

Analisis *Failure Mode And Effect Analysis* Proyek X Di Kota Madiun

Aan Zainal Muttaqin⁽¹⁾, Yudha Adi Kusuma⁽²⁾

^(1,2)Program Studi Teknik Industri, Universitas PGRI Madiun

Email: aanzainal@unipma.ac.id⁽¹⁾

Abstrak

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan, kondisi diluar spesifikasi yang ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk. Metodologi yang digunakan adalah penelitian deskriptif dimana pengumpulan data didapatkan dari penelitian kepustakaan dan penelitian lapangan yang berupa wawancara dan pengamatan langsung. Pada analisis data yang dilakukan terdapat 46 potensi kegagalan dari kegiatan proyek. Kemudian dilakukan perhitungan pada nilai dampak yang ditimbulkan, kemudian nilai pada kegagalan yang ditimbulkan dan nilai pada cara pencegahan. Dari ketiga nilai tersebut dikalikan untuk menghitung nilai prioritas. Didapatkan RPN tertinggi pada 9 indikator yaitu perencanaan, kontrak kerja, kegiatan *Workshop* dan pasca proyek, kejadian tak terduga, kondisi politik, biaya, mutu dan waktu. Tiga indikator tertinggi adalah perencanaan dengan RPN 179,65, kemudian kontrak kerja RPN sebesar 137,09 dan kegiatan *Workshop* dengan RPN 170,85. Total RPN dari 9 indikator adalah 1289,37 dan nilai kritis sebesar 143,26.

Kata kunci: FMEA, RPN, Mode kegagalan

Abstract

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) is a structured procedure to identify and prevent as many *failure* modes as possible. A *failure* mode is anything that is included in the defect, conditions outside the specified specifications, or changes in the product that cause disruption of the function of the product. The methodology used is descriptive research where data collection is obtained from library research and field research in the form of interviews and direct observation. In the data analysis conducted there were 46 *Potential failures* of the project activities. Then do the calculations on the value of the impact caused, then the value on the *failure* caused and the value on prevention. Of the three values are multiplied to calculate the priority value. The highest RPN is obtained on 9 indicators, namely planning, work contracts, *Workshops* and post-project activities, unexpected events, political conditions, costs, quality and time. The three highest indicators are planning with RPN 179.65, then RPN employment contract of 137.09 and *Workshop* activities with RPN 170.85. The total RPN of the 9 indicators is 1289.37 and the critical value is 143.26

Keyword : FMEA, RPN, *failure* mode

Pendahuluan

Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah mode kegagalan (*failure mode*) yang kemungkinan terjadi . Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan, kondisi diluar spesifikasi yang ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk [1],[2],[3]. Beberapa

kasus FMEA ini juga bisa diterapkan dalam penilaian risiko dengan cara memperluas Matrix tingkat keparahan risiko dengan memasukkan kemudahan mendeteksi pada kasus proyek [4],[5],[6],[7],[8].

Menurut [9],[10],[11],[12] tujuan yang dapat dicapai dengan penerapan FMEA:

1. Mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat pengaruh efeknya
2. Mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
3. Mengurutkan desain potensial dan defisiensi proses
4. Membantu fokus para *engineer* dalam mencegah timbulnya permasalahan

Pada dasarnya terdapat dua jenis FMEA [9],[13],[14] yaitu:

1. Design FMEA

Digunakan untuk memastikan bahwa *Potential failure modes*, sebab dan akibatnya telah dipastikan memiliki keterkaitan dengan karakteristik desain. *Design FMEA* akan menguji fungsi dari komponen, sub sistem dan sistem, dengan potensialnya dapat berupa kesalahan pemilihan material, ketidaktepatan spesifikasi dan sebagainya [15].

2. Process FMEA

Digunakan untuk memastikan bahwa *Potential failure modes*, sebab dan akibatnya telah dipastikan memiliki keterkaitan dengan karakteristik prosesnya. *Process FMEA* akan menguji fungsi dari komponen, sub sistem dan sistem. Modus potensialnya dapat berupa kesalahan operator dalam merakit part, terdapat variasi proses yang terlalu besar sehingga produk berada diluar batas spesifikasi yang telah ditentukan [4], [10].

