

INTEGRASI METODE FMEA DAN TOPSIS UNTUK MENGANALISIS RISIKO KECELAKAAN PADA PROSES FRAME AND FORK WELDING

Rama Putra Perdana, Evi Yuliatwati
Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
just_rama@rocketmail.com ; evi_y_widodo@yahoo.com

ABSTRAK

PT. Insera Sena, produsen sepeda merk Polygon, telah mendunia dengan berbagai macam sepeda produksinya seperti city bikes, trekking, MTB, full-suspension, hard-tail bikes, downhill, BMX dan masih banyak lagi. Dalam proses produksinya, proses frame and fork welding adalah proses dimana berpotensi tinggi terjadi risiko kecelakaan. Hal ini dikarenakan terdapat banyak mesin yang digunakan pada proses frame and fork welding yang dapat membahayakan tenaga kerja. Risiko kecelakaan adalah bagian yang tidak terpisahkan dalam setiap aktivitas perusahaan, sehingga cara terbaik yang dapat dilakukan adalah mengantisipasi dan melindungi diri terhadap risiko yang berpotensi besar terjadi pada perusahaan. Saat ini PT. Insera Sena sedang melaksanakan proyek pembentukan tim safety yang memiliki fungsi yang berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan kerja tenaga kerja. Dalam rangka mencegah terjadinya kecelakaan dan timbulnya biaya yang tinggi akibat risiko kecelakaan maka diperlukan evaluasi dan analisis untuk memperbaiki atau menghilangkan kegagalan sebelum kinerja sistem menurun.

Penelitian ini memanfaatkan integrasi metode FMEA dan TOPSIS untuk mengetahui tingkat terjadinya risiko kecelakaan yang terjadi pada proses frame and fork welding PT. Insera Sena, melalui nilai RPI. Kemudian dengan menggunakan diagram pareto akan ditentukan risiko kecelakaan yang potensial terjadi pada proses frame and fork welding.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko kecelakaan yang potensial terjadi pada proses frame and fork welding PT. Insera Sena ada 5 yaitu : tergores mesin gerinda dengan nilai RPI sebesar 0,928, mata terkena gram pada proses polishing dengan nilai RPI sebesar 0,668, mata terkena percikan gerinda dengan nilai RPI sebesar 0,661, mata terkena gram pada proses cutting dengan nilai RPI sebesar 0,657 dan mata terkena gram pada mesin chamfer/taper dengan nilai RPI sebesar 0,641. Berikut adalah usulan kepada PT. Insera Sena yang dapat dilakukan sebagai upaya pencegahan terjadinya risiko kecelakaan potensial, yaitu : memberikan pelatihan pada pekerja, memperketat peraturan, memberikan APD dan pengamanan pada mesin yang ada.

Kata kunci : *risiko kecelakaan, risk priority index (RPI), Failure Mode Effect and Analysis (FMEA), TOPSIS*

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya persaingan perusahaan dan tuntutan konsumen dewasa ini, mengharuskan perusahaan untuk dapat fokus pada upaya peningkatan kinerja, perbaikan kualitas produk dan peningkatan efisiensi. Salah satu hambatan yang seringkali muncul dalam meningkatkan kualitas dan produktivitas adalah terjadinya *failure* (kegagalan) pada sistem.

Indonesia boleh berbangga diri karena memiliki perusahaan sepeda yang telah mendunia, yaitu PT. Insera Sena, sebagai produsen sepeda merk Polygon. Berbagai macam sepeda telah diproduksi perusahaan ini, antara lain *city bikes, trekking, MTB, full-suspension, hard-tail bikes, downhill, BMX* dan masih banyak lagi. Dengan didukung peralatan yang lengkap dan canggih serta memenuhi standar Internasional, PT. Insera Sena sudah mendapat kepercayaan oleh dunia sebagai produsen sepeda yang diakui kualitasnya. Hal ini dapat dilihat dari jutaan sepeda yang telah diekspor ke lebih dari 30 negara di 5 benua di dunia. Pengembangan sumber daya manusia dan berbagai hal teknis telah mengisi tahun-tahun perjalanan Polygon sebagai salah satu merk sepeda kelas dunia. Sepeda Polygon selalu memberikan kinerja optimal bagi pengendaranya dan ini merupakan esensi terpenting dalam bersepeda.

