

Analisis Kegagalan Proses Pengelasan Standar Motor menggunakan Metode FMEA dan FTA serta Pemodelan menggunakan Solid Works

Eka Taufiq Firmansjah, Iwan Agustiawan, Muhammad Zharfan Prihandoko

Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124

e-mail : ekatf@itenas.ac.id

ABSTRAK

Standar samping sepeda motor adalah salah satu komponen pada sepeda motor, yang berfungsi untuk menopang saat kendaraan tidak dipakai. Pembuatan standar samping ini melewati beberapa proses permesinan salah satunya adalah pengelasan. Meskipun pengelasan menggunakan robot, terdapat beberapa kendala yang menimbulkan cacat-cacat pengelasan. Cacat pengelasan berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las. Tegangan pada tiga tipe cacat sambungan las yang paling dominan yaitu tidak menutupi seluruh jalur pengelasan, berlubang, dan tidak berada pada jalur pengelasan dimodelkan, dianalisis dan dibandingkan dengan hasil pengelasan normal. Beban yang diberikan pada standar samping yaitu dengan beban dua orang di atas motor sebesar 873 N, memberikan hasil 216,8 MPa pengelasan normal, 470,7 MPa cacat tidak berada pada jalur pengelasan, 530,6 MPa cacat berlubang dan 540,6 MPa cacat tidak menutupi seluruh jalur pengelasan. Terhadap ketiga jenis cacat tersebut dilakukan analisis kegagalan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan didapatkan beberapa mode kegagalan dengan nilai Risk Priority Number (RPN) dimana meja jig goyang (343) merupakan nilai RPN tertinggi dan menjadi prioritas untuk dicari akar permasalahannya menggunakan metode Failure Tree Analysis (FTA). Hasilnya, diperoleh basic event yaitu: Kurang pengawasan dari leader, Operator tidak mengecek secara berkala saat menggunakan mesin, Tidak dilakukan penambahan air pressure tank saat mesin yang berada pada perusahaan tersebut bertambah banyak.

Kata kunci: Standar samping, Solid Works, FMEA, FTA., Kegagalan pengelasan.

ABSTRACT

The side stand of the motor is one of the components on the motor, to support it when not in use. The manufacturing process goes through the welding process using a robot and there are several obstacles, causing welding defects. Type of defect that analyzed is the type that affects the strength of welding. Modeling three most dominant defects is made: miss weld, holed weld, less weld and normal weld as a comparison. The load given to the side stand is with a load of two people on a motor 873 N, the results 216.8 MPa normal welding, 470.7 MPa miss weld, 530.6 MPa holed weld and 540.6 MPa less weld. Three types of defects were analyzed using Failure and Effect Analysis (FMEA) and obtained several failure modes with a Risk Priority Number (RPN) value where the unstable jig table (343) was the highest RPN value and became a priority to find the root of the problem using the Failure Tree Analysis (FTA). The result show basic event: Lack of supervision from the leader, Operators do not check periodically when using the machine, No additional air pressure tanks are made when the machines in the company increase.

Key Word: Side stand, Solid Works, FMEA, FTA., Welding failure.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara dengan penduduk yang sangat banyak, yaitu mencapai 280 juta penduduk (informasi dari Wikipedia per Mei 2023). Sebagian besar dari warga nya memilih dan atau memiliki transportasi sepeda motor. Karena itu Indonesia merupakan pangsa pasar dan tempat yang cocok untuk lokasi banyak produsen sepeda motor. Agar bisa bertahan dalam persaingan sesama pabrik motor, maka tiap produsen harus bisa memproduksi sepeda motor seefisien mungkin. Mereka harus menerapkan *Total Quality Management (TQM)* dimana isinya adalah peningkatan berkelanjutan (*continuous improvement*) pada produksi suatu produk dan layanan terhadap konsumen, serta pemenuhan akan kepuasan konsumen (*customer satisfaction*) terhadap produk dan layanan tersebut [1]. Produksi komponen sepeda motor tidak lepas dari bidang yang harus diaplikasikan TQM. Karena jika pada produksi komponen terjadi *defect/cacat*, maka akan menimbulkan biaya tambahan baik itu penambahan bahan maupun biaya perbaikan (*rework*). Pada akhirnya biaya (*cost*) ini akan menurunkan daya saing dari produk sepeda motor itu sendiri.

Pada penelitian ini komponen yang dijadikan obyek penelitian adalah produksi dari standar samping sepeda motor, khususnya bagian proses pengelasan. Standar samping sepeda motor merupakan komponen yang memiliki peranan cukup penting, yaitu untuk menopang sepeda motor saat tidak digunakan. Sering kali orang-orang menduduki motor saat diparkirkan menggunakan standar samping. Kebiasaan ini dapat membuat standar samping dapat terdeformasi atau bahkan jika terdapat pengelasan yang kurang sempurna dapat patah terutama pada bagian sambungan las. Pembuatan standar samping ini melalui proses-proses produksi seperti pemilihan bahan, pemotongan bahan, *bending*, pengelasan, dan *inspection*. Meskipun proses pengelasan dilakukan menggunakan robot, ternyata hasil pengelasan tidak lepas dari cacat produksi yang berupa sambungan las tidak sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Hal ini mengakibatkan cacat pada sambungan las yang membuat *komponen* standar samping ini menurun kekuatannya. Oleh karena itu dilakukan pemodelan cacat pengelasan menggunakan Solid Works, kemudian dianalisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dan dicari akar permasalahannya menggunakan metode *Failure Tree Analysis* (FTA).

FMEA adalah alat/cara untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan kegagalan suatu produk baik itu dari segi rancangannya, proses produksinya maupun efek pada fungsi dan keandalannya. Alat ini sudah sering digunakan banyak peneliti contohnya penelitian tentang analisis kegagalan proses insulasi *automotive wire* [2]. Bahkan peneliti lain menambah metode tambahan, yaitu FTA, untuk memperoleh akar permasalahan penyebab kegagalan yang terjadi [3][4].

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui penyebab kegagalan dominan yang dihasilkan dari proses pengelasan menggunakan robot ini, kemudian diambil tiga cacat dominan yang akan dibuat pemodelannya menggunakan Solid Works, apakah benar mempengaruhi kekuatan pengelasannya setelah itu dianalisis menggunakan metode FMEA dan dicari akar permasalahannya dengan metode FTA.

Penelitian ini berfungsi untuk mengetahui apakah tiga jenis cacat dominan tersebut benar mempengaruhi kekuatan pengelasannya atau tidak, jika memang mempengaruhi kekuatannya maka akan dianalisis menggunakan metode FMEA untuk mendapatkan mode kegagalan yang menyebabkan cacat tersebut terjadi. Mode kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi akan dicari akar permasalahannya dengan metode FTA, agar mode kegagalan tersebut intensitas terjadinya berkurang atau bahkan tidak ada lagi.

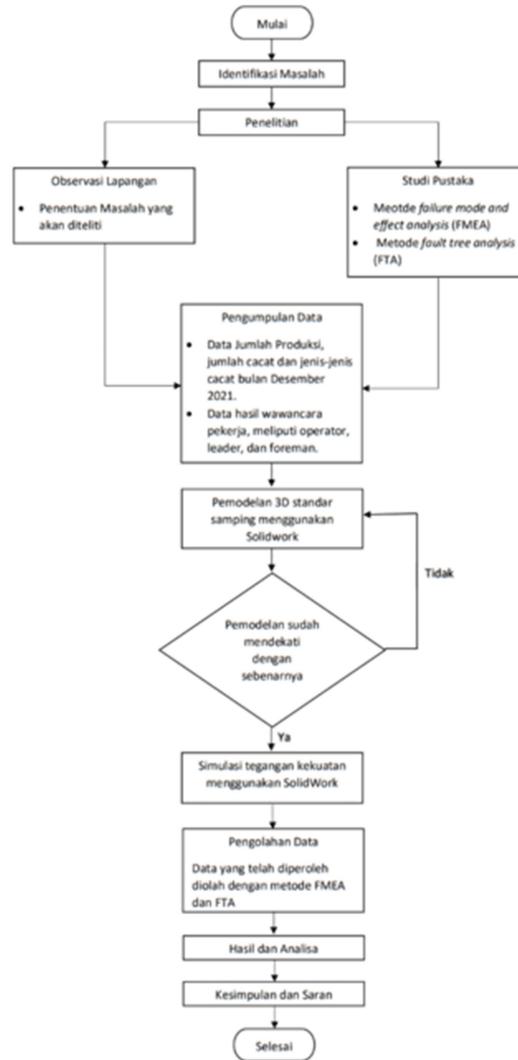
Akan lebih baik lagi jika hasil FMEA dan FTA pada penelitian ini, dibuktikan dengan menguji kekuatan atau tegangan pada sambungan las standar sepeda motor, baik yang proper maupun yang *defect*. Biasanya untuk mengetahui kekuatan sambungan las, orang harus melakukan eksperimen. Sebagai contoh ada peneliti yang ingin mengetahui kekuatan sambungan las dengan membuat spesimen yang mengandung sambungan las, lalu diuji kekuatannya [5]. Namun ada juga yang mendapatkan kekuatan sambungan las tersebut melalui metode elemen

hingga. Perilaku sambungan las dapat didekati oleh pemodelan pada program komputer yang mengadopsi metode elemen hingga [6] dan dianggap dapat mewakili keadaan sebenarnya karena keakuratan bisa mencapai 99.75% [7]. Peneliti lain secara eksplisit menyatakan melakukan pemodelan dan analisis kekuatan melalui perangkat lunak Solid Works.

2. Metodologi

2.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir merupakan alir kerja atau proses yang dilakukan dalam penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Pertama-tama Mengidentifikasi masalah yang terdapat pada bagian robot *welding* di perusahaan, Melakukan observasi lapangan yang bertujuan untuk mengetahui lebih jauh permasalahan yang terjadi pada bagian robot *welding*, Melakukan studi pustaka metode penelitian yang digunakan yaitu *failure mode and effect analysis* (FMEA) dan *fault tree analysis* (FTA), Mengumpulkan data-data yang berguna untuk penelitian yaitu data jumlah produksi jumlah cacat dan jenis-jenis cacat selama periode kerja praktik, Membuat pemodelan 3D standar samping, yaitu pemodelan 3D standar samping dengan kondisi tidak ada cacat dan desain 3D yang terdapat cacat pengelasan. Mengevaluasi apakah pemodelan 3D pada Solid work sudah menyerupai dengan bentuk sebenarnya atau tidak, jika tidak maka akan dilakukan pemodelan 3D ulang dan jika sudah sesuai atau mendekati dengan bentuk sebenarnya maka akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Melakukan simulasi tegangan pada kedua hasil pemodelan 3D pada Solid Works, pengolahan data yang telah diperoleh dengan menentukan persentase cacat yang paling dominan kemudian dilakukan analisis menggunakan metode FMEA dan FTA. Mendapatkan hasil dan analisis dari pengolahan data yang menggunakan metode FMEA, FTA dan hasil kekuatan dari simulasi Solid Works. Justifikasi bahwa Solidworks dapat digunakan untuk simulasi atau pemodelan dan analisis tegangan pada sambungan las, yaitu karena perangkat lunak ini sudah banyak digunakan oleh peneliti lain termasuk diantaranya rujukan [8]. Langkah terakhir diagram alir adalah kesimpulan dan saran yang telah didapatkan dari hasil penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Data Produksi Cacat Pengelasan

Jenis cacat yang terjadi pada proses pengelasan ini ada beberapa jenis yaitu cacat inklusi, cacat berlubang, cacat tidak menutupi seluruh jalur pengelasan, cacat tidak berada pada jalur pengelasan, cacat *undercut*, cacat keropos, pivot tidak senter dan cacat material. Adapun jumlah cacat selama satu bulan seperti pada tabel di bawah.

Tabel 1. Jenis Cacat

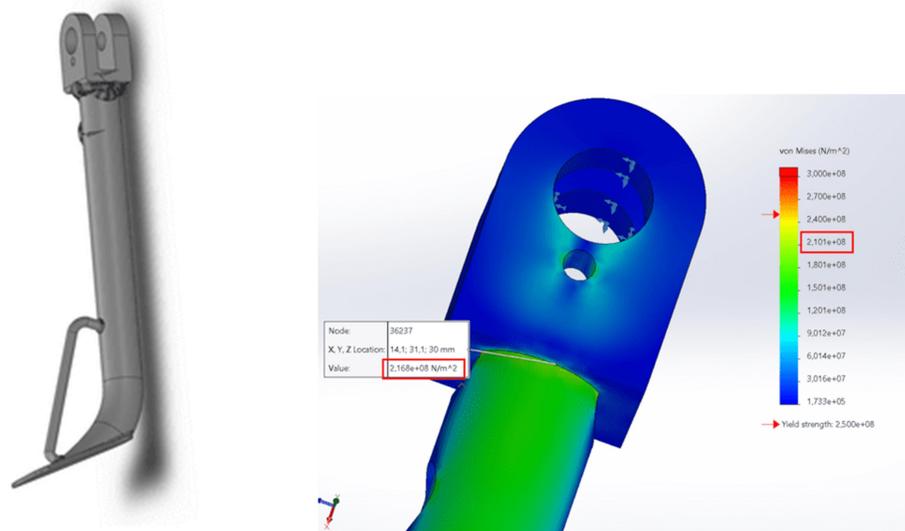
No.	Jenis Cacat	Jumlah	%	Keterangan
1	<i>Welding</i> inklusi	13	11,71%	Tidak mempengaruhi kekuatan pengelasan
2	<i>Welding</i> berlubang	2	1,80%	Mempengaruhi kekuatan Pengelasan
3	<i>Welding</i> tidak menutupi seluruh jalur pengelasan	28	25,22%	Mempengaruhi kekuatan Pengelasan
4	<i>Welding</i> tidak berada pada jalur pengelasan	61	54,95%	Mempengaruhi kekuatan Pengelasan
5	<i>Welding undercut</i>	1	0,92%	Mempengaruhi kekuatan

No.	Jenis Cacat	Jumlah	%	Keterangan
				Pengelasan
6	<i>Welding</i> Keropos/ <i>Porosity</i>	0	0%	Mempengaruhi kekuatan Pengelasan
7	Pivot tidak senter	4	3,60%	Mempengaruhi kekuatan Pengelasan
8	Cacat material	2	1,80%	Tidak mempengaruhi kekuatan pengelasan
Total Cacat		111	100%	

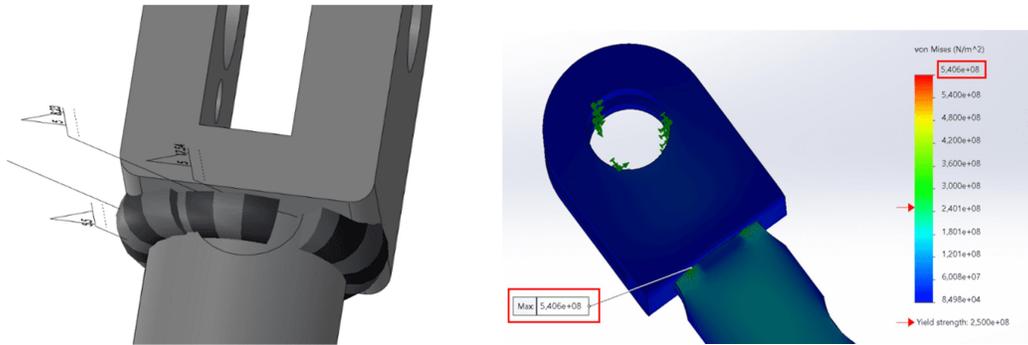
Dari tabel diatas diketahui jenis cacat yang paling dominan yang mempengaruhi kekuatan adalah *welding* berlubang, *welding* tidak berada pada jalur pengelasan, *welding* tidak menutupi seluruh jalur pengelasan.

2.3. Pemodelan Menggunakan *Solid Works*

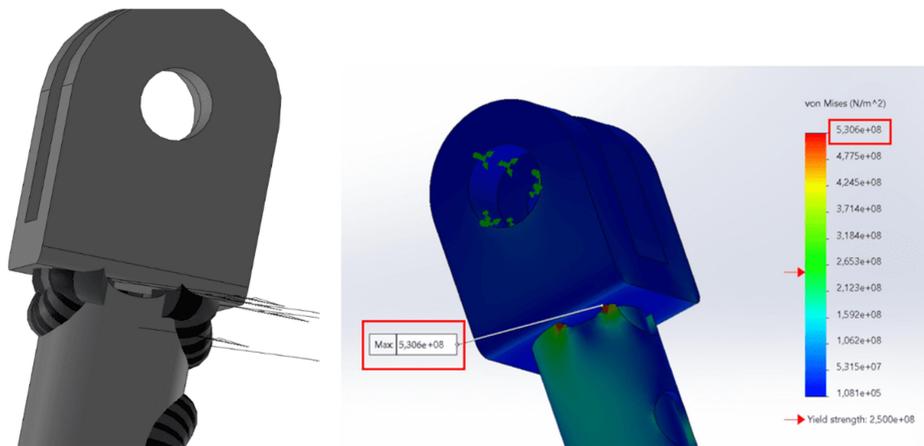
Dari **Tabel 1. Jenis Cacat** ada tiga cacat pengelasan yang paling dominan dan berpengaruh dalam kekuatan pengelasannya maka diputuskan untuk dibuat pemodelan ini yang berfungsi untuk mengetahui apakah cacat pengelasan ini sangat berpengaruh dalam penggunaannya atau tidak. Dalam pemodelan standar samping menggunakan *Solid Works* [9] ini dibuat sedemikian rupa agar memiliki bentuk yang sesuai dengan aslinya. Setelah berhasil dibuat pemodelannya maka dilakukan simulasi yang berupa penerapan prinsip-prinsip metode elemen hingga [10] pada pemodelan tersebut, dengan gaya yang diberikan yaitu saat standar samping menopang dengan beban (873N). Yang dimaksud dengan beban ini yaitu dengan dua orang diatas motornya. Adapun hasil dari simulasinya seperti berikut:



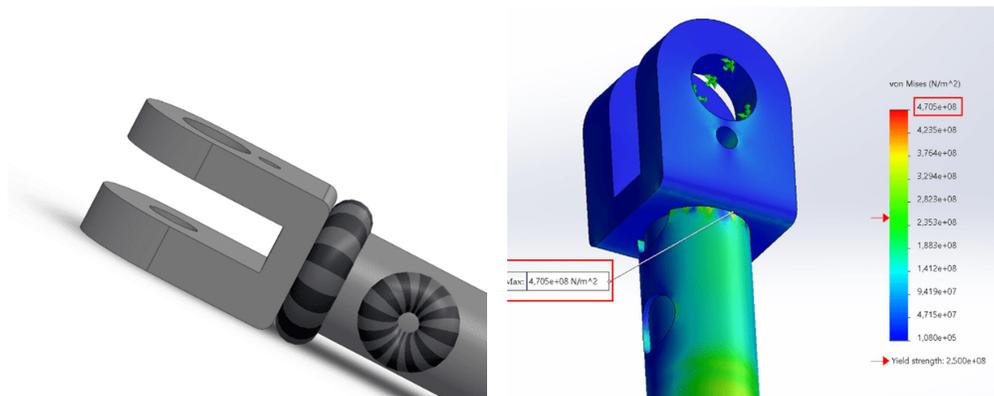
Gambar 2. Pemodelan Pengelasan Normal



Gambar 3. Pemodelan Pengelasan Tidak Menutupi Seluruh Jalur Pengelasan



Gambar 4. Pemodelan Pengelasan Berlubang

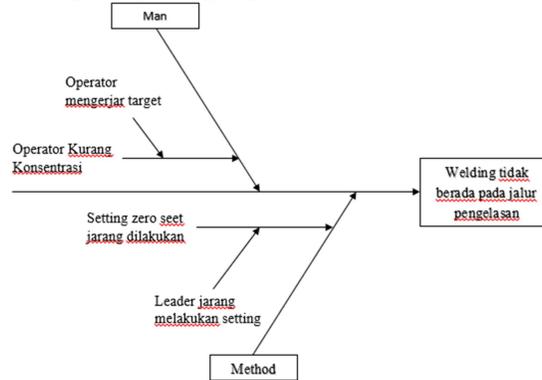


Gambar 5. Pemodelan Pengelasan Tidak Berada Pada Jalur Pengelasan

2.4. Analisis Menggunakan Diagram *Fishbone*

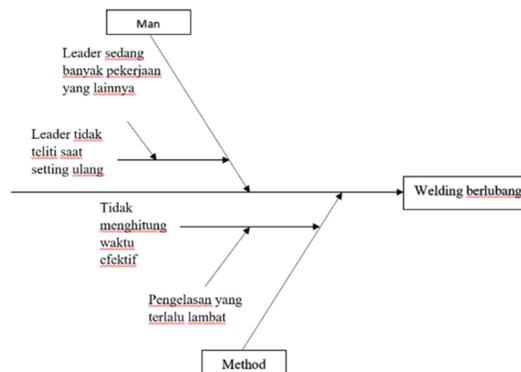
Setelah mendapatkan tiga cacat dominan yang terjadi, selanjutnya akan dilakukan analisis menggunakan diagram *Fishbone*, dimana diagram ini merupakan diagram sebab akibat. Nantinya penyebab cacat yang terjadi pada diagram sebab akibat ini akan menjadi efek yang ditimbulkan dari mode kegagalan pada penentuan nilai RPN *severity*, *occurrence* dan *detection*. Berikut merupakan hasil analisis diagram sebab akibat dari jenis cacat *welding* tidak berada pada jalur pengelasan, *welding* tidak menutupi seluruh jalur pengelasan, *welding* inklusi:

1. Pengelasan tidak berada pada jalur pengelasan



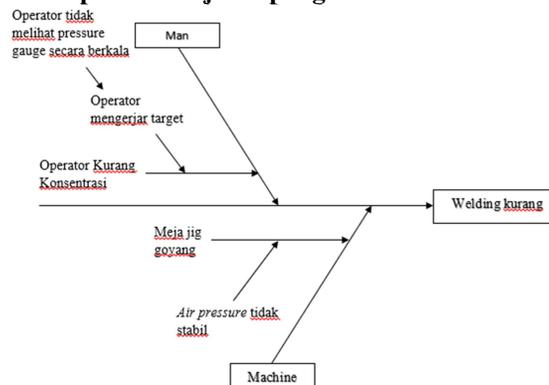
Gambar 6. Diagram *Fishbone* Pengelasan Tidak Berada Pada Jalur Pengelasan

2. Pengelasan berlubang



Gambar 7. Diagram *Fishbone* Pengelasan Berlubang

3. Pengelasan tidak menutupi seluruh jalur pengelasan



Gambar 8. Diagram *Fishbone* Pengelasan Tidak Menutupi Seluruh Jalur Pengelasan

2.5. Failure and Effect Analysis (FMEA)

Dalam analisis menggunakan metode FMEA ini ditentukan dengan penilaian *severity*, *occurrence* dan *detection* dengan skala 1 sampai 10. Setelah dilakukan penilaian dari skala 1 sampai 10 tahap selanjutnya adalah menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dimana nilai RPN ini didapatkan dari hasil perkalian dari nilai skala *severity*, *occurrence* dan *detection*. Pada penelitian ini dibuat dua analisis FMEA yaitu yang pertama adalah untuk mengetahui nilai RPN

terbesar dari setiap cacat yang didapatkan dari pemodelan yang telah dibuat, dan kedua untuk mengetahui mode kegagalan penyebab cacat pengelasan tertinggi.

2.6. Failure Tree Analysis (FTA)

Dalam mencari akar permasalahan dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) ini dipilih satu mode kegagalan yang diperoleh dari nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar yang didapatkan dari analisis menggunakan metode FMEA pada tahapan sebelumnya.

3. Hasil Dan Pembahasan

Dari tabel 1. diketahui bahwa terdapat tiga cacat yang paling dominan dan mempengaruhi kekuatan dari pengelasan pada proses pengelasan *Bar Comp K1AA* adalah *welding tidak berada pada jalur pengelasan* dengan jumlah cacat 61 dan persentase 54,95%, *welding* tidak menutupi seluruh jalur pengelasan dengan jumlah cacat 28 dan persentase 25,22% dan *welding* berlubang dengan jumlah cacat 2 dan persentase 1,80%. Jenis cacat dominan tersebut menghasilkan mode kegagalan yang didapatkan dari diagram *fishbone* sebagai berikut: meja jig goyang, operator kurang konsentrasi *setting zero set* jarang dilakukan, jig jarang dilakukan pembersihan, lubang *nozzle* kotor dan kecepatan pengelasan lambat.

3.1. Hasil Simulasi Pemodelan Solidworks

Dari simulasi pengelasan menggunakan Solid Works didapatkan data-data seperti pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Simulasi Pemodelan Solid Works

Jenis Pengelasan	Berat yang ditopang Standar	σ_{Maksimum} (N/m ²)	$\sigma_{\text{pada daerah pengelasan}}$ (N/m ²)	σ_{yield} (N/m ²)	Safety Factor $\frac{\sigma_y}{\sigma_{\text{maks}}}$
Pengelasan Normal	Dengan Beban	3,00e+8	2,168e+8		0,83
Pengelasan tidak berada pada jalurnya	Dengan Beban	4,705e+8	4,705e+8		0,53
Pengelasan Berlubang	Dengan Beban	5,306e+8	5,306e+8	2,500e+8	0,47
Pengelasan Tidak menutupi seluruh jalur pengelasan	Dengan Beban	5,406e+8	5,406e+8		0,46

Pada penggunaan standar samping seperti yang diketahui tidak dianjurkan untuk duduk di atas motor saat digunakan, dapat dilihat contohnya pada pengelasan yang normal, walaupun tidak terdapat cacat pada pengelasan tetapi tegangan maksimalnya sudah di atas tegangan yield berarti sudah mengalami deformasi plastis, hal ini jika terjadi berkelanjutan akan membuat kemiringan standar berubah.

3.2. Pembahasan Failure and Effect Analysis (FMEA)

Berdasarkan hasil analisis dengan diagram *fishbone* tersebut didapatkan beberapa mode kegagalan. Nantinya mode kegagalan ini akan dianalisis menggunakan metode FMEA untuk mendapatkan nilai RPN, hal ini digunakan untuk mengetahui mode kegagalan mana yang memiliki risiko paling tinggi seperti yang ditunjukkan oleh **Tabel 4**. Sebelum melakukan penilaian pada setiap mode kegagalan, dapat dilihat pada **Tabel 3**. dilakukan penilaian RPN terlebih dahulu dari setiap jenis cacatnya yang bertujuan untuk menentukan apakah tiga jenis cacat dominan memang berdampak buruk atau tidak dengan penilaian *severity*-nya dilihat dari

analisis pemodelan *Solid Works*. Berikut ini merupakan hasil dari analisis FMEA dari masing-masing mode kegagalan

Tabel 3. Penilaian Risk Priority Number Cacat Pengelasan

No.	Jenis Cacat	Jumlah	%	S	O	D	RPN
1	<i>Welding inklusi</i>	13	11,71%	2	4	4	32
2	<i>Welding berlubang</i>	1	0,92%	7	2	2	28
3	<i>Welding tidak menutupi seluruh jalur pengelasan</i>	28	25,22%	6	5	5	150
4	<i>Welding tidak berada pada jalur pengelasan</i>	61	54,95%	6	7	7	294
5	<i>Welding undercut</i>	2	1,80%	4	2	2	16
6	<i>Welding Keropos/ Porosity</i>	0	0%	5	1	1	5
7	Pivot tidak senter	4	3,60%	7	2	2	28
8	Cacat material	2	1,80%	1	2	2	4
Total Cacat		111	100%				

Dari Tabel 3. bahwa jenis cacat *Welding* tidak berada pada jalur pengelasan memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 294. Kemudian pada Tabel 4. diketahui bahwa kegagalan dari meja jig goyang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 343. Hal ini disebabkan karena aliran *air pressure* untuk sistem pneumatika meja jig tidak stabil. Nilai RPN tertinggi ini merupakan prioritas untuk dicari penyebab masalahnya dan diberikan saran tindakan untuk memperbaikinya.

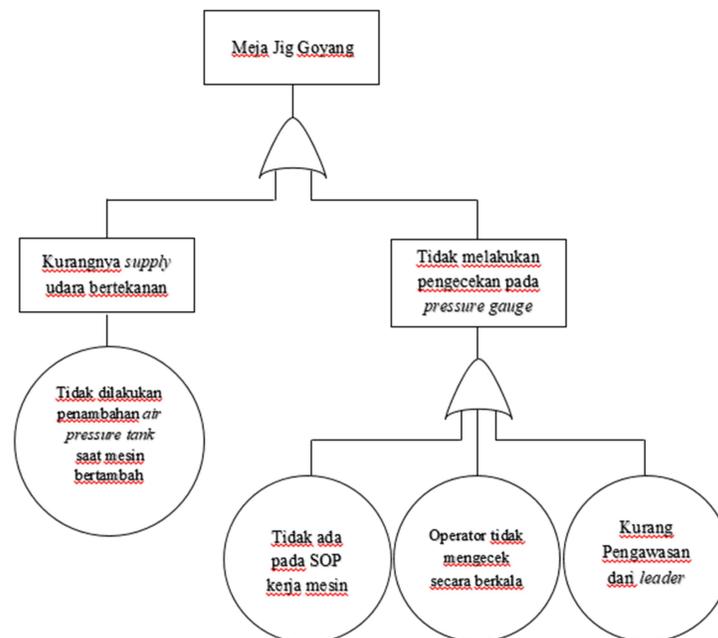
Tabel 4. Penilaian Risk Priority Number Jenis Cacat Dominan

Proses	Jenis Cacat	Mode Kegagalan	Efek yang Ditimbulkan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
Robot Welding	<i>Welding</i> tidak berada pada jalur pengelasan, <i>Welding</i> Tidak menutupi seluruh jalur pengelasan, <i>Welding</i> berlubang	Meja jig goyang	Komponen yang sudah terpasang dengan baik jadi berubah posisi.	<i>Air pressure</i> untuk sistem pneumatika meja jig tidak stabil. Sehingga meja menabrak ujung pembatas <i>slider</i> meja.	7	7	7	343
		Operator kurang konsentrasi	Peletakan komponen pada jig tidak benar.	Operator mengejar target.	2	3	4	24
		Setting <i>zero set</i> jarang dilakukan	Titik nol proses pengelasan tidak sesuai	Operator <i>Setting</i> jarang melakukan <i>zero set</i> atau setting permulaan pada mesin <i>Robot Welding</i>	4	4	4	64
		Jig jarang dilakukan pembersihan	Komponen terganjal oleh kotoran.	Tidak dilakukannya pembersihan pada jig <i>welding</i> dengan menggunakan <i>air gun</i> .	2	2	3	12
		Lubang <i>nozzle</i> kotor	Penumpukan spatter pengelasan	Tidak dilakukan pembersihan <i>nozzle</i>	2	2	2	8
		Kecepatan pengelasan	Melelehkan filler las dan benda kerja	Setelah <i>setting zero set</i> tidak dilakukan penghitungan waktu	1	2	2	4

Proses	Jenis Cacat	Mode Kegagalan	Efek yang Ditimbulkan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
		san lambat		efektifnya				

3.3. Pembahasan *Fault Tree Analysis* (FTA)

Setelah mendapatkan nilai RPN tertinggi maka telah ditentukan mode kegagalan yang perlu diperbaiki adalah meja jig goyang dengan nilai RPN sebesar 343. Meja jig goyang dapat menjadi *top event* dari beberapa kegagalan dikarenakan saat meja bergerak menggunakan mekanisme pneumatika, tekanan dari pneumatika tersebut tidak stabil sehingga menyebabkan meja tersebut membentur pembatas pergerakan meja. Efek yang ditimbulkan dari benturan tersebut jig yang mencekam benda kerja mengalami guncangan juga dan berakibat benda kerja tersebut mengalami distorsi, hal ini terjadi dikarenakan jig yang mencekam benda kerja menggunakan sistem pneumatika yang sama dengan meja jig.



Gambar 9. *Fault Tree Analysis* Meja Jig Goyang

Gambar 9 di atas ini merupakan FTA mode kegagalan meja jig goyang. Sehingga diketahui hasil basic event dari analisis menggunakan FTA adalah sebagai berikut :

1. Tidak dilakukan penambahan *air pressure tank* saat mesin yang berada pada perusahaan tersebut bertambah banyak yang menyebabkan *supply* udara bertekanan menjadi kurang.
2. Tidak ada pada SOP kerja mesin, menyebabkan operator tidak merasa perlu untuk melakukan pengecekan pada *pressure gauge* setiap akan menggunakan mesin sehingga operator hanya ingat untuk melakukan pengecekan ketika mode kegagalan meja jig goyang telah terjadi.
3. Operator tidak mengecek secara berkala saat menggunakan mesin, karena tidak ada pada SOP kerja menyebabkan operator tidak merasa berkewajiban untuk melakukan pengecekan.
4. Kurang pengawasan dari *leader*, menyebabkan operator bekerja secara kurang tanggap dan hanya fokus mengejar target sehingga tidak memperhatikan hal kecil lainnya.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa terdapat delapan jenis cacat dengan tiga cacat dominan yaitu pengelasan tidak berada pada jalur pengelasan dengan jumlah cacat 61 dan persentase 54,95%, pengelasan tidak menutupi seluruh jalur pengelasan dengan jumlah cacat 28 dan persentase 25,22% pengelasan berlubang dengan jumlah cacat 2 dan persentase 1,80%. Hasil pemodelan menggunakan solid Works diketahui bahwa cacat pengelasan bahwa cacat berlubang memiliki hasil paling buruk. Diketahui bahwa tegangan dengan beban $5,306e+8 \text{ N/m}^2$ dimana sudah diatas *yield strength*. Hasil analisis menggunakan metode FMEA didapatkan meja jig goyang sebagai mode kegagalan dengan nilai RPN terbesar yaitu sebesar 343, dan ditindak lanjuti menggunakan metode FTA sehingga menghasilkan beberapa basic event , tidak dilakukan penambahan *air pressure tank* saat mesin yang berada pada perusahaan tersebut bertambah banyak, tidak ada pada SOP kerja mesin, operator tidak mengecek secara berkala saat menggunakan mesin dan kurang pengawasan dari *leader*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Ramlawati. 2020. “*Total Quality Management*”. Nas Media Pustaka. Makassar.
- [2] Hasbullah, Kholil, M., & Santoso, D. A. 2017. “*Analisis Kegagalan Proses Insulasi Pada Produk automotive Wires (Aw) Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea)*” Pada Pt. Jlc. *SINERGI*, Vol.21,193-203.
- [3] Hanif, R. Y., Rukmi, H. S., & Susanty, S. 2015. Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury di PT.X dengan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). *Reka Integra, Jurnal Online Teknik Industri Itenas Bandung*. Juli, 03(03), 137–147.
- [4] Mayangsari, D. F., Adianto, H., & Yuniati, Y. 2015. *Usulan Pengendalian Kualitas Produk Isolator Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA)*. *Jurnal Teknik Industri Nasional Bandung*, 3(2), 81–91.
- [5] Azwinur, Syukran, dan Hamdani. 2018. “*Kaji Sifat Mekanik Sambungan Las Butt Weld Dan Double Lap Joint Pada Material Baja Karbon Rendah*”. *Sintek Jurnal* Vol.12 No.1. 9-16.
- [6] Nurhayati R.B. 2016. “*Analysis of welding sequence effects on residual stress and distortion for tubular dtjoint using finite element method*”. Skripsi dept. Kelautan ITS.
- [7] Hayu G. A. dan Sulistyio M. B. 2021. “*Pemodelan Sambungan Las Pada Struktur Balok Kolom Baja Bebasis Program Elemen Hingga. Paduraksa*”. Volume 10 No.2. 375-384.
- [8] Tanjung I., Affandi, Nasution A.R. 2022. “*Analisis Numerik Kekuatan Tarik Plat Baja Karbon Rendah Yang Disambung Dengan Pengelasan Menggunakan Software Solid Works*”. *Jurnal Rekayasa Energi Manufaktur* Vol.7. 7-14 <http://doi.org/10.21070/rem.v7i1.1630>.
- [9] Solidwork. 2022. “*Dassault Systemes Solidworks Corporation*”. Sumber : <https://www.solidworks.com/>.
- [10] Akin, J. E. 2010. “*Finite element analysis concepts: via SolidWorks*”. World Scientific,.