwa *alarm DTER* cenderung muncul pada saat *robot* melakukan pergerakan dengan kecepatan J-motion tinggi. Pada kondisi tersebut, pembacaan *encoder* harus berlangsung dalam waktu sangat singkat. Sedikit perubahan sinyal yang tidak stabil dapat menyebabkan sistem membaca data yang tidak sinkron, sehingga memicu *alarm* sebagai bentuk perlindungan sistem.

Secara keseluruhan, hasil analisis memastikan bahwa penyebab utama munculnya *alarm DTER* pada *robot* ini adalah gangguan sinyal *encoder* pada *Gun 1* yang disebabkan oleh kondisi kabel yang tidak stabil dan koneksi yang kotor. Faktor mekanis seperti pergeseran load *gun* akibat getaran juga memberikan kontribusi, walaupun tidak menjadi penyebab dominan pada kasus ini.

3.2 Efektivitas Proses *Cleaning* dan Pemeriksaan Kabel *Encoder*

Langkah *troubleshooting* pertama yang dilakukan adalah melakukan pembersihan koneksi *encoder* menggunakan *contact cleaner* khusus elektronik. Proses *cleaning* ini bertujuan untuk menghilangkan residu kotoran, minyak, dan potensial oksidasi yang dapat mengganggu kestabilan kontak. Setelah dilakukan *cleaning* menyeluruh, *robot* kembali diuji melalui mode manual dan *switching gun* beberapa kali.

Hasil uji awal menunjukkan bahwa *alarm DTER* masih muncul sesekali ketika *robot* melakukan perpindahan dari *Gun 1* ke *Gun 2*. Meskipun frekuensi *alarm* sedikit menurun dibandingkan sebelum pembersihan, pengurangan ini belum cukup signifikan untuk memastikan bahwa pembersihan koneksi merupakan solusi utama. Kondisi ini menandakan bahwa gangguan bukan hanya

berasal dari koneksi, tetapi juga dari kabel *encoder* itu sendiri.

Pemeriksaan lanjutan pada bagian dalam kabel *encoder* mengindikasikan potensi *internal broken* yang tidak terlihat secara visual. Hal ini umum terjadi pada kabel yang mengalami lipatan berulang, tarikan ringan saat *robot* bergerak, serta paparan temperatur proses *welding* yang menyebabkan isolasi kabel melemah. Ketika kabel mengalami gangguan internal, resistansi jalur sinyal dapat berubah sehingga mengganggu pembacaan posisi *encoder*.

Dengan demikian, proses *cleaning* terbukti belum efektif secara penuh, dan perlu dilanjutkan ke tahap penggantian kabel *encoder* untuk menghilangkan seluruh kemungkinan gangguan.

3.3 Dampak Pergantian Kabel *Encoder* Terhadap Stabilitas Operasi

Penggantian kabel *encoder* *Gun 1* dilakukan dengan kabel baru sesuai standar OEM. Setelah pemasangan, dilakukan verifikasi jalur sinyal dengan memeriksa pembacaan *encoder* saat *gun* bergerak pada kecepatan rendah dan tinggi. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa sinyal yang ditampilkan pada *controller* menjadi stabil tanpa terdapat fluktuasi.

Untuk memastikan hasilnya konsisten, *robot* dijalankan melalui *trial* berulang sebanyak puluhan kali untuk *switching Gun 1 → Gun 2 → Gun 1* dalam mode manual dan otomatis. Selama proses ini, tidak ditemukan lagi *alarm DTER*, baik pada saat *robot* bergerak cepat maupun saat melakukan posisi *welding*.

Robot kemudian diuji dalam kondisi produksi aktual, di mana *robot* menjalankan siklus *welding* dengan beban pergerakan dan kecepatan standar *line*. Selama pengujian ini, tidak ditemukan lagi gangguan sinyal. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggantian kabel *encoder* memberikan dampak sangat signifikan terhadap stabilitas operasi.

Tabel berikut memberikan gambaran perbandingan frekuensi *alarm* sebelum dan sesudah tindakan perbaikan:

Tabel 1. Frekuensi *Alarm DTER* Sebelum Dan Setelah Perbaikan

Keterangan	Sebelum Perbaikan	Setelah Cleaning	Setelah Pergantian Encoder
Alarm per hari	8-15 Kali	2-4 Kali	0 Kali
Gangguan Switching	Sering Gagal	Jarang	Tidak Ada
Stabilitas Sinyal Encoder	Tidak Stabil	Cenderung Stabil	Sepenuhnya
Performan Trial	Gagal	Kadang Sukses	Seluruh Trial Sukses

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa penggantian kabel *encoder* merupakan tindakan yang paling efektif dalam menghilangkan penyebab utama *alarm DTER*.

3.4. Peran *Mastering Ulang* Dalam Menyempurnakan Perbaikan

Setelah penggantian kabel *encoder*, dilakukan proses *mastering ulang* menggunakan parameter:

- *TWSET*
- *CAP_CHNG*
- *CAP_WEAR*

Penggunaan ketiga parameter ini bertujuan mengkalibrasi kembali posisi *robot* dan memastikan referensi posisi *gun* berada pada kondisi ideal. Proses *mastering ulang* ini sangat penting karena perubahan kabel *encoder* dapat menyebabkan perubahan kecil pada titik referensi pembacaan posisi.

Setelah melakukan *mastering ulang*, parameter *BUSSY* dan *RUN* kembali stabil tanpa fluktuasi. *Robot* kemudian diuji kembali melalui *trial otomatis* tanpa part sebanyak puluhan siklus. Seluruh siklus berjalan stabil tanpa adanya *delay sinyal timer* atau indikasi *error sistem*.



Gambar 4. *BUSSY* Dan *RUN* Harus Berwarna Kuning

Mastering ulang terbukti memberikan kontribusi besar dalam meningkatkan akurasi

dan konsistensi pembacaan posisi setelah kabel *encoder* diganti. Dengan demikian, proses ini menjadi bagian penting yang tidak boleh dilewati dalam *troubleshooting alarm DTER*.

3.5 Analisis Akhir Dan Interpretasi Data

Berdasarkan seluruh rangkaian tes dan tindakan perbaikan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penyebab utama *alarm DTER* adalah gangguan sinyal pada jalur *encoder Gun 1*.
2. Pembersihan konektor hanya memberikan perbaikan sebagian.
3. Penggantian kabel *encoder* adalah penyelesaian yang paling efektif.
4. *Mastering ulang* menyempurnakan proses perbaikan dan memastikan akurasi posisi.
5. *Trial auto* tanpa part membuktikan bahwa *robot* kembali stabil tanpa *error* apa pun.

Secara interpretatif, kasus ini menunjukkan bahwa *robot multi-gun* sangat bergantung pada kualitas sinyal *encoder*, khususnya dalam proses *switching*. Sistem proteksi internal FANUC yang sangat sensitif terhadap keterlambatan sinyal menjadikan *robot* menghentikan operasi untuk melindungi aktuator dan part yang sedang dikerjakan. Hal ini sangat baik untuk keselamatan sistem, namun menuntut inspeksi berkala terhadap kabel *encoder*.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa *alarm DTER* pada *robot* FANUC M-900iA terutama disebabkan oleh ketidakstabilan sinyal *encoder* pada *Gun 1* yang berasal dari kabel *encoder* yang mengalami gangguan internal. Proses *cleaning* hanya memberikan perbaikan sebagian, sedangkan penggantian kabel *encoder* secara lengkap terbukti menjadi tindakan paling efektif untuk mengatasi permasalahan ini.

Setelah dilakukan penggantian kabel, *mastering ulang*, serta serangkaian *trial auto* tanpa part, *robot* kembali beroperasi secara stabil tanpa munculnya *alarm DTER*. Temuan ini memberikan bukti bahwa pendekatan

troubleshooting integratif dapat meningkatkan keandalan operasional *robot welding multi-gun* dan mengurangi downtime produksi secara signifikan.

5. SARAN

Beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan untuk pencegahan jangka panjang antara lain:

1. Melakukan inspeksi berkala terhadap kabel *encoder*, terutama pada area yang rawan tertekuk atau terkena panas proses *welding*.
2. Membersihkan konektor secara rutin menggunakan *contact cleaner* khusus elektronik untuk menjaga kualitas sinyal.
3. Melakukan *trial switching gun* minimal satu kali di setiap awal shift untuk mendeteksi gejala awal ketidakstabilan sinyal.
4. Mengganti kabel *encoder* secara preventif jika sudah menunjukkan gejala keausan meskipun belum memicu *alarm*.
5. Menambahkan SOP pengecekan khusus untuk *robot multi-gun*, karena sistem ini lebih rentan mengalami gangguan sinyal dibandingkan *robot single-gun*.
6. Melakukan *mastering* ulang setelah penggantian komponen yang terkait dengan sinyal *encoder* atau referensi posisi.
7. Mengembangkan log *monitoring* internal untuk mencatat pola kemunculan *alarm*, sehingga identifikasi dini dapat dilakukan lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Muhammad Ikhsan Lubis, M. T. Lenny Herawati, S.T., A. Nelly Suryani, S.E., M.A.B., C. Yudha Witanto, S.T., M.T., MBB., M. S. Novianda, S.T., and M. T. Rahmat, S.T., *OTOMASI INDUSTRI Teknologi dan Implementasi*, 1st ed. Malang: Duta Technology, 2025. [Online]. Available: <https://penerbitdutatechnology.com/book/56>
- [2] M. Zhang, H. Liu, and T. Okada, “Industrial robotics automation trends in heavy manufacturing,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 18, no. 5, pp. 5121–5134, 2022.
- [3] Y. Lee, K. Matsumoto, and S. Cho, “Performance analysis of high-payload industrial robots for welding applications,” *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 68, p. 102092, 2021.
- [4] S. Tanaka and H. Murakami, “Tool changing mechanism optimization in multi-gun spot welding robots,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 122011–122020, 2021.
- [5] V. Kumar and P. Singh, “Analysis of position errors in multi-tool robotic welding systems,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 117, pp. 2951–2963, 2022.
- [6] H. Park and J. Ahn, “Timer synchronization issues in robotic welding controllers,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 69, no. 7, pp. 7234–7244, 2022.
- [7] F. Morales, K. Nishimura, and R. Torres, “Noise-induced encoder signal instability in industrial robots,” *Sensors*, vol. 23, no. 4, p. 1982, 2023.
- [8] Rahmat and Isdaryanto Iskandar, “Analisa keretakan material mounting boom hydrolic axcavator merk hitachi ZX-470 LC-3f di PT. Darma Henwa Tbk tambang Asam-asam Kalimantan Selatan,” *J. TESLINK Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 4, no. 2, pp. 124–136, 2023, doi: 10.52005/teslink.v4i2.129.
- [9] A. Rahman and R. S. Gupta, “Impact of

- robotic downtime on production throughput: A case study in automotive welding," *J. Manuf. Syst.*, vol. 63, pp. 431–440, 2022.
- [10] R. Rahmat, "Analisa Kinerja Mesin T-101 Dan TM-660 Pada Proses Mock Up Hot Tapping Pipa LNG," *Ekselenta, J.*, vol. 1, no. 1, pp. 57–63, 2024, doi: DOI: 10.13140/RG.2.2.19364.59522.
- [11] Rahmat, "Evaluasi Keterlambatan Jadwal Pelaksanaan Proyek Konstruksi Pengadaan Pedestal Crane PT. XYZ," *Ekselenta, J.*, vol. 1, no. 2, pp. 6–13, 2025, doi: DOI: 10.13140/RG.2.2.16009.15202.
- [12] K. Yamamoto, M. Kato, and Y. Hirata, "Field diagnostic methodology for welding robot errors using operational data," *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 7, no. 4, pp. 11052–11059, 2022.
- [13] G. Santos and D. Almeida, "Reliability assessment of servo gun mechanisms in multi-spot welding automation," *Robotics*, vol. 11, no. 3, p. 63, 2022.
- [14] P. Müller and T. Becker, "Error frequency analysis in multi-gun robotic spot welding systems," *Procedia CIRP*, vol. 112, pp. 164–170, 2022.
- [15] J. Kang and S. Yoo, "Effect of mechanical wear on servo gun accuracy in automated welding," *Weld. World*, vol. 67, pp. 1451–1464, 2023.
- [16] R. Takahashi, "Fault detection in robotic tool changer systems using signal vibration analysis," *IEEE Sens. J.*, vol. 22, no. 15, pp. 14992–15001, 2022.
- [17] S. Patel, "Synchronization errors in robotic welding due to timing fluctuation," *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, vol. 23, pp. 1001–1013, 2022.
- [18] M. Ishikawa and D. Sato, "Recalibration and mastering procedures to improve robot positional repeatability," *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, vol. 27, no. 6, pp. 5678–5687, 2022.
- [19] A. Oliveira, K. Ramos, and J. Silva, "Integrated troubleshooting model for industrial robotics: encoder, wiring, and mechanical validation," *Machines*, vol. 10, no. 12, p. 1105, 2022.
- [20] M. Natawibawa, R. Rahmat, J. Imron, and D. A. Putra, "Kaji Experimental AC Residensial Inverter Untuk Menjadi Solusi AC Hemat Energi," vol. 10, no. 8, pp. 6006–6014, 2025.
- [21] S. Slamet, Rahmadi, R. D. Mahendra, Z. Muttaqin, A. heri Kuswanto, and Rahmat, "Pemanfaatan Angin Outdoor AC Sebagai Penggerak Turbin Hybrid Slamet," *J. Ekselenta-Jurnal Ilm. Fak. Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2025.