Dalam proses produksi pembuatan sepeda di PT. Inera Sena, seringkali tenaga kerja kurang hati-hati dalam pekerjaan dan berpotensi membahayakan kesehatan dan keselamatan kerjanya. Proses yang paling berpotensi terjadinya risiko kecelakaan tersebut terdapat pada proses *frame and fork welding* karena pada proses tersebut banyak menggunakan mesin yang dapat membahayakan tenaga kerja dibandingkan dengan proses yang lain. Disamping itu, saat ini PT. Inera Sena juga sedang dalam proyek pembentukan tim *safety* yang nantinya memiliki fungsi untuk hal-hal yang berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan kerja tenaga kerja. Oleh karena itu untuk mencegah terjadinya kecelakaan dan timbulnya biaya yang tinggi akibat risiko tersebut, maka diperlukan evaluasi dan analisis risiko untuk memperbaiki atau menghilangkan kegagalan sebelum kinerja sistem menurun.

Dalam rangka untuk menghindari segala bentuk kegagalan dalam proses produksi dan pengembangan maka digunakan metode FMEA yang diintegrasikan dengan TOPSIS sebagai upaya pencegahan. Integrasi metode tersebut juga dapat memperkirakan bentuk kegagalan dan menemukan cara yang paling ekonomis untuk menghentikan kegagalan tersebut.

Teknik FMEA diimplementasikan untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk potensi kegagalan, menentukan dampaknya terhadap produksi, dan mengidentifikasi tindakan untuk mengurangi kegagalan [1]. Standar evaluasi FMEA didasarkan pada tingkat keparahan/keseriusan (S), kejadian (O), dan deteksi (D) untuk setiap kejadian risiko. Perkalian nilai S, O dan D akan memperoleh nilai Risk Priority Number (RPN). RPN adalah ukuran yang digunakan untuk menilai risiko dalam mengidentifikasi risiko kegagalan potensial terkait dengan desain atau proses. Namun, teknik FMEA ini memiliki kelemahan pada hasil RPN yang memiliki nilai yang sama tetapi mungkin menimbulkan representasi risiko yang berbeda. Untuk mengurangi kelemahan yang terdapat pada metode FMEA maka digunakan metode TOPSIS untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Metode TOPSIS merupakan teknik pemilihan alternatif yang mempertimbangkan jarak terpendek dari titik idealnya dan jarak terjauh dengan titik negatifnya [2]. Asumsi dasar pada metode ini adalah bahwa solusi terbaik harus sedekat mungkin ke solusi ideal dan terjauh dari solusi ideal negatif. Pendekatan TOPSIS memiliki beberapa kelebihan diantaranya [3] : (1) logikanya bersifat sederhana dan mudah dipahami, (2) proses perhitungannya mudah, (3) alternatif terbaik yang terpilih merupakan model matematika sederhana, (4) penilaian terpenting berada pada prosedur yang diperbandingkan.

Maka, dengan menggunakan integrasi metode FMEA dan TOPSIS diharapkan kinerja sistem pada proses *frame and fork welding* PT. Inera Sena dapat meningkat.

II. LANDASAN TEORI

A. KAJIAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sachdeva et al (2009) yang berjudul *Multi-Factor Mode Critically Analysis Using TOPSIS*, teknik baru berdasarkan metode FMEA yang dimodifikasi bersama dengan TOPSIS diusulkan untuk mengevaluasi risiko maintenance. Teknik ini dikembangkan untuk mengatasi batas-batas dari RPN. Teknik ini telah secara khusus disesuaikan dengan menyederhanakan prosedur penilaian risiko dan memungkinkan untuk evaluasi yang benar pada data yang bersangkutan.

B. MANAJEMEN RISIKO

Manajemen risiko adalah proses pengukuran atau penilaian risiko serta pengembangan strategi pengelolaannya. Strategi yang dapat diambil antara lain adalah memindahkan risiko kepada pihak lain, menghindari risiko, mengurangi efek negatif risiko, dan menampung sebagian atau semua konsekuensi risiko tertentu. Manajemen risiko tradisional terfokus pada risiko-risiko yang timbul oleh penyebab fisik atau legal (seperti bencana alam atau kebakaran, kematian serta tuntutan hukum).

Manajemen risiko bertujuan untuk mengelola risiko sehingga organisasi bisa bertahan, atau barangkali mengoptimalkan risiko ketidakpastian [4]. Manajemen risiko pada dasarnya dilakukan melalui proses-proses berikut ini :

- Identifikasi risiko
- Evaluasi dan pengukuran risiko
- Pengelolaan risiko

C. FMEA

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) / Mode Kegagalan dan Analisis Efek adalah metodologi untuk menganalisis potensi masalah keandalan atau peristiwa yang tidak diinginkan di awal siklus pengembangan yang lebih mudah untuk mengambil tindakan untuk mengatasi masalah, dengan demikian meningkatkan kehandalan melalui desain.

FMEA diimplementasikan untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk potensi kegagalan, menentukan dampaknya terhadap produksi dan mengidentifikasi tindakan untuk mengurangi kegagalan [1]. Mode Kegagalan dan Efek Analisis sebagai alat perencanaan pada pengembangan proses, produk, atau layanan.

D. TOPSIS

Metode TOPSIS merupakan sebuah teknik berdasarkan pada konsep pemilihan alternatif yang mempunyai jarak terpendek dari titik idealnya dan memiliki jarak terjauh dengan titik negatifnya [2]. Asumsi dasarnya adalah bahwa solusi terbaik harus sedekat mungkin ke solusi ideal dan yang terjauh dari solusi ideal negatif. Pendekatan TOPSIS memiliki beberapa kelebihan diantaranya [3] : (1) logikanya bersifat sederhana dan mudah dipahami, (2) proses perhitungannya mudah, (3) alternatif terbaik yang terpilih merupakan model matematika sederhana, dan (4) penilaian terpenting berada pada prosedur yang diperbandingkan.

Berikut adalah langkah-langkah metode TOPSIS [2] :

1. Membangun matriks perbandingan kriteria pada TOPSIS.
TOPSIS dimulai dengan membangun sebuah matriks keputusan,

$$X = [x_{ij}]$$

2. Normalisasi matriks perbandingan kriteria asli.
Digunakan persamaan (Deng et al., 2002 dalam Sachdeva et al., 2009) untuk mengubah setiap elemen $[x_{ij}]$ yang diberikan di bawah ini :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}$$

3. Perhitungan bobot setiap perbandingan kriteria.
Perhitungan perbandingan berat masing-masing kriteria didasarkan pada perhitungan nilai entropi dan kemudian mengubahnya menjadi berat digambarkan dalam dua langkah berikut :

- a. Hitung nilai entropi setiap kriteria C_1, C_2, \dots, C_n .
Bobot setiap kriteria dihitung menggunakan konsep entropi [2]. e_j mewakili entropi dari kriteria j^{th} .

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n r_{ij} \ln r_{ij}$$

Dimana $1/\ln n$ merupakan konstanta dan membuat nilai e_j diantara 0 (nol) dan 1 (satu).

- b. Perhitungan bobot $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ setiap kriteria.
 Bobot obyektif untuk setiap kriteria didapat :

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^m (1 - e_j)}$$

4. Penetapan solusi ideal positif (v^+) dan solusi ideal negatif (v^-) untuk masing-masing perbandingan kriteria.
 Dalam rangka untuk menurunkan indeks kinerja dari setiap kriteria yang digunakan untuk perbandingan, penting untuk menghitung solusi ideal positif v^+ dan solusi ideal negatif v^- dari masing-masing kriteria.

$$\begin{aligned} v^+ &= (\max(r_{i1}), (\max(r_{i2}), \dots, (\max(r_{in}))) \\ &= (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) \\ v^- &= (\min(r_{i1}), (\min(r_{i2}), \dots, (\min(r_{in}))) \\ &= (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \end{aligned}$$

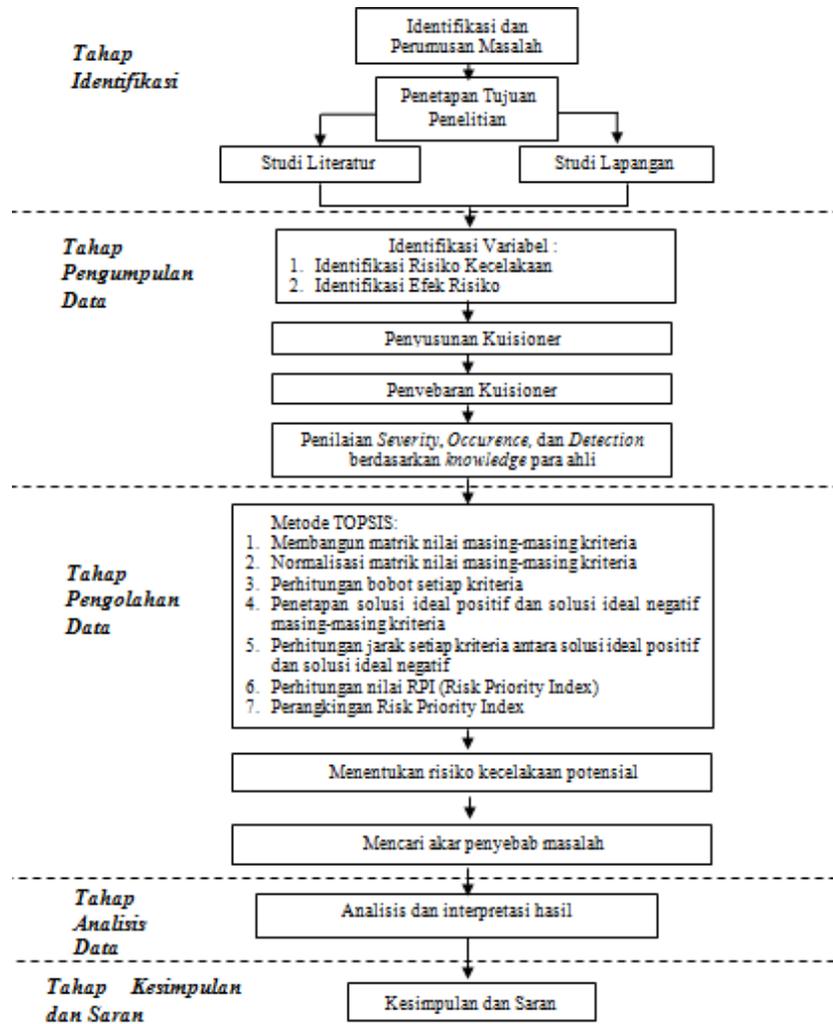
5. Perhitungan jarak pada setiap kriteria antara solusi ideal positif v^+ dan solusi ideal negatif v^- .
 Untuk menghitung jarak *euclidean* g dari setiap alternatif ke v_1^+ dan v_1^- menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} d^+ &= \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (v_j^+ - r_{ij})^2} \\ d^- &= \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (r_{ij} - v_j^-)^2} \end{aligned}$$

6. Perhitungan relatif *Risk Priority Index* (RPI) dari solusi ideal.
 Peringkat akhir dari alternatif-alternatif didapat dengan mengacu pada nilai relatif kedekatan terhadap solusi ideal. Untuk setiap kriteria yang dibandingkan, perhitungan *Risk Priority Index* (RPI) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$RPI = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Metodologi Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap awal dilakukan identifikasi risiko kecelakaan serta efek risiko yang terdapat pada proses *frame and fork welding* PT. Insera Sena. Proses ini adalah tahap awal dari pembuatan sepeda di PT. Insera Sena. Dari hasil identifikasi terdapat 43 risiko kecelakaan dan efek risiko, yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Identifikasi Risiko Kecelakaan dan Efek Risiko

No	Proses	Risiko Kecelakaan (<i>Failure Mode</i>)		Efek Risiko (<i>Failure Effect</i>)
1	Proses <i>Cutting</i>	F1	Kejatuhan pipa	Memar
		F2	Tangan terjepit mesin <i>cutting</i>	Terluka
		F3	Terkena putaran gergaji mesin <i>cutting</i>	