Menurut [16] yang pertama dan paling penting tugas tim FMEA adalah mengumpulkan informasi tentang proyek atau proses secara keseluruhan dengan cara melakukan identifikasi dan implementasi pada kegiatan dan proses secara hati-hati melalui survei. Pengumpulan informasi yang akurat, berguna dan menyeluruh tentang proyek dapat dilakukan dengan cara melalui wawancara, brainstorming dan *study* pustaka [17]–[19]. Kemudian, daftar semua kesalahan yang menjadi penyebab dan kemungkinan terjadi secara singkat dan benar. Pengetahuan yang memadai dalam tindakan evaluasi dapat membantu untuk mengidentifikasi munculnya risiko [20]. Untuk lebih mengetahui kemungkinan risiko perlu memperhatikan data historis, standar operasi, persyaratan dan peraturan yang mengatur tempat kerja dan kondisi kerja.

Ketika menerapkan FMEA, setiap komponen diperiksa untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan. Tiga langkah yang diperhatikan: kemungkinan terjadinya kegagalan (*Occurrence*), dampak atau keparahan kegagalan (*Severity*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*Detection*) [12], [21].

1. Severity

Keparahan atau penurunan risiko hanya dipertimbangkan pada "efek", mengurangi keparahan risiko hanya mungkin dilakukan melalui perubahan dalam proses dan kegiatan. Ada beberapa faktor kuantitatif untuk tingkat keparahan risiko ini yang dinyatakan pada skala 1 sampai 10. Tingkat keparahan ditunjukkan pada Tabel 1 dengan urutan prioritas [9], [22].

Tabel 1 Nilai *Severity*

<i>Effect</i>	<i>Severity Of the Effect</i>	<i>Rank</i>
<i>Hazardous</i>	Risiko menyebabkan dampak pada biaya, waktu, dan / atau ruang lingkup begitu parah sehingga tidak ada kesempatan untuk pemulihan. Hal ini mengharuskan penutupan proyek proses pada praktekkan.	10
<i>Serious</i>	Risiko mempengaruhi biaya, waktu dan / atau ruang lingkup, memerlukan tindakan oleh manajer untuk mencapai tujuan (revisi) proyek. Dampaknya memerlukan penundaan dan / atau peningkatan yang signifikan dari biaya, dan hilangnya fungsional dalam proyek. Ini memerlukan manajemen perubahan proyek, persetujuan, rencana kontingensi, dan review tujuan baru bagi kelangsungan proyek.	9

Tabel 2 Nilai *Severity* (lanjutan)

<i>Effect</i>	<i>Severity Of the Effect</i>	<i>Rank</i>
<i>Extreme</i>	Risiko mempengaruhi biaya, waktu dan / atau ruang lingkup, dan memerlukan tindakan dari manajer proyek untuk mencapai tujuan proyek. Dampaknya memerlukan penundaan dan / atau peningkatan yang signifikan dalam biaya, dan dapat diterjemahkan ke dalam hilangnya proyek fungsi. Hal ini membutuhkan manajemen perubahan, perencanaan kontingensi, dan persetujuan proses proyek.	8
<i>Major</i>	Risiko mempengaruhi biaya, waktu dan / atau ruang lingkup, dan memerlukan tindakan dari manajer untuk mencapai tujuan proyek. Hal ini membutuhkan proses manajemen perubahan proyek pada praktiknya, dengan persetujuan pihak perusahaan atas perubahan ini.	7
<i>Significant</i>	Risiko mempengaruhi biaya, waktu dan / atau ruang lingkup, dan memerlukan tindakan dari manajer untuk mencapai tujuan proyek. Ini mungkin mengharuskan proses manajemen perubahan proyek dipraktekkan, tanpa harus meminta persetujuan perusahaan.	6
<i>Moderate</i>	Risiko mempengaruhi biaya, waktu dan / atau ruang lingkup, dan memerlukan tindakan dari manajer untuk mencapai tujuan proyek.	5
<i>Low</i>	Risiko menyebabkan penundaan dalam kegiatan yang tidak pada jalur proyek kritis. Selain itu, Risiko dapat melibatkan dampak terhadap <i>resources</i> proyek, tanpa mempengaruhi batas waktu, anggaran dan ruang lingkup proyek.	4
<i>Minor</i>	Risiko tidak menyebabkan ada kerugian kecil untuk tujuan proyek, memerlukan pengerjaan ulang atau koreksi minor dalam <i>deliverable</i> proyek, tidak ada waktu tambahan atau anggