

Analisis Risiko K3 pada Proses Perakitan Kereta Listrik menggunakan Metode FMEA dan FTA di Perusahaan Skoda Transportation

Hendrawan^{1*}

¹Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: hendrawan0206@gmail.com

Abstract—Penelitian ini menjelaskan tentang analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada proses perakitan kereta listrik Perusahaan Skoda Transportation dengan menggunakan teknik Potential Mode Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). Latar belakang penelitian ini mencerminkan pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja di industri perakitan kendaraan, terutama sejak diperkenalkannya teknologi baru seperti kereta listrik sehingga menimbulkan tantangan khusus. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi, menilai dan memitigasi potensi risiko yang terkait dengan proses perakitan. Teknik FMEA digunakan untuk mengidentifikasi jenis, penyebab, dan akibat kesalahan, sedangkan FTA digunakan untuk menganalisis hubungan sebab akibat antara kesalahan yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi risiko K3 memiliki dampak yang signifikan, dengan nilai RPN (Risk Priority Number) berkisar antara 24 hingga 240. Selain itu, persentase risiko yang ada dalam proses perakitan kereta listrik memiliki distribusi yang signifikan, dengan 96% risiko rendah dan 4% risiko sedang. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi yang berharga dalam meningkatkan keselamatan, kualitas produk, dan keandalan operasional proses perakitan kereta listrik.

Kata Kunci: K3, Kereta Listrik, FMEA, FTA

I. PENDAHULUAN

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek krusial dalam industri transportasi, khususnya dalam pembuatan kereta listrik. Proses perakitan kereta listrik melibatkan banyak tugas berisiko yang dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja. Oleh karena itu, analisis risiko K3 menjadi esensial untuk memastikan lingkungan kerja yang aman dan mengurangi kemungkinan kecelakaan serta insiden berbahaya (Nuriawati & Ismara, 2018). Perusahaan Skoda Transportation, sebagai salah satu produsen kereta listrik terkemuka, menjadikan K3 sebagai prioritas dalam operasionalnya. Meskipun berbagai upaya telah dilakukan untuk memperbaiki standar keselamatan, perusahaan ini masih menghadapi tantangan dalam menangani berbagai risiko yang muncul selama proses perakitan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam terhadap risiko K3 yang mungkin muncul dalam proses perakitan kereta listrik di Perusahaan Skoda Transportation (Iskandar, 2021).

Analisis risiko K3 dalam proses perakitan kereta listrik mencakup berbagai masalah umum. Proses ini melibatkan penggunaan peralatan berat dan bahan berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Data dari BPJS Ketenagakerjaan menunjukkan peningkatan jumlah kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja (PAK) selama dua tahun terakhir, dengan 234.371 kasus pada tahun 2021, meningkat menjadi 298.137 kasus pada tahun 2022, dan mencapai 315.579 kasus hingga Oktober 2023. Data ini menekankan pentingnya pelaksanaan K3 sebagai prioritas di Indonesia. Salah satu permasalahan utama adalah belum adanya penerapan metode analisis risiko yang komprehensif dan sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengelola risiko K3. Beberapa perusahaan mungkin belum memiliki sumber daya yang cukup untuk mengimplementasikan sistem manajemen risiko K3 sesuai standar. Keterbatasan dana, waktu, dan tenaga kerja menjadi hambatan dalam perbaikan dan peningkatan sistem K3. Oleh karena itu, diperlukan upaya lebih lanjut untuk meningkatkan kesadaran dan kesiapan perusahaan dalam menghadapi risiko K3 yang terkait dengan proses perakitan kereta listrik (Purnomo & Prisilia, 2022).

Penerapan metode analisis risiko seperti Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) menjadi kebutuhan mendesak. Dengan memahami potensi kegagalan dan konsekuensinya, Perusahaan Skoda Transportation dapat mengambil langkah proaktif untuk mengurangi risiko, meningkatkan keandalan, serta memastikan lingkungan kerja yang aman dan sehat bagi karyawan. Selain itu, persaingan yang semakin ketat dan tuntutan konsumen terhadap produk berkualitas memaksa perusahaan untuk terus berinovasi dalam mengelola risiko-risiko tersebut. Melalui metode analisis risiko yang canggih dan tepat waktu, Perusahaan Skoda Transportation dapat memperkuat posisinya sebagai pemimpin pasar dan memastikan keunggulan kompetitif dalam industri kereta

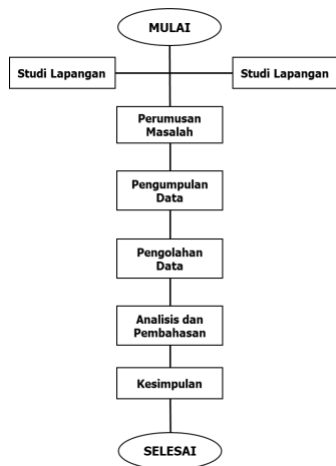
listrik yang berkembang pesat (Wahyuni, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi risiko K3 secara sistematis, mengevaluasi dampaknya, dan merancang langkah-langkah mitigasi yang efektif guna meningkatkan keselamatan, kesehatan kerja, serta kualitas produk dalam proses perakitan kereta listrik di Perusahaan Skoda Transportation. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi berharga bagi pengembangan praktik manajemen risiko K3 dalam industri transportasi secara lebih luas.

II. METODE PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Dimulai dengan studi lapangan dan literatur, dilanjutkan dengan perumusan masalah sebagai dasar untuk pengumpulan data. Data tersebut kemudian diatur dalam perumusan data sebelum masuk ke tahap analisis dan pembahasan. Dari analisis ini, kesimpulan ditarik untuk menjawab permasalahan yang dihadapi. Dengan demikian, perancangan ini memberikan gambaran jelas tentang langkah-langkah yang diperlukan dalam menjalankan penelitian.