		F4	Mata terkena gram pada proses <i>cutting</i>	Cedera pada mata (bisa menyebabkan kebutaan)
		F5	Mesin yang bising pada mesin <i>cutting</i>	Mengganggu pendengaran
2	Proses <i>Forming</i>	F6	Tangan terjepit mesin <i>press hidrolis</i>	Memar, patah tulang
		F7	Tangan terbentur mesin <i>roll</i>	Memar
3	Proses Pemetasan	F8	Mesin yang bising pada mesin <i>noching</i>	Mengganggu pendengaran
		F9	Tergores <i>alloy</i> yang telah terpotong	Terluka
		F10	Terkena putaran mesin <i>noching</i>	
		F11	Mata terkena gram pada proses pemetasan	Cedera pada mata (bisa menyebabkan kebutaan)
4	Proses <i>Bending</i>	F12	Tangan terjepit mesin <i>punch</i>	Memar, patah tulang
5	Proses <i>Drilling</i>	F13	Terkena putaran mesin <i>drilling</i>	Terluka
		F14	Mata terkena gram pada proses <i>drilling</i>	Cedera pada mata (bisa menyebabkan kebutaan)
6	Proses <i>Brazing</i>	F15	Gas meledak	Kebakaran
		F16		Luka-luka, memar, cedera
		F17	Terkena api dari las pada proses <i>brazing</i>	Terluka
		F18	Sinar las pada proses <i>brazing</i>	Cedera pada mata (bisa menyebabkan kebutaan)
7	Proses <i>Polishing</i>	F19	Mata terkena gram pada proses <i>polishing</i>	Cedera pada mata (bisa menyebabkan kebutaan)
		F20	Mesin yang bising pada mesin <i>polish</i>	Mengganggu pendengaran
		F21	Menghirup serbuk	Saluran pernafasan terganggu
		F22	Tangan terkena putaran mesin <i>poles</i>	Terluka
8	Proses <i>Welding</i>	F23	Sinar las pada proses <i>welding</i>	Cedera pada mata (bisa menyebabkan kebutaan)
		F24	Terkena api dari las pada proses <i>welding</i>	Terluka
		F25	Menghirup uap dari proses las	Saluran pernafasan terganggu
		F26	Tersengat listrik	Tersetrum
		F27	Kabel terbakar	Kebakaran
9	Proses <i>Treatment T4</i>	F28	Kulit terkena larutan solfen untuk proses <i>treatment</i>	Penyakit pada kulit
		F29	Kejatuhan benda berat dari <i>crane</i>	Memar, cedera, patah tulang
		F30	Terpeleset pada area sekitar T4	

		F31	Kondisi tangga licin	
		F32	Tertabrak/terlindas <i>forklift</i>	
		F33	Menghirup bau dari proses T4	Saluran pernafasan terganggu
10	Proses <i>Alignment</i>	F34	Tangan terjepit pada mesin <i>alignment</i>	Memar, patah tulang
		F35	Terbentur pada proses <i>alignment</i>	
11	Proses <i>Finishing</i>	F36	Tangan terkena putaran mesin <i>reamer</i>	Terluka
		F37	Mata terkena gram pada mesin <i>champer/taper</i>	Cedera pada mata (bisa menyebabkan kebutaan)
12	Proses <i>Polishing</i>	F38	Tergores mesin gerinda	Luka-luka, memar, cedera
		F39	Terbentur <i>frame</i>	
		F40	Mata terkena percikan gerinda	Cedera pada mata (bisa menyebabkan kebutaan)
13	Proses <i>Phospating</i>	F41	Kulit terkena cairan kimia untuk proses <i>phospating</i>	Penyakit pada kulit
		F42	Menghirup bau Hcl	Saluran pernafasan terganggu
		F43	Mata terkena Hcl	Cedera pada mata (bisa menyebabkan kebutaan)

Risiko kecelakaan yang teridentifikasi tersebut kemudian dipakai sebagai variabel dalam kuisisioner untuk mendapatkan nilai kriteria *severity*, *occurence* dan *detection* untuk setiap variabel. Setelah mendapatkan nilai untuk masing-masing kriteria pada masing-masing variabel, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan menggunakan TOPSIS. Berikut adalah urutan langkah untuk mendapatkan nilai *Risk Priority Index* :

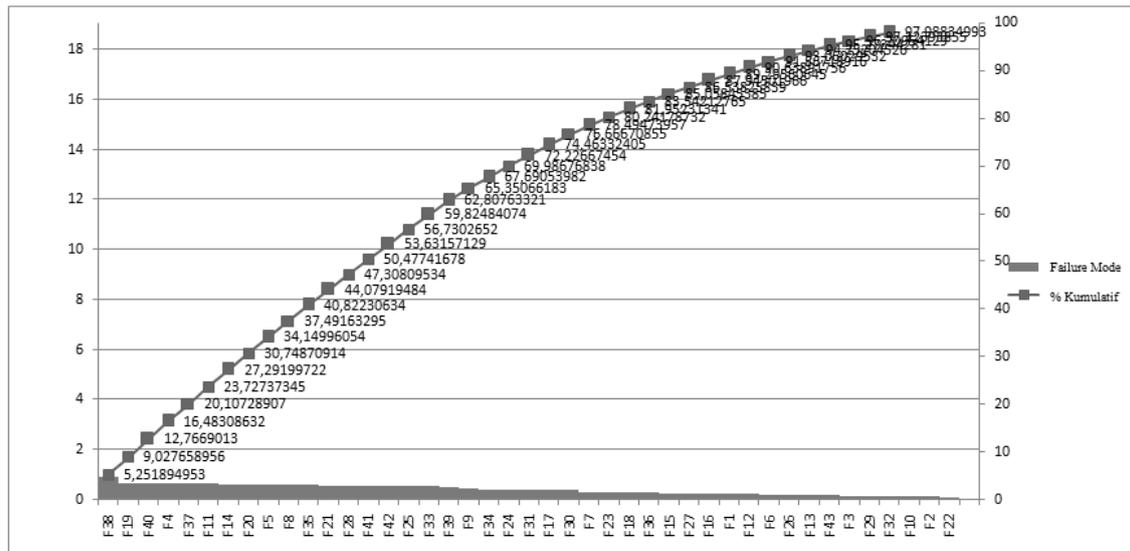
Tabel 2. Tabel Perhitungan *Risk Priority Index*

<i>Failure Mode</i>	d^+	d^-	$RPI = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$	Ranking
F1	0,034417071	0,010802403	0,238888302	32
F2	0,039333462	0,005886012	0,130165417	42
F3	0,037732274	0,0074872	0,165574681	38
F4	0,015496297	0,029723177	0,657309207	4
F5	0,018015232	0,027204242	0,60160456	9
F6	0,035395385	0,009824089	0,217253507	34
F7	0,030598327	0,014621147	0,323337404	25
F8	0,018491763	0,026727711	0,591066384	10
F9	0,024879559	0,020339915	0,449804334	19
F10	0,038608608	0,006610866	0,146195119	41
F11	0,01626494	0,028954535	0,640311174	6
F12	0,034475264	0,01074421	0,2376014	33
F13	0,035687496	0,009531978	0,21079365	36
F14	0,01670853	0,028510944	0,630501443	7

F15	0,033091437	0,012128038	0,268203861	29
F16	0,03396777	0,011251704	0,2488243	31
F17	0,027330072	0,017889402	0,395612786	23
F18	0,031538167	0,013681307	0,302553436	27
F19	0,015019767	0,030199707	0,667847383	2
F20	0,017571642	0,027647832	0,611414276	8
F21	0,019169891	0,026049584	0,576070023	12
F22	0,041626564	0,00359291	0,079454936	43
F23	0,031246056	0,013973419	0,309013293	26
F24	0,026853541	0,018365934	0,406150976	21
F25	0,020435179	0,024784295	0,548088973	16
F26	0,035676649	0,009542826	0,211033536	35
F27	0,033383548	0,011835926	0,261744004	30
F28	0,019393747	0,025825727	0,571119579	13
F29	0,037905847	0,007313627	0,161736224	39
F30	0,027596136	0,017623339	0,389728959	24
F31	0,027304024	0,01791545	0,396188816	22
F32	0,038305649	0,006913825	0,152894852	40
F33	0,020468119	0,024751355	0,547360527	17
F34	0,026504419	0,018715055	0,413871573	20
F35	0,018579737	0,026639738	0,589120906	11
F36	0,032503657	0,012715817	0,281202236	28
F37	0,016232	0,028987474	0,641039619	5
F38	0,003213223	0,042006251	0,928941612	1
F39	0,021362194	0,02385728	0,527588627	18
F40	0,015311878	0,029907596	0,661387526	3
F41	0,019870279	0,025349196	0,560581389	17
F42	0,019991588	0,025227886	0,557898703	13
F43	0,037050026	0,008169448	0,180662161	30

Setelah mendapatkan ranking untuk masing-masing variabel, maka langkah selanjutnya adalah menentukan variabel potensial dengan menggunakan diagram pareto. Hasil dari penggambaran konsep pareto 80/20 memperlihatkan risiko kecelakaan yang memiliki dampak terbesar. Konsep ini mengasumsikan bahwa pada umumnya 80% permasalahan yang ada disebabkan oleh 20% penyebab. Diagram ini membantu kita untuk memfokuskan usaha kepada 20% penyebab tersebut dibandingkan dengan mengerjakan 80% penyebab lain yang memiliki dampak kecil terhadap permasalahan. Risiko kecelakaan yang masuk dalam 20% dampak terbesar akan dicari solusi efektif untuk meminimalkan efek risiko yang timbul karena risiko kecelakaan tersebut.

Berikut merupakan penggambaran diagram pareto untuk risiko kecelakaan yang terjadi pada proses *frame and fork welding* PT. Insera Sena :



Gambar 2. Diagram Pareto Risiko Kecelakaan

Dari hasil pengolahan data dengan diagram pareto didapatkan lima risiko kecelakaan potensial yang masuk dalam 20% penyebab, yaitu :

1. Tergores mesin gerinda (risiko kecelakaan no.38)
2. Mata terkena gram pada proses *polishing* (risiko kecelakaan no.19)
3. Mata terkena percikan gerinda (risiko kecelakaan no.40)
4. Mata terkena gram pada proses *cutting* (risiko kecelakaan no.4)
5. Mata terkena gram pada mesin *champer/taper* (risiko kecelakaan no.37)

Setelah risiko kecelakaan potensial teridentifikasi, selanjutnya dilakukan pencarian penyebab munculnya risiko yang masuk dalam 20% penyebab diagram pareto dengan diagram Ishikawa. Hasil dari diagram Ishikawa merupakan solusi alternatif perbaikan yang dapat mengurangi efek terjadinya risiko kecelakaan potensial. Solusi alternatif perbaikan tersebut adalah sebagai berikut :

- Memperketat peraturan.
- Memberikan *banner* atau poster besar mengenai K3 disekitar lingkungan kerja
- Memberikan pelatihan dan wawasan yang baru mengenai teknologi pada alat produksi terhadap pekerja.
- Memberikan alat pelindung diri pada pekerja berupa *safety glass*, sarung tangan, penutup lengan dan *earplug*.
- Pemasangan kaca pengaman atau pelat plastik tembus pandang pada bagian depan mesin yang ada yaitu, mesin *cutting*, *polihing* dan *champer/taper*.
- Menambah ventilasi pada sekitar lingkungan kerja.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terkait dengan analisis risiko kecelakaan potensial pada proses *Frame and Fork Welding* PT. Inera Sena, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil identifikasi awal diperoleh 43 risiko kecelakaan dan efek risiko pada proses *Frame and Fork Welding* PT. Inera Sena.
2. Terdapat lima risiko kecelakaan potensial yang masuk dalam 20% penyebab diagram pareto yaitu:
 - a. Tergores mesin gerinda (risiko kecelakaan no.38)
 - b. Mata terkena gram pada proses *polishing* (risiko kecelakaan no.19)

- c. Mata terkena percikan gerinda (risiko kecelakaan no.40)
 - d. Mata terkena gram pada proses *cutting* (risiko kecelakaan no.4)
 - e. Mata terkena gram pada mesin *champer/taper* (risiko kecelakaan no.37)
3. Solusi alternatif perbaikan untuk meminimalkan risiko kecelakaan potensial adalah sebagai berikut :
- Memperketat peraturan.
 - Memberikan *banner* atau poster besar mengenai K3 disekitar lingkungan kerja
 - Memberikan pelatihan dan wawasan yang baru mengenai teknologi pada alat produksi terhadap pekerja.
 - Memberikan alat pelindung diri pada pekerja berupa *safety glass*, sarung tangan, penutup lengan dan *earplug*.
 - Pemasangan kaca pengaman atau pelat plastik tembus pandang pada bagian depan mesin yang ada yaitu, mesin *cutting*, *polihing* dan *champer/taper*.
 - Menambah ventilasi pada sekitar lingkungan kerja.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Crow, A. 2002. *Pengelolaan Risiko*. Yogyakarta: Nur Cahya
- [2] Sachdeva, A., Kumar, D., Kumar, P. 2009, Multi-Factor Mode Critically Analysis Using TOPSIS. *International Journal of Industrial Enineering* , Vol. 5, No. 8 pp 1-9.
- [3] Wang, T. C., Chang, T. H. 2006, Application of TOPSIS in Evaluating Initial Trainning Aircraft Under A Fuzzy Environment, *Expert System with Aplication*, Vol. 36, pp. 1195-1207.
- [4] Pressman, Roger S. 2002, *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi (Buku I)*. Yogyakarta : Andi Offset.