



Proses *Quality Control Product Drag Link* pada Kendaraan Roda Empat di PT. Indo Integral Sekawan

Aqil Achmad Fadilah

Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: aqilaf156@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada proses *Quality Control* komponen *Drag Link* di PT. Indo Integral Sekawan, perusahaan manufaktur di bidang otomotif. Studi ini menyelidiki penerapan sistem Kontrol Kualitas yang kuat, yang mencakup pemilihan bahan baku, inspeksi selama produksi, dan proses pengepakan. Namun, analisis mengungkapkan bahwa terlepas dari sistem yang efektif, tantangan tetap ada dalam mempertahankan standar kualitas yang konsisten. Tingkat cacat 2% diidentifikasi, dengan cacat umum termasuk inkonsistensi dimensi dan cacat permukaan. Studi ini menyarankan peningkatan prosedur kontrol kualitas melalui pelatihan operator yang lebih komprehensif dan proses inspeksi yang lebih menyeluruh. Perbaikan ini bertujuan untuk mengurangi cacat dan memperkuat posisi kompetitif PT. Indo Integral Sekawan di pasar suku cadang otomotif. Penelitian ini menyoroti perlunya peningkatan kualitas berkelanjutan dan menawarkan rekomendasi yang dapat ditindaklanjuti untuk mengoptimalkan praktik kontrol kualitas dalam industri manufaktur, terutama untuk komponen otomotif seperti *Drag Links*.

Kata kunci: kontrol kualitas; drag link; alat bantu inspeksi.

Abstract

This research focuses on the Quality Control process for Drag Link components at PT. Indo Integral Sekawan, a manufacturing company in the automotive sector. The study investigates the implementation of a robust Quality Control system, which includes the selection of raw materials, inspection during production, and the packing process. However, the analysis reveals that despite the effective system, challenges remain in maintaining consistent quality standards. A defect rate of 2% was identified, with common defects including dimensional inconsistencies and surface defects. The study suggests enhancing quality control procedures through more comprehensive operator training and a more thorough inspection process. These improvements aim to reduce defects and strengthen PT. Indo Integral Sekawan's competitive position in the automotive parts market. This research highlights the need for continuous quality improvement and offers actionable recommendations to optimize quality control practices within the manufacturing industry, particularly for automotive components such as Drag Links.

Keywords: quality control; drag links; inspection jig.

PENDAHULUAN

Drag Link adalah salah satu komponen dalam sistem kemudi pada kendaraan bermotor, terutama pada mobil. Fungsinya untuk menghubungkan dua bagian atau komponen lain dalam sistem kemudi untuk mentransfer gerakan dari stir kabin ke roda-roda kendaraan (Bouhouche et al., 2015). *Drag Link* fungsinya sangat penting dalam menjaga stabilitas dan kontrol kendaraan selama berkendara.

PT. Indo Integral Sekawan, merupakan perusahaan yang memproduksi alat-alat atau *part automobile* dan *service equipment production* yang terletak di daerah Cikarang Barat, Bekasi. Sejarah perusahaan tersebut dimulai dengan adanya inisiatif dari pemilik. Sehingga dapat ide untuk membangun Perusahaan PT. Indo Integral Sekawan. Awal mula perusahaan ini di bangun pada tahun 2007. Kualitas produk merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi daya saing industri manufaktur di pasar global. Dalam industri otomotif, terutama pada komponen penting seperti *Drag Link*, kualitas sangat menentukan keselamatan dan kenyamanan kendaraan. Oleh karena itu, penting bagi produsen untuk menjaga standar

kualitas yang ketat guna memenuhi harapan konsumen dan mematuhi regulasi industri yang semakin ketat (Chen et al., 2025).

Penelitian ini menawarkan pendekatan baru dalam menganalisis efektivitas sistem Quality Control pada produk Drag Link, dengan fokus pada penggunaan Inspection Jig sebagai alat bantu dalam proses inspeksi. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya pelatihan operator dan pemeriksaan lebih ketat untuk meningkatkan konsistensi kualitas produk (Kumar & Vaishya, 2018).

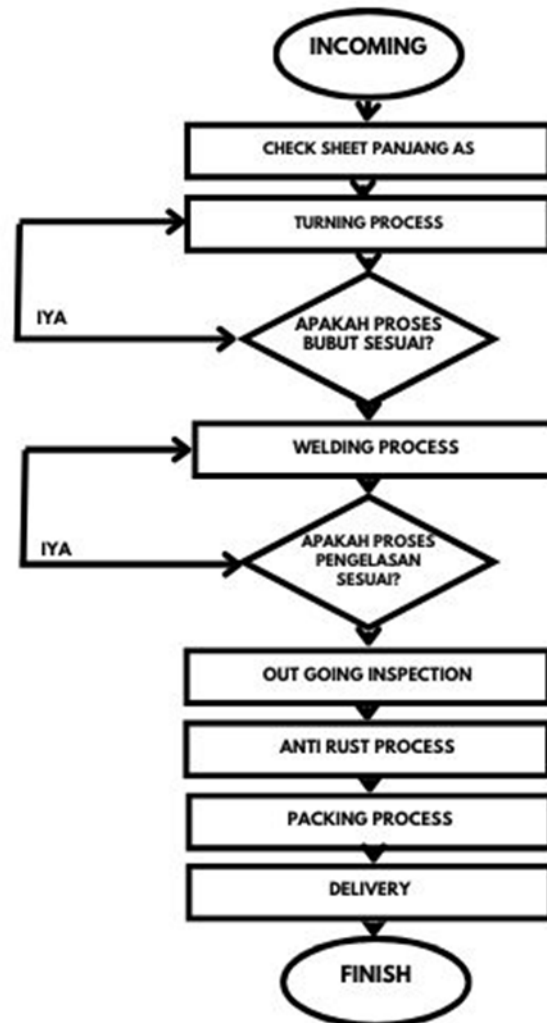
Mengingat peran penting Drag Link dalam sistem kemudi kendaraan, kualitas komponen ini sangat vital untuk menjaga keselamatan pengendara (Scislo, 2023; Wang et al., 2024). Dengan adanya tantangan dalam konsistensi kualitas, perusahaan perlu segera melakukan langkah-langkah perbaikan guna mengurangi tingkat cacat yang berpotensi merugikan perusahaan dan merusak reputasi di pasar (Elhendawy & El-Taybany, 2025; Feng et al., 2017; Gonçalves et al., 2023; Ismail et al., 2021).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis proses Quality Control pada produksi Drag Link di PT. Indo Integral Sekawan dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi konsistensi kualitas produk. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi peningkatan prosedur Quality Control yang dapat mengurangi tingkat cacat dan meningkatkan daya saing perusahaan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik bagi PT. Indo Integral Sekawan maupun industri manufaktur secara umum. Bagi perusahaan, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam meningkatkan kualitas produk dan memperkuat posisi di pasar. Bagi industri otomotif, penelitian ini memberikan wawasan tentang pentingnya perbaikan berkelanjutan dalam proses Quality Control untuk menjaga standar kualitas komponen.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus yang dilakukan di PT. Indo Integral Sekawan. Penelitian ini menggabungkan teknik observasi langsung terhadap proses produksi Drag Link, wawancara dengan operator dan manajer QC, serta analisis data cacat produk untuk mengidentifikasi penyebab utama ketidaksesuaian kualitas. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan pendekatan kualitatif untuk menggali lebih dalam tantangan dalam penerapan standar kualitas.



Gambar 1. Diagram Alir

Metode penelitian ini akan menjelaskan beberapa tahapan proses produksi part Drag Link di PT. Indo Integral Sekawan, dimulai dengan proses *Incoming*, yang merupakan tahap awal untuk menerima bahan material atau komponen yang dikirim oleh customer. Selanjutnya, pada tahap *Check Sheet Panjang As*, dilakukan pengecekan diameter dan panjang as Drag Link yang diterima menggunakan gauge. Pada tahap *Turning Process*, dilakukan pembubutan ujung as menggunakan mesin CNC Bubut dengan ukuran $\varnothing 12.4$, sementara panjang as yang ditargetkan adalah 260 ± 0.5 mm.

Proses berikutnya adalah *Welding Process*, di mana PT. Indo Integral Sekawan menggunakan mesin automation welding Gas Metal Arc Welding atau Mesin Welding Rotary untuk menyambungkan komponen socket dan as drag link secara semi otomatis. Setelah itu, dalam tahap *Out Going Inspection*, dilakukan pengecekan visual dengan mengukur panjang spanner L/R, panjang sisa las, dan pitch. Kemudian, pada tahap *Proses Anti Rust*, dilakukan

pengolesan anti rust untuk mencegah karat pada part drag link. Selanjutnya, pada tahap *Packing Process*, part drag link dipacking ke dalam box berukuran 665 mm X 330 mm X 100 mm, dengan isi 10 pcs per box. Proses terakhir adalah *Delivery*, di mana produk yang telah diproses dikirim ke customer menggunakan mobil pick-up.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Incoming

Part drag link seperti Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 yang dikirim oleh pihak *customer* berupa As yang terbuat dari bahan S25C dan *Socket* S45C diterima oleh pihak operator di PT. Indo Integral Sekawan.



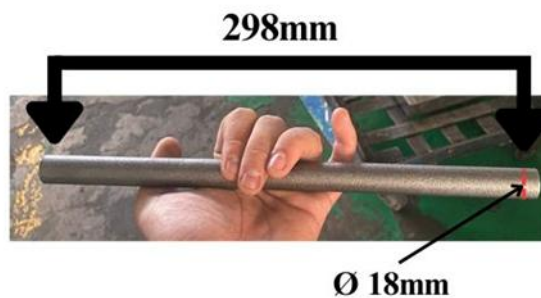
Gambar 1 As



Gambar 2. Socket

Check Sheet Panjang As

Pengecekan panjang as menggunakan *Gauge* Panjang seperti Gambar 3.7 harus sesuai dengan surat jalan yang ditetapkan oleh pihak perusahaan atas persetujuan *customer*.



Gambar 3. Panjang As Dan Diameter As

Turning Process

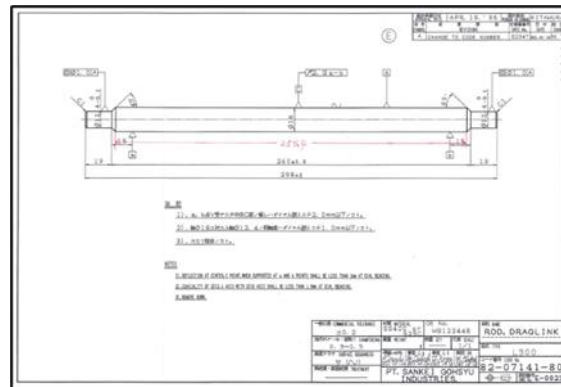
Melakukan proses pembubutan ujung as menggunakan mesin CNC Bubut dengan ukuran yang telah dilakukan yaitu Ø 12.4. Sementara ukuran Panjang as nya yaitu 260 ± 0.5 mm. Dan dibawah ini tahapan melakukan *Turning Process* diantaranya :

1. Proses OP 1

Tahapan proses pembubutan ujung As ada beberapa langkah, yaitu :

a. Siapkan *drawing* produk

Drawing Produk ini berbentuk 2D di desain menggunakan *software AutoCad*.



Gambar 4. Gambar Teknik Yang Akan Di Bubut

b. Siapkan Alat Ukur Dan Gauge

- *Hasami gauge*

Pada Gambar 3.6 yaitu alat ukur *Hasami Gauge* yang nantinya digunakan untuk mengukur diameter As setelah proses pembubutan.



Gambar 5. *Hasami Gauge*

- *Gauge Panjang*

Pada Gambar 3.7 yaitu *Gauge Panjang*, fungsi nya untuk melakukan pengukuran hasil pembubutan As. Jika As pas dengan ukuran *Gauge Panjang*, Produk As dinyatakan OK.



Gambar 6. *Gauge Panjang*

c. Siapkan mesin yang akan proses as *draglink*.

Mesin pada Gambar 3.8 yaitu untuk proses pembubutan As. *Type* Mesin tersebut yaitu *CNC Lathe Machine LIOUY HSING CNC-20L*.



Gambar 7. Mesin CNC Bubut

d. Siapkan produk yang akan diproses

Produk ini yaitu berupa batang *Drag Link* atau As *Drag Link* yang nantinya akan dilakukan proses pembubutan. Pada Gambar 3.9 itu contoh As *Drag Link*.

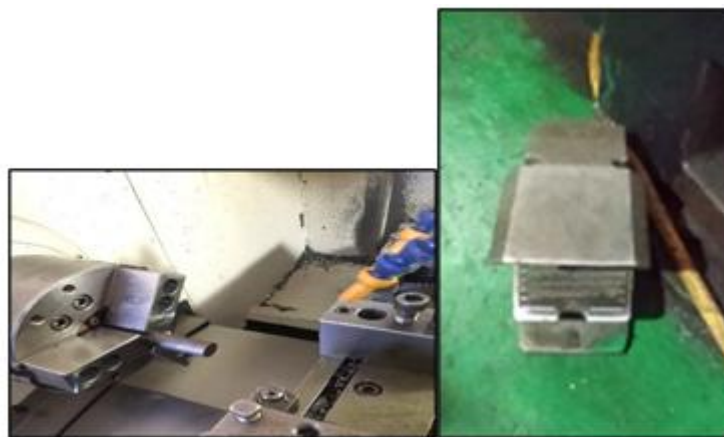


Gambar 8. As Drag Link

e. Pasangkan produk pada mesin kemudian tekan *footswitch* untuk mengunci *chuck*.

As akan di pasangkan ke Chuck dengan cara menginjak handle Footswitch.

f. Tutup pintu dan tekan tombol *start*



Gambar 9. Penguncian Chuck As dan Footswitch

Menutup pintu mesin CNC ini prosedur utama ketika melakukan proses pembubutan untuk meminimalisir Geram dan cairan *Coolant* yang keluar dan mengakibatkan kotor di area luar mesin.



Gambar 10. Panel Box

g. Proses pembubutan selesai

Lampu indikator akan menyala kuning, buka pintu dan lepaskan produk dari mesin dengan menekan *footswitch*.



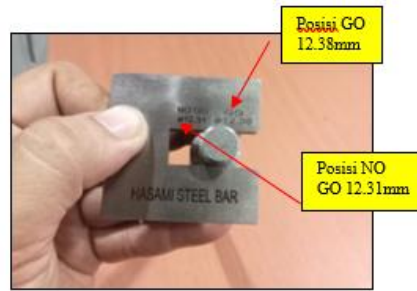
Gambar 11. Kunci Chuck



Gambar 14. Lampu Indikator

h. Pengecekan hasil pembubutan menggunakan *Hasami Gauge*

Proses pengukuran menggunakan *Hasami Gauge* yang telah ditetapkan oleh Perusahaan, dimana posisi GO adalah 12,38 mm. sedangkan posisi NO GO adalah 12.31



Gambar 15. Pengukuran As Yang Telah Di Bubut

Pengecekan diameter As dan Panjang As yang terlihat pada Gambar 3.16 itu proses pengukuran setelah proses bubut menggunakan Gauge Panjang dan ukuran nya pun telah ditentukan oleh perusahaan.



Gambar 16. Pengecekan Diameter Menggunakan Gauge Panjang

Welding Process

Proses pengelasan di PT. Indo Integral Sekawan ini menggunakan mesin *automation welding Gas Metal Arc Welding* atau Mesin *Welding Rotary*. Dimana proses ini untuk menyambungkan dua komponen antara *socket* dan As *drag link* secara semi otomatis. Dan dibawah ini tahapan-tahapan proses pengelasan pada *draglink* diantaranya :

1. Cek kondisi mesin sesuai dengan parameter *setting*.

Sebelum melakukan pengelasan, tahap pertama yaitu terlihat pada Tabel 3.1 yaitu settingan parameter mesin pengelasan.

Tabel 1. <i>Parameter Setting</i>					
NO	PARAMETER		VALUE SPESIFICATION		UNIT
			MACHINE LEFT	MACHINE RIGHT	
1	Control Atas (Speed Wire)	Current	180~190 (Target 190 A)	190~200(Target 190 A)	AMPERE
2		Voltage	25	25	VOLT
3	Control Bawah (Stabilizer Control)	Current	190	200	AMPERE
4		Voltage	25	25	Volt
5	Wire Type		ENKA AWS A5 18-ER70 S-6		
6	Wire Diameter		0.8		
7	Speed Rotary		3		
8	Distance Of Welding		3~5		
9	Pressure Gas CO 2		10~11		
10	Rotary		0°-337°		
					Sensor Laser

Berdasarkan Tabel diatas menjelaskan settingan parameter pengelasan yang telah ditetapkan di perusahaan.

2. Siapkan produk yang akan diproses (as *drag link* dan *socket*)

Produk yang dimaksud yaitu As *Drag Link* dan *Socket Drag Link* yang akan di las



Gambar 17. As Drag Link Dan Socket Drag Link

3. *Assembling*

Proses ini penyambungan dua *part* antara *socket* dan as sebelum proses *welding* dengan memasukkan ujung rod yang telah dibubut pada lubang *socket*.



Gambar 18. *Assembly Drag Link*

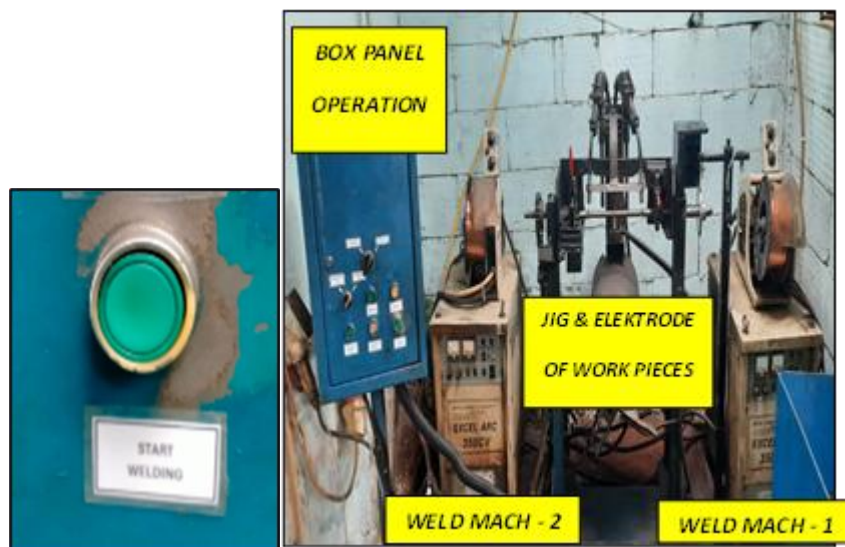
4. Pasang produk pada dudukan mesin dan pasang produk pada jig sebelah kiri terlebih dahulu

Masukkan lubang *socket* produk pada dudukan mesin sebelah kiri terlebih dahulu (posisi vertikal). lalu dorong produk dan masukkan lubang *socket* produk pada dudukan sebelah kanan (posisi horizontal). Dorong tuas pengunci sebelah kiri lalu tekan pengunci sebelah kanan. pastikan ujung pengunci menekan socket dengan rapat pada dudukan mesin.



Gambar 19. Input Part Ke Mesin Pengelasan

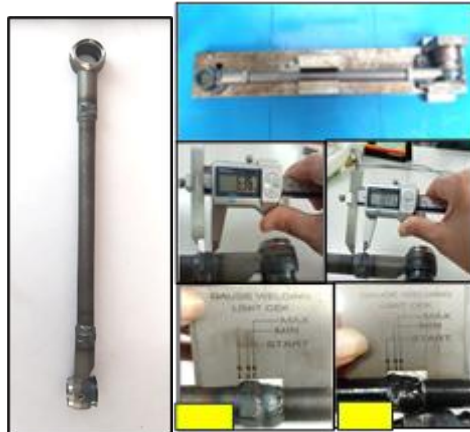
5. Setelah pengecekan mesin selesai, tekan tombol *start* yang dapat dilihat di Gambar 3.20 untuk melakukan proses *welding*



Gambar 20. Panel *Box Welding*

6. Lepaskan produk *after welding* dari dudukan jig. cek visual dan dimensi hasil *welding* menggunakan *gauge* dan *spesial calliper*

Produk tidak boleh terbentur saat produk dilepas dari jig. Visual hasil *welding* merata dan tidak berlubang. Dimensi panjang *spanner*, panjang hasil las, kecenteran dan panjang produk sesuai standar. Catat hasil inspeksi ke dalam *ceksheet* proses sesuai *interval* yang ditetapkan



Gambar 21. Pengecekan Visual

7. Tempatkan produk *finish good* pada area OK

Masukan produk OK cek pada rak pendingin dengan *quantity* 10 pcs/rak. Setelah *part* dingin atau proses *welding* selesai. Pindahkan produk ke box *packing* sesuai standar *packing*. Simpan produk *finish good* pada area yang telah disiapkan.



Gambar 22. Area OK



Gambar 23. Area NG

- a. proses *repair* atau dikembalikan ke customer beserta lampiran *checksheet* produksinya.

Out Going Inspection

a. *Check Sheet Visual*

Check sheet visual memastikan *part draglink* tidak *burry*, karat, dan cacat. Contoh hasil pengelasan.



Gambar 24. Hasil Pengelasan

b. Pengukuran panjang *spanner* L/R dan panjang sisa las

Standar pengukuran *spanner* min 3.8 mm max 7 mm, sedangkan ukuran panjang sisa las min 10 mm.



Gambar 25. Pengukuran Hasil Pengelasan

c. *Pitch*

Cek ke centeran *draglink* menggunakan *Pitch* dan memastikan kecenteran *Gauge* 100%.



Gambar 26. Cek Pitch

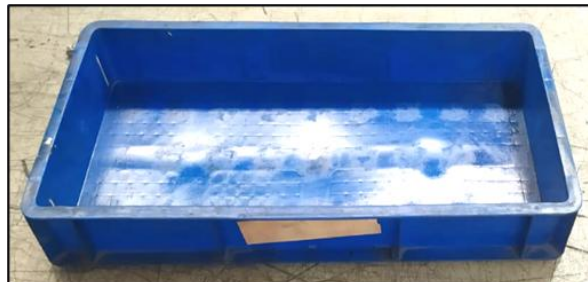
Process Anti Rust

Setelah proses welding dilakukan, *part draglink* akan diolesi menggunakan oli anti karat Tribos EPX 10

Packing Process

a. *Standart Packing*

Box Packing yang biasa digunakan untuk *packing* yang akan dikirim ke *customer*.



Gambar 27. Box Packing

Deskripsi :

Nama Box : Polybox
Ukuran Box : 665 mm X 330 mm X 100 mm
Warna Box : Biru
Jumlah Part/Box : 10 Pcs/Box

b. Box Penuh

Pada Gambar 3.28 terdapat part Drag Link yang siap kirim ke customer dan setiap box berisikan 10 pcs/box.



Gambar 28. Box Penuh

c. Tag Box.

Setiap box ada part tag yang berisi; 1) *Product Name*. 2) *Type*. 3) *Drawing No/Part No*. 4) *Lot No*. 5) *Quantity*

Delivery

Tahapan proses terakhir yaitu *Delivery* yaitu mengirim pesanan kepada *customer* menggunakan transportasi mobil *Pick Up* Grand Max.



Gambar 29. Mobil *Pick Up*

Inspection Jig Gauge

Inspection Jig Gauge adalah inti dari pembahasan yaitu alat bantu yang digunakan dalam proses produksi untuk mempermudah dan mempercepat pengukuran atau pemeriksaan komponen. Alat ini dirancang khusus untuk produk *Drag Link* di PT. Indo Integral Sekawan.

Tabel 2. Intruksi Kerja Inspection Jig Dan Gauge Pada Drag Link

No	Prosedur Kerja	Gambar Kerja	Waktu	Penggunaan
1	Pengecekan hasil proses bubut menggunakan hasami		5 detik	Masukan <i>shaft draglink</i> yang sudah dibubut ke Go No Go , apabila <i>shaft stop</i> dibagian Go (Ø12.38 mm) maka <i>shaft</i> OK dan jika <i>shaft</i> masuk kebagian NoGo (Ø12.31 mm), <i>shaft</i> tersebut NG
2	Pengecekan panjang <i>shaft</i> menggunakan <i>Gauge Shaft Draglink</i>		5 detik	Masukan <i>shaft</i> bubut yang telah di bubut 2 sisi ke <i>Gauge shaft draglink</i> , Apabila <i>shaft</i> masuk maka <i>shaft</i> OK, jika <i>shaft</i> tidak masuk maka barang harus di <i>repair</i> .
3	Atur jarak dan kelurusan <i>stand</i> beserta <i>wire</i> menggunakan <i>jig centering</i>		30 detik	Atur jarak posisi stand beserta menggunakan <i>Jig Centering</i> kekiri atau kekanan sesuai <i>settingan</i> parameter standar Untuk menggeser <i>stopper</i> , gunakan kunci pas 17 dengan memutar keatas/kebawah <i>stopper</i> sampai <i>stand</i> dan <i>wire</i> sesuai <i>settingan</i> standar.
4	Cek ketinggian <i>wire</i> menggunakan <i>height wire gauge</i>		5 detik	Tempelkan <i>Height wire gauge</i> pada <i>shaft draglink</i> , dorong ke arah soket sampai <i>spanner socket</i> masuk pada ujung <i>Gauge</i> , Kemudian atur ketinggian <i>wire</i> sampai hampir menyentuh ketinggian <i>limit setting</i> ketinggian <i>wire</i> pada <i>gauge</i> .
5	Cek kelurusan dan jarak <i>shaft after welding</i> menggunakan <i>Jig Centering Draglink</i>		5 detik	1. Masukan <i>shaft draglink</i> bagian sisi L pada <i>jig L</i>, kemudian Masukan bagian sisi yang R. 2. Pastikan posisi <i>socket</i> rapat dengan <i>jig</i> dan tidak miring 3. Lakukan pengecekan secara bolak balik.

6	Cek jarak supana terhadap hasil pengelasan menggunakan <i>gauge welding</i>	5 detik	Tempelkan <i>gauge welding</i> di area sudut supana pada <i>socket draglink</i> , kemudian sentuhkan area <i>start gauge</i> ke sudut supana. Jika area supana berada di dalam garis antara maksimal atau minimum maka produk OK (STD = Min 3.8 mm, Max 7.5 mm). Jika area supana diluar garis antara maksimal dan minimum maka produk NG.
---	---	---------	--



Analisa

Pada proses *Quality Control part Drag Link* ditemukan beberapa tantangan dalam konsistensi penerapan standar kualitas. Jenis cacat yang paling umum adalah ketidaksesuaian dimensi dan cacat permukaan, dan juga perubahan antar shift dan kurangnya pelatihan operator.



Gambar 30. Pengukuran Hasil Pembubutan

Cacat pada proses pembubutan diameter ujung as yaitu *shaft stop* dibagian *go* ($\varnothing 12.38$ mm) maka *shaft ok* dan jika *shaft* masuk kebagian *no go* (12.31 mm), *shaft* tersebut NG. Hal ini disebabkan beberapa kesalahan yaitu getaran mesin yang mengakibatkan meja mesin tidak stabil dan mengakibatkan akurasi pembubutan tidak stabil. Solusinya yaitu pemeriksaan kondisi mesin, kalibrasi mesin dan persiapan alat potong secara berkala (Ngo et al., 2025).



Gambar 31. Pengukuran Hasil Pengelasan

Tidak hanya itu, cacat produk yang lainnya yaitu cacat pada pengelasan, dimana hasil pengelasan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan yaitu hasil *welding draglink* sesuai dengan gauge yang dibuat batas minimum 3,8 mm dan maksimal 7.5 mm. Hal ini disebabkan parameter pengelasan tidak tepat seperti arus las, tegangan dan perbedaan material yang mengakibatkan cacat pada pengelasan. Solusinya yaitu dengan cara menyesuaikan parameter pengelasan yang mempengaruhi hasil pengelasan (Peres et al., 2019; Rana et al., 2020; Saif et al., 2024).



Gambar 12. Box Repair dan Box NG

Produk NG akan dilakukan proses pengecekan visual untuk mengidentifikasi cacat seperti ketidaksesuaian dimensi. Dan ketika hasil pengelasan terlihat tidak sesuai dengan standar perusahaan akan dilakukan proses *repair* dengan cara penggerindaan untuk menghilangkan cacat tersebut. Dan juga akan melakukan proses pengelasan ulang untuk memperbaiki cacat tersebut.

Ketika produk yang sudah dinyatakan NG atau tidak bisa dilakukan proses *repair*, akan dikembalikan ke customer ditempatkan pada area yang telah ditetapkan yang dapat dilihat di Gambar 4.3 dan dilampirkan *copy ceksheet* produksinya (Yang et al., 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Quality Control pada pengukuran dimensi/diameter, dari 250 produk yang dinyatakan OK, rata-rata terdapat 5 produk yang dinyatakan NG. Pada proses pengelasan, ditemukan bahwa parameter pengelasan tidak sesuai dan jenis material yang digunakan berbeda, yang menyebabkan cacat pada hasil pengelasan. Ujung as yang dinyatakan NG akan dikembalikan ke customer dengan lampiran salinan checksheet. Jika hasil pengelasan tidak sesuai dengan spesifikasi dimensi, dapat dilakukan proses perbaikan dengan penggerindaan dan pengelasan ulang.

Berdasarkan penelitian selama kegiatan Kerja Praktik di PT. Indo Integral Sekawan, disarankan untuk melakukan penyempurnaan prosedur Quality Control dengan mengkalibrasi mesin CNC bubut secara berkala agar menghasilkan ukuran diameter bubut yang sesuai. Selain itu, proses QC pengelasan harus menyesuaikan parameter dan memperhatikan jenis material yang akan dilas. Saran ini diharapkan dapat meningkatkan konsistensi kualitas produk Drag Link dan mengurangi tingkat cacat, sehingga dapat memperkuat posisi kompetitif PT. Indo Integral Sekawan di pasar komponen otomotif.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouhouche, S., Ziani, S., Mentouri, Z., & Bast, J. (2015). Uncertainty estimation of mechanical testing properties using sensitivity analysis and stochastic modelling. *Measurement*, 62, 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.10.036>
- Chen, Y., Wang, X., & Zhang, L. (2025). A review of algorithms for surface defect detection in welds based on machine learning. *Expert Systems with Applications*, 238, 121850. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121850>
- Elhendawy, G. A., & El-Taybany, Y. (2025). Machine vision-assisted welding defect detection system with convolutional neural networks. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 26, 3185-3194. <https://doi.org/10.1007/s12541-025-01281-y>
- Feng, S., Kramer, T., Horst, J., Hedberg, T., & Barnard, A. (2017). Developing an activity model for selecting dimensional-metrology systems in inspection planning. *ASME 2017 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. <https://doi.org/10.1115/DETC2017-67476>
- Gonçalves, L. S., Campilho, R. D. S. G., & Prakash, C. (2023). Development of quality assurance system in the automotive industry. *Advances in Science and Technology*, 132, 43-52. <https://doi.org/10.4028/p-eGV8t9>
- Ismail, M., Mostafa, N., & El-Assal, A. (2021). Analysis of quality control efficiency in the automotive industry. *Procedia Computer Science*, 180, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.121>
- Kumar, M., & Vaishya, R. (2018). Real-time monitoring system to lean manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 20, 135-140. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.020>
- Ngo, T. H., Tang, H. M. Q., & Diep, Q. B. (2025). Weld-CNN: Advancing non-destructive

- testing with a hybrid deep learning model for weld defect detection. *Journal of Advances in Manufacturing Engineering*, 1(1), 1-15. <https://doi.org/10.1177/16878132251341615>
- Peres, R. S., Barata, J., Leitão, P., & Garcia, G. (2019). Multistage quality control using machine learning in the automotive industry. *IEEE Access*, 7, 79908-79916. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2923405>
- Rana, M., Zhang, X., & Akher, S. A. (2020). Determination of factors and quality control of car painting based on FMEA and SPC. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 37(6/7), 976-998. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2019-0315>
- Saif, Y., Yusof, Y., Rus, A. Z. M., Ghaleb, A. M., Mejjaouli, S., Al-Alimi, S., Didane, D. H., Latif, K., Abdul Kadir, A. Z., Alshalabi, H., & Sadeq, S. (2024). On-machine dimensional inspection: Machine vision-based approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 130(7-8), 3425-3442. <https://doi.org/10.1007/s00170-024-13081-1>
- Scislo, L. (2023). Single-point and surface quality assessment algorithm in continuous production with the use of 3D laser doppler scanning vibrometry system. *Sensors*, 23(3), 1263. <https://doi.org/10.3390/s23031263>
- Wang, Y., Zhang, X., & Chen, L. (2024). Hybrid rule-based classification and defect detection system using insert steel multi-3D matching. *Electronics*, 14(23), 4701. <https://doi.org/10.3390/electronics14234701>
- Yang, F.-S., Ho, C.-C., & Chen, L.-C. (2021). Automated optical inspection system for O-ring based on photometric stereo and machine vision. *Applied Sciences*, 11(6), 2601. <https://doi.org/10.3390/app11062601>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License