Gambar 1. Alur Penelitian

B. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Dalam proses ini, langkah pertama adalah mengidentifikasi potensi kegagalan atau keseriusan permasalahan yang mungkin terjadi pada setiap tahapan proses, yang disebut sebagai Severity. Kemudian, dilakukan identifikasi terhadap seberapa sering suatu permasalahan terjadi, yang dikenal sebagai Occurrence. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi sistem kontrol yang telah ada, yang disebut sebagai Detection. Selanjutnya, dilakukan perhitungan RPN (Risk Priority Number) dengan mengalikan nilai Severity, Occurrence, dan Detection (Gita, 2015). Tingkat RPN dapat diklasifikasikan sebagai berikut: Tinggi (RPN 501 – 1000), Sedang (RPN 251 – 500), dan Rendah (RPN 1 – 250).

Berikut ini Tabel Perhitungan Nilai Severity secara Umum :

Tabel 1. Tabel Perhitungan Nilai Severity

Efek	Keseriusan dari Efek	Ranking
Berbahaya (Sangat)	Rangking severity sangat tinggi jika potensi kegagalan mempunyai	10

Serius)	efek terhadap keselamatan dalam pengoperasian dan pelanggaran peraturan pemerintah tanpa adanya peringatan	
Berbahaya dengan peringatan	Rangking severity sangat tinggi jika potensi kegagalan mempunyai efek terhadap keselamatan dalam pengoperasian dan pelanggaran peraturan pemerintah dengan peringatan	9
Sangat tinggi	Produk/ item tidak beroperasi (kehilangan fungsi utamanya)	8
Tinggi	Produk/item beroperasi tetapi performance berkurang, customer sangat tidak puas	7
Sedang	Produk/item beroperasi tetapi ada salah satu hal yang tidak beroperasi, customer tidak puas	6
Rendah	Produk/item beroperasi tetapi ada salah satu hal yang menurun performancenya, customer tidak puas	5
Sangat rendah	Product/item beroperasi terjadi defect untuk sebagian besar customer	4
Sedikit mengganggu	Product/item beroperasi terjadi defect untuk separuh customer	3
Sangat sedikit mengganggu	Product/item beroperasi terjadi defect untuk customer yang sangat teliti	2
Tidak ada efek	Tidak berpengaruh	1

Berikut ini Tabel Perhitungan Nilai Occurrence secara Umum:

Tabel 2. Tabel Perhitungan Nilai Occurrence

Kemungkinan	Rata-rata kegagalan	Ranking
Sangat Tinggi	1 diantara 2 produk	10
	1 diantara 3 produk	9
Tinggi	1 diantara 8 produk	8
	1 diantara 20 produk	7
Sedang	1 diantara 80 produk	6
	1 diantara 400 produk	5
	1 diantara 2,000 produk	4
Rendah	1 diantara 15,000 produk	3
	1 diantara 150,000 produk	2
Terkendali	1 diantara 1,500,000 produk	1

Berikut ini Tabel Perhitungan Nilai Detection secara Umum :

Tabel 3. Tabel Perhitungan Nilai Detection

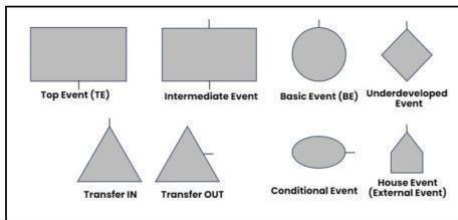
Detection	Criteria	Rangking
Hampir tidak mungkin	Pasti tidak dapat terdeteksi	10
Sangat kecil		9
Kecil		8
Sangat Rendah		7
Rendah		6
Sedang		5

Sedang-Tinggi		4
Tinggi		3
Sangat tinggi		2
Sangat tinggi	Pengecekan dengan mudah dapat terdeteksi	1

C. Fault Tree Analysis (FTA)

FTA terdapat tiga jenis simbol yang umum digunakan, yaitu simbol kejadian, simbol gerbang, dan simbol transfer. Simbol kejadian mewakili peristiwa atau keadaan yang dapat terjadi dalam sistem, sedangkan simbol gerbang digunakan untuk menyatakan hubungan logika antara kejadian. Setiap gerbang logika memiliki output yang ditentukan oleh kejadian yang masuk ke dalamnya. Pengetahuan akan gambar dan penjelasan dari setiap simbol ini penting untuk memahami dan menerapkan Fault Tree Analysis secara efektif dalam menganalisis kegagalan sistem.

Beberapa bentuk simbol kejadian (event) adalah sebagai berikut :



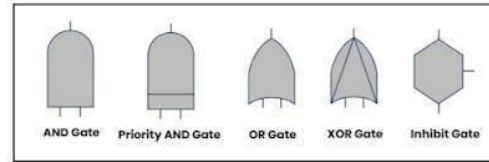
Gambar 2. simbol kejadian (event)

Keterangan Gambar :

- Basic event / primary event. Simbol lingkaran (circle) untuk menyatakan basic event atau primary event atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya.
- Undeveloped event. Simbol diamond ini digunakan untuk menyatakan undeveloped event atau kejadian yang tidak dapat lagi berkembang, yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya lagi, baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya sehingga menjadi suatu kejadian akhir dari suatu masalah yang terjadi pada suatu penelitian.
- Conditioning event. Simbol oval ini untuk menyatakan conditioning event, yaitu suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang (biasanya pada gerbang INHIBIT dan PRIORITY AND). Jadi kejadian output terjadi jika kejadian input terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu.
- External event. Simbol rumah digunakan untuk menyatakan external event yaitu kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak termasuk dalam kejadian gagal.
- Intermediate event. Simbol persegi panjang ini berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian input gagal yang masuk ke gerbang.

- Transferred event. Simbol segitiga digunakan untuk menyatakan transferred event. Simbol ini digunakan untuk mencegah pengulangan bagian dari fault tree. Transferred event juga dapat digunakan untuk merepresentasikan logika berulang dalam diagram.

Beberapa simbol gerbang (gate) adalah sebagai berikut:



Gambar 3. simbol gerbang (gate)

Keterangan Gambar :

- Gerbang OR. OR Gate dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan inputnya terjadi. Output event terjadi jika paling tidak satu input event terjadi.
- Gerbang AND. AND Gate digunakan untuk menunjukkan kejadian output muncul hanya jika semua input terjadi. Output event terjadi jika semua event terjadi secara bersamaan.
- Gerbang INHIBIT. INHIBIT Gate dilambangkan dengan segi enam, merupakan kasus khusus dari gerbang AND. Output disebabkan oleh satu input, tetapi juga harus memenuhi kondisi tertentu sebelum input dapat menghasilkan output. Input menghasilkan output jika conditional event ada.
- Gerbang EXCLUSIVE-OR. EXCLUSIVE-OR Gate adalah gerbang OR dengan kasus tertentu, yaitu kejadian output muncul jika satu kejadian ikut muncul. Output event terjadi jika satu input event, tetapi tidak terjadi.
- Gerbang PRIORITY-AND. PRIORITY-AND Gate adalah gerbang AND dengan syarat dimana kejadian output muncul hanya jika semua kejadian input muncul dengan urutan tertentu. Output event terjadi jika semua input event terjadi baik dari kanan maupun kiri

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Job Safety Analysis (JSA)

Job Safety Analysis (JSA) adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi bahaya yang terkait dengan tugas atau pekerjaan tertentu. Dalam proses perakitan kereta listrik, JSA dapat dilakukan untuk setiap langkah atau tahap, seperti menggunakan cutter, Bor DC, Alat Creamping "LIS", dan lainnya. Langkah-langkah mitigasi yang efektif dari JSA meliputi pelatihan keselamatan kerja, penggunaan alat pelindung diri (APD), dan pemeriksaan rutin peralatan. Tabel dibawah ini menguraikan berbagai potensi kegagalan dan risiko yang terkait dengan penggunaan alat-alat dalam proses perakitan kereta listrik, mulai dari cutter hingga operasional mesin crane.

Tabel 4. Job Safety Analysis (JSA)

N o	Proses Kerja	Cause of Failure Mode	Pengendalian Saat Ini
1	Menggunakan cutter	Potensi luka saat memotong	Penggunaan alat pelindung seperti sarung tangan, pelatihan keamanan untuk teknik pemotongan yang aman
2	Menggunakan Bor DC	Tersertrum listrik, patah bor	Pelatihan keamanan, penggunaan alat pelindung seperti sarung tangan dan kacamata, perlindungan terhadap listrik, dan pemeriksaan rutin peralatan
3	Menggunakan Alat Creampin g "LIS"	Pemegangan tidak memadai, bahaya listrik.	Pemeriksaan sensor dan sistem pemegangan, pelatihan keamanan, penggunaan alat pelindung seperti sarung tangan.
4	Menggunakan Torch	Risiko terbakar, paparan panas	Pelatihan keamanan, pemakaian alat pelindung personal (APD) seperti baju tahan panas, kacamata pelindung
5	Menggunakan Gerinda	Bahaya serpihan, risiko kebisingan	Pelatihan keamanan, penggunaan pelindung mata dan telinga, pemeriksaan rutin peralatan
6	Menggunakan Gergaji Tangan DC	luka saat memotong, tersertrum listrik	Pelatihan keamanan, perlindungan terhadap listrik, penggunaan alat pelindung seperti sarung tangan
7	Menggunakan Palu	Cedera karena palu terjatuh	Penggunaan alat pelindung kepala, pelatihan keamanan untuk teknik penggunaan palu yang aman
8	Menggunakan Kunci Torsi	Risiko kecederaan pada tangan	Pelatihan keamanan, penggunaan alat pelindung tangan, pemeriksaan rutin peralatan
9	Operasional Mesin Crane	<ul style="list-style-type: none"> Resiko jatuh beban saat pengangkatan Risiko tersertrum Listrik selama penggunaan 	<ul style="list-style-type: none"> Pemeriksaan rutin mesin dan peralatan angkat pelatihan operator tentang prosedur pengangkatan pelatihan

		<ul style="list-style-type: none"> Potensi kerusakan material dan lingkungan 	tentang penggunaan alat pelindung diri <ul style="list-style-type: none"> penggunaan alat pelindung keselamatan di area sekitar kerja
--	--	---	--

B. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Analisis Mode dan Dampak Kegagalan (FMEA) adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan menilai potensi mode kegagalan dalam suatu sistem, produk, atau proses, serta menganalisis dampak atau konsekuensi dari kegagalan tersebut. FMEA membantu menganalisis dan memahami cara-cara di mana suatu sistem atau produk dapat mengalami kegagalan dan dampak apa yang akan ditimbulkan dari kegagalan tersebut. Tujuan utama FMEA adalah untuk mengidentifikasi kegagalan potensial sebelum mereka terjadi, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil untuk mengurangi risiko dan meningkatkan kinerja, keamanan, dan kualitas sistem atau produk. Ada dua jenis FMEA, yaitu FMEA Desain (DFMEA) untuk memeriksa desain produk, dan FMEA Proses (PFMEA) untuk memeriksa proses produksi.

Tabel 5. Pengujian FMEA 1

Alat	Cause of Failure Mode	Akibat	S	O	D	RPN	Kategori
cutter	Blade Aus	Potensi luka atau kecelakaan operator	5	3	4	60	Rendah
Bor DC	Motor Rusak	Potensi kecelakaan akibat pecahan motor	4	4	5	80	Rendah
Cream ping "LIS"	Pegangan Aus	Potensi cedera tangan	3	3	4	36	Rendah
Torch	Gas Habis	Potensi kebakaran atau ledakan	4	3	3	36	Rendah
Gerinda	Batu Gerinda Patah	Potensi luka akibat pecahan batu gerinda	5	3	3	45	Rendah

Gergaji Tangan DC	Mesin Rusak	Potensi luka akibat kegagalan mesin	4	4	4	64	Rendah
Palu	Pegangan Rusak	Potensi cedera tangan	3	3	4	36	Rendah
Kunci Torsi	Skala Tidak Akurat	Potensi kecelakaan akibat ketidakpatenan pengetatan	3	3	5	45	Rendah
Operasional Mesin Crane	Motor Mati	Potensi kecelakaan akibat jatuhnya benda	4	4	4	64	Rendah

Tabel 6. Pengujian FMEA 2

Alat	Cause of Failure Mode	Akibat	S	O	D	RPN	Kategori
cutter	Blade Aus	Potensi luka atau kecelakaan operator	5	4	4	80	Rendah
Bor DC	Motor Rusak	Potensi kecelakaan akibat pecahan motor	4	4	4	64	Rendah
Cream ping "LIS"	Pegangan Aus	Potensi cedera tangan	3	3	3	27	Rendah
Torch	Gas Habis	Potensi kebakaran atau ledakan	4	2	4	32	Rendah
Gerinda	Batu Gerinda Patah	Potensi luka akibat pecahan batu gerinda	5	3	4	60	Rendah
Gergaji Tangan DC	Mesin Rusak	Potensi luka akibat kegagalan mesin	6	2	5	60	Rendah
Palu	Pegangan Rusak	Potensi cedera tangan	5	3	4	60	Rendah

Kunci Torsi	Skala Tidak Akurat	Potensi kecelakaan akibat ketidakpatenan pengetatan	6	2	5	60	Rendah
Operasional Mesin Crane	Motor Mati	Potensi kecelakaan akibat jatuhnya benda	7	2	3	42	Rendah

Tabel 7. Pengujian FMEA 3

Alat	Cause of Failure Mode	Akibat	S	O	D	RPN	Kategori
cutter	Blade Aus	Potensi luka atau kecelakaan operator	8	6	5	240	Sedang
Bor DC	Motor Rusak	Potensi kecelakaan akibat pecahan motor	6	3	4	72	Rendah
Cream ping "LIS"	Pegangan Aus	Potensi cedera tangan	4	2	3	24	Rendah
Torch	Gas Habis	Potensi kebakaran atau ledakan	5	2	3	30	Rendah
Gerinda	Batu Gerinda Patah	Potensi luka akibat pecahan batu gerinda	4	3	4	48	Rendah
Gergaji Tangan DC	Mesin Rusak	Potensi luka akibat kegagalan mesin	5	3	3	45	Rendah
Palu	Pegangan Rusak	Potensi cedera tangan	5	2	4	40	Rendah
Kunci Torsi	Skala Tidak Akurat	Potensi kecelakaan akibat ketidakpatenan pengetatan	6	3	5	90	Rendah

Operasi onal Mesin Crane	Motor Mati	Potensi kecelakaan akibat jatuhnya benda	7	2	4	56	Rendah
-----------------------------------	---------------	--	---	---	---	----	--------

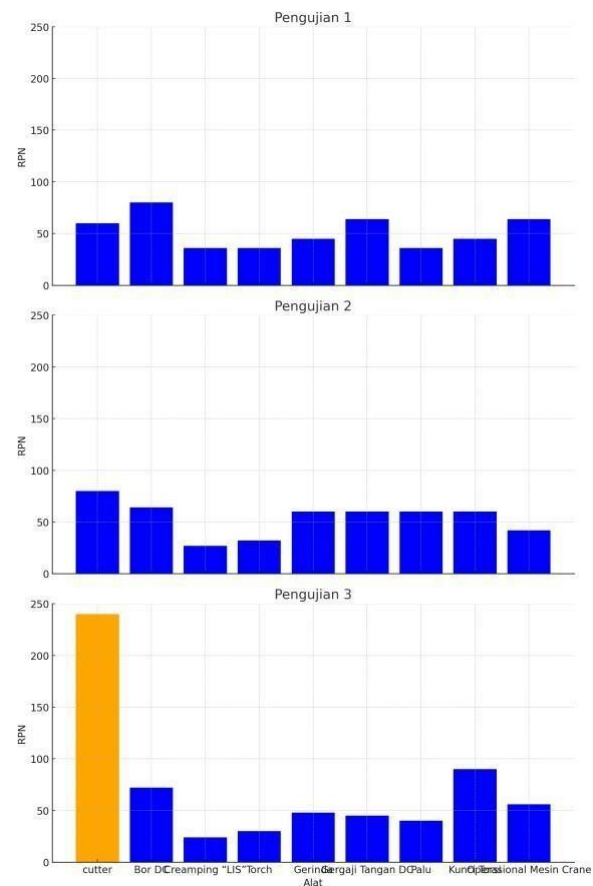
$$\begin{aligned} \text{Risiko Rendah} &= \frac{\text{Jumlah Risiko Rendah}}{\text{Total Risiko}} \times 100\% \\ &= \frac{26}{27} \times 100\% = 96\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Risiko sedang} &= \frac{\text{Jumlah Risiko sedang}}{\text{Total Risiko}} \times 100\% \\ &= \frac{1}{27} \times 100\% = 4\% \end{aligned}$$

Dalam proses perakitan kereta listrik, FMEA dapat membantu mengidentifikasi potensi kegagalan alat dan langkah-langkah mitigasi yang diperlukan. Langkah-langkah mitigasi yang efektif dari FMEA mungkin termasuk:

- Perbaikan Desain: Meningkatkan desain alat atau proses untuk mengurangi kemungkinan kegagalan.
- Perawatan Preventif: Menjadwalkan perawatan preventif yang teratur untuk menghindari kegagalan yang tidak terduga.
- Penggunaan Teknologi Baru: Memperkenalkan teknologi baru yang lebih andal atau inovatif untuk menggantikan alat yang rentan terhadap kegagalan.

Kemudian, dari analisa yang telah dilakukan menunjukkan bahwa cutter dan kunci torsi memiliki nilai RPN tertinggi, menunjukkan bahwa mereka memiliki risiko yang paling signifikan dan mungkin memerlukan tindakan mitigasi segera. Alat atau aktivitas lainnya memiliki nilai RPN yang lebih rendah, dengan gerinda memiliki risiko terendah menurut analisis ini. Metode FMEA membantu dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko, sehingga tindakan yang tepat dapat diambil untuk mengurangi atau menghilangkan potensi kegagalan dalam proses.

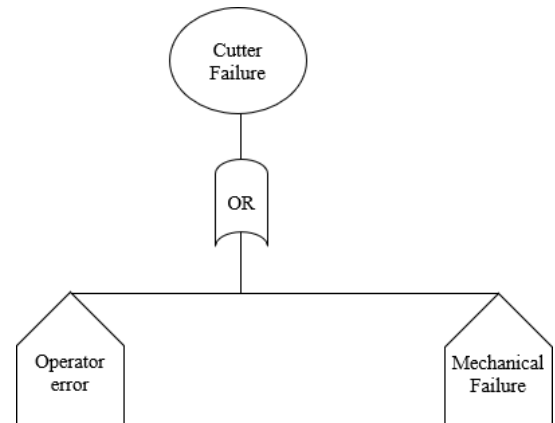


Gambar 4. Grafik RPN

C. FTA (Fault Tree Analysis)

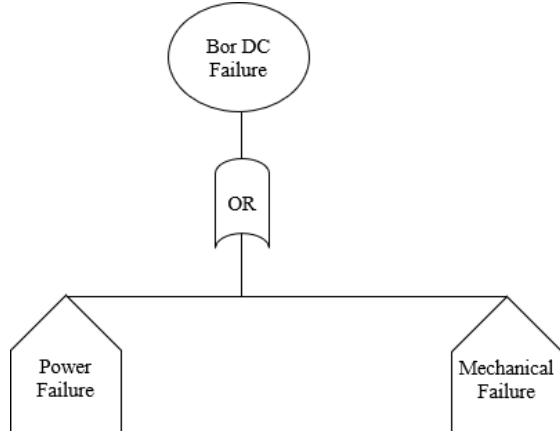
FTA adalah teknik analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dasar dari suatu kegagalan dan efek dari kegagalan tersebut. Berikut ialah FTA dari masing-masing alat.

pada diagram tersebut, terdapat dua penyebab utama kegagalan cutter yaitu Operator membuat kesalahan dalam menggunakan cutter, seperti penanganan yang tidak benar atau penggunaan yang tidak sesuai. Dan Kegagalan Mekanis karena komponen mekanis pada cutter mengalami kerusakan, seperti keausan pisau atau komponen lain yang rusak.



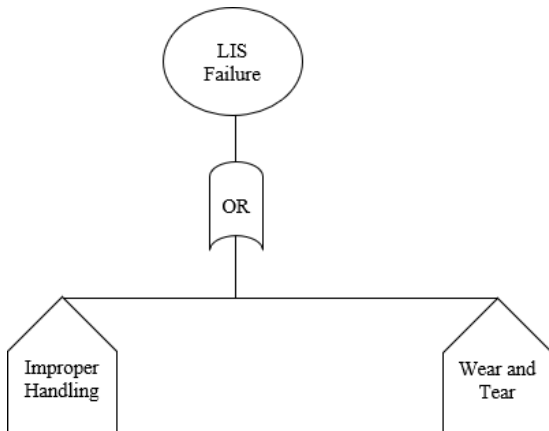
Gambar 5. FTA cutter

Pada diagram dibawah ini, terdapat dua penyebab utama kegagalan pada Bor DC yaitu Power Failure sehingga bor tidak dapat beroperasi. Dan Mechanical Failure seperti motor yang rusak atau komponen lain yang mengalami kerusakan.



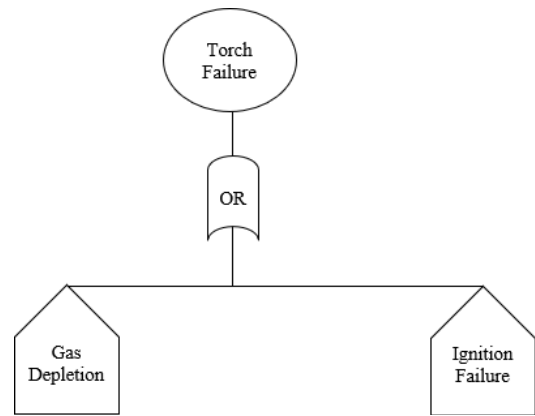
Gambar 6. FTA Bor DC

Dalam diagram tersebut, alat Creamping “LIS” dapat mengalami kegagalan karena dua faktor utama yaitu Improper handling akibat Kesalahan dalam mengoperasikan dan Wear and tear karena aus atau penggunaan yang berlangsung lama.



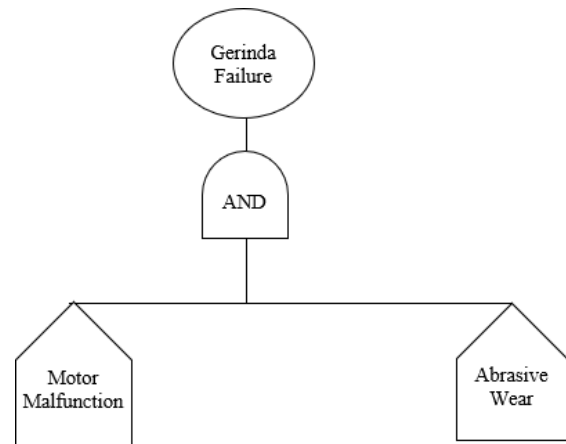
Gambar 7. FTA Creamping “LIS”

Dalam diagram ini, kegagalan pada alat Torch dapat disebabkan oleh dua faktor utama yaitu Gas depletion yang mengakibatkan ketidakmampuan untuk menyala dan Ignition failure yang mengakibatkan ketidakmampuan untuk menyala.



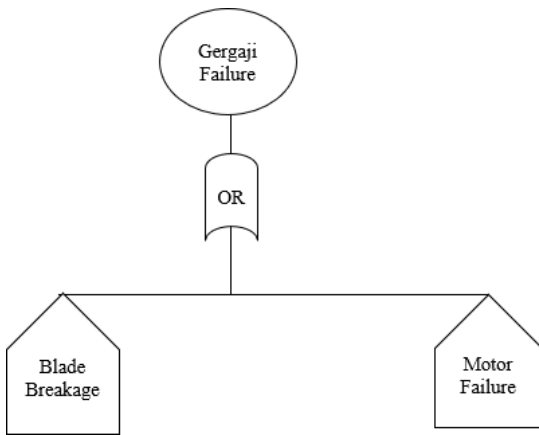
Gambar 8. FTA Torch

Dalam diagram ini, kegagalan pada alat gerinda dapat disebabkan oleh Motor malfunction sehingga gerinda tidak akan berfungsi dengan baik. Dan Abrasive wear menyebabkan keausan pada bagian abrasif gerinda. Gerbang AND digunakan untuk menunjukkan bahwa kegagalan output (gerinda tidak berfungsi) akan terjadi hanya jika kedua kegagalan input (Motor malfunction dan Abrasive wear) terjadi secara bersamaan.



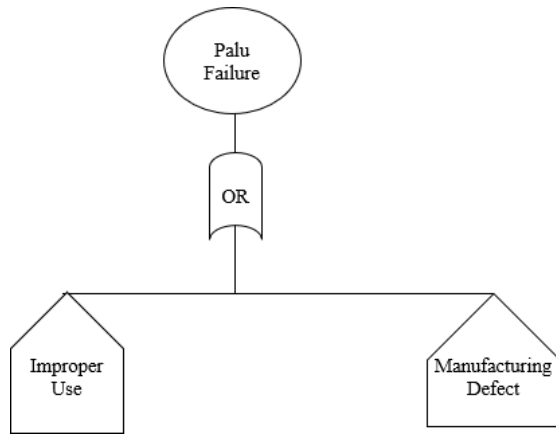
Gambar 9. FTA Gerinda

Gergaji tangan DC dapat mengalami kegagalan karena Blade breakage akibat Patahnya atau rusaknya pisau gergaji dan Motor failure yang mengakibatkan ketidakmampuan untuk beroperasi.



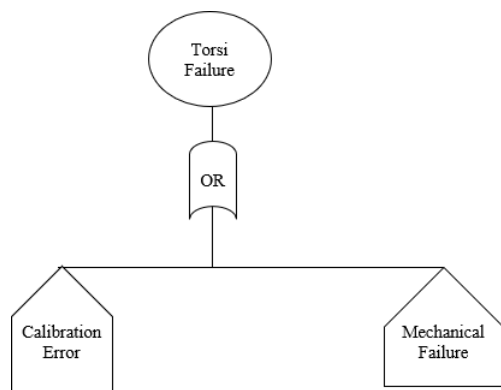
Gambar 10. FTA Gergaji tangan DC

Kegagalan palu dapat disebabkan oleh Improper use menyebabkan kerusakan pada palu. Dan Manufacturing defect akibat cacat dalam proses manufaktur.



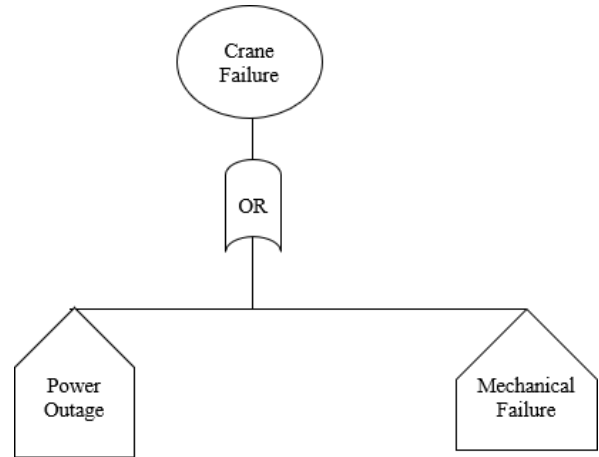
Gambar 11. FTA Palu

Kegagalan kunci torsi dapat disebabkan oleh Calibration error mengakibatkan ketidakakuratan dalam pengetatan baut atau sekrup. Dan Mechanical failure seperti kerusakan pada mekanisme pengunci.



Gambar 12. FTA Kunci torsi

Kegagalan Mesin Crane dapat disebabkan oleh Power outage yang menyebabkan Mesin Crane tidak dapat beroperasi. Dan Mechanical failure seperti kerusakan motor, atau komponen mekanis lainnya.



Gambar 13. FTA Mesin Crane

D. Langkah mitigasi

Dalam proses perakitan kereta listrik, analisis risiko seperti Job Safety Analysis (JSA), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), dan Fault Tree Analysis (FTA) memiliki peran penting dalam mengidentifikasi dan mengurangi risiko potensial serta meningkatkan keselamatan dan keandalan operasional. JSA dapat dilakukan untuk setiap langkah dalam proses perakitan, dengan langkah-langkah mitigasi termasuk pelatihan keselamatan kerja, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), dan pemeriksaan rutin peralatan untuk memastikan ketersediaan dan kondisi yang aman. FMEA membantu mengidentifikasi potensi kegagalan alat dengan langkah-langkah mitigasi seperti perbaikan desain, perawatan preventif, dan penggunaan teknologi baru yang lebih andal. Selain itu, FTA membantu mengidentifikasi kombinasi kejadian yang dapat menyebabkan kegagalan keselamatan atau keandalan operasional, dengan langkah-langkah mitigasi termasuk pengembangan sistem pengaman tambahan, pelatihan lanjutan, dan pemantauan rutin untuk mendeteksi dan mencegah kejadian yang berpotensi berbahaya. Dengan menerapkan analisis dan langkah-langkah mitigasi ini, Perusahaan Skoda Transportation dapat meningkatkan efisiensi dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman bagi karyawan mereka serta meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan.

E. SOP Mitigasi Risiko untuk Mengurangi Potensi Kecelakaan dalam Proses Perakitan Kereta Listrik di Skoda Transportation

Tujuan dari SOP ini adalah untuk mengurangi potensi kecelakaan dalam proses perakitan kereta listrik melalui penerapan langkah-langkah mitigasi risiko yang sistematis dan terstruktur berdasarkan analisis risiko seperti JSA, FMEA, dan FTA.

1. Pelatihan dan Pendidikan

Semua karyawan yang terlibat dalam proses perakitan kereta listrik diwajibkan untuk mengikuti

pelatihan keselamatan kerja sebelum memulai pekerjaan. Pelatihan ini mencakup penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), prosedur evakuasi darurat, dan praktik kerja aman. Pelatihan lanjutan akan dilakukan secara berkala untuk memastikan karyawan selalu mengikuti prosedur keselamatan terbaru.

2. **Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)**
Setiap karyawan wajib menggunakan APD yang sesuai dengan tugas yang mereka kerjakan, termasuk tetapi tidak terbatas pada helm keselamatan, kacamata pelindung, sarung tangan, sepatu keselamatan, dan pelindung telinga. APD harus diperiksa secara rutin untuk memastikan kondisinya layak pakai.
3. **Pemeriksaan dan Pemeliharaan Peralatan**
Peralatan yang digunakan dalam proses perakitan harus diperiksa sebelum dan sesudah digunakan. Pemeriksaan rutin harian dilakukan untuk mendeteksi kerusakan atau keausan pada alat. Perawatan preventif harus dilakukan sesuai jadwal yang telah ditentukan untuk memastikan peralatan tetap dalam kondisi yang optimal dan aman untuk digunakan.
4. **Prosedur Kerja yang Aman**
Setiap langkah dalam proses perakitan harus dilakukan sesuai dengan prosedur kerja yang telah ditetapkan. Prosedur ini mencakup langkah-langkah detail yang harus diikuti untuk memastikan keselamatan karyawan dan keandalan operasional. Setiap perubahan dalam prosedur harus dikomunikasikan secara jelas kepada seluruh karyawan dan didokumentasikan dengan baik.
5. **Pengembangan Sistem Pengaman Tambahan**
Untuk mengidentifikasi dan mencegah kegagalan keselamatan, pengembangan sistem pengaman tambahan harus dilakukan. Ini termasuk pemasangan sensor keselamatan, sistem alarm, dan penghalang fisik di area berisiko tinggi. Semua sistem pengaman ini harus diuji secara berkala untuk memastikan fungsinya.
6. **Pemantauan dan Evaluasi**
Pemantauan rutin terhadap lingkungan kerja dan proses perakitan harus dilakukan untuk mendeteksi potensi bahaya. Sistem pengawasan melalui CCTV dan inspeksi lapangan oleh tim keselamatan kerja harus diterapkan. Evaluasi keselamatan kerja dilakukan setiap bulan untuk menilai efektivitas langkah-langkah mitigasi yang telah diterapkan dan melakukan perbaikan jika diperlukan.
7. **Dokumentasi dan Pelaporan Insiden**
Setiap insiden atau kecelakaan kerja harus didokumentasikan secara rinci dan dilaporkan segera kepada manajemen. Investigasi menyeluruh harus dilakukan untuk menentukan penyebab insiden dan langkah-langkah perbaikan yang diperlukan untuk mencegah kejadian serupa di masa depan.

IV. KESIMPULAN

Penerapan analisis risiko seperti Job Safety Analysis (JSA), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), dan Fault Tree Analysis (FTA) dalam proses perakitan kereta listrik di Skoda Transportation telah menunjukkan pentingnya identifikasi dan mitigasi risiko untuk meningkatkan keselamatan kerja dan keandalan operasional. Dari analisis yang dilakukan, ditemukan bahwa alat seperti cutter dan kunci torsi memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi, menandakan perlunya tindakan mitigasi segera untuk alat-alat tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa 96% dari risiko yang teridentifikasi adalah risiko rendah, sementara 4% adalah risiko sedang. Dengan mengimplementasikan langkah-langkah mitigasi yang efektif, seperti pelatihan keselamatan, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), pemeriksaan rutin peralatan, perbaikan desain, dan penggunaan teknologi baru, risiko kecelakaan dapat dikurangi secara signifikan. Implementasi SOP mitigasi risiko yang terstruktur dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, meningkatkan efisiensi operasional, dan memastikan kualitas produk yang lebih baik. Untuk lebih meningkatkan keselamatan dan keandalan proses perakitan, perusahaan perlu memperkuat pelatihan dan pendidikan keselamatan kerja secara berkala untuk semua karyawan. Penggunaan APD harus terus dipantau dan diperiksa agar selalu dalam kondisi layak pakai. Perawatan preventif peralatan harus dilakukan sesuai jadwal untuk mencegah kegagalan tak terduga. Prosedur kerja yang aman harus diterapkan dengan ketat, dan setiap perubahan harus dikomunikasikan dengan jelas. Pengembangan sistem pengaman tambahan, seperti pemasangan sensor keselamatan dan alarm, perlu dilakukan untuk mengidentifikasi dan mencegah kegagalan keselamatan. Pemantauan dan evaluasi rutin terhadap lingkungan kerja harus ditingkatkan untuk mendeteksi potensi bahaya sejak dini.

REFERENCES

- [1] Basuki, Gatot HM, "Analysis of Occupational Safety and Health in the Production Process Section Using the Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Method at PT Mitra Mandiri Perkasa", *Jurnal IPTEK*, Volume 25, No. 1, hal 27-34, Mei 2021.
- [2] Candrianto, Dr. S.T., M.Pd., "K3 dan Lingkungan," in *K3 dan Lingkungan*, 1st ed. CV. Bintang Semesta Media, Indonesia: CV. Bintang Semesta Media, 2023, pp. 1-240
- [3] Daniyalabbib, Ayudyah Eka Apsari, "Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)", *Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Inovasi*, vol. 2, no. 1, hal 1-10, Januari 2024.
- [4] Fitra, Miladil. "Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (ARK3)". Miladil Fitra, 2021, pp. 1-106
- [5] Gita, M. A. (2015). *Proyek Marvell City Linden Tower Surabaya Dengan Metode FMEA (Failure Mode And Analysis) Dan FTA (Fault Tree Analysis)* [Institut Teknologi Sepuluh November]. <https://repository.its.ac.id/71199/>
- [6] Iskandar, M. (2021). *Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Integrasi Metode*

- Fuzzy Ahp-Fmea Dan Fta (Studi Kasus: Pt. Mataram Tunggal Garment)* [UII].
<https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/37745%0Ahttps://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/37745/17522214.pdf?sequence=1>
- [7] Kusnendar, Andika Rafli, Herwanto, Dene, Hamdani, "Analisis Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Guna Meningkatkan Produktivitas Kerja Di PT. Ciptaunggul Karya Abadi", *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 11, hal 365-378, Juli 2022
- [8] Nuriawati, L., & Ismara, K. I. (2018). Evaluasi Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Berdasarkan Fta , Fmea Dan Pha Di Jurusan Tipl. *Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika*, 8(6), 490–501.
- [9] Purnomo, D. A., & Prisilia, H. (2022). Manajemen Risiko K3 Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Mengidentifikasi Potensi Dan Penyebab Kecelakaan Kerja (Studi Kasus: Tahap II Pembangunan Gedung Laboratorium DLH Banyuwangi). *Tekmapro : Journal of Industrial Engineering and Management*, 17(2), 85–96.
<https://doi.org/10.33005/tekmapro.v17i2.299>
- [10] Putra, R. Ilham Maulana Risdianto, Dahda, Said Salim, "Penilaian Risiko pada Proses Pengambilan Sampel di PT. XYZ Menggunakan Metode FMEA dengan Pendekatan RCA", *JIEOM*, vol. 06, no. 01, hal 102-109, Juni 2023, ISSN: 2620-8184.
- [11] Putri, Nilda Tri, "Manajemen Kualitas Produk Dan Jasa," in *Manajemen Kualitas Produk Dan Jasa*, 1st ed. Andalas University Press, Indonesia: Andalas University Press, 2022, pp. 1-147
- [12] Svinarky, Irene. "Sistem Manajemen K3". CV. Batam Publisher, 2020, pp. 1-249
- [13] Tyas Sefiani Adella, Ferida Yuamita, "Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Pada PT. Surya Karya Setiabudi", *ETNIK: Jurnal Ekonomi-Teknik*, vol. 2, no. 7, hal 650, 2023.
- [14] Wahyuni, K. (2020). Analisa Risiko Bahaya Dengan Metode (FMEA , Failure-Mode and Effects Analysis). *Manajemen Risiko Dan Pencegahan Kerugian*, 1(3).
https://www.academia.edu/33850094/Analisa_Risiko_Bahaya_Dengan_Metode_FMEA_Failure_Mode_and_Effects_Analysi
- [15] YPR Group, "Produksi Alat Pelindung Diri K3", in *YPR Group*, Bukel, YPR Group, Indonesia, 2020, pp. 1-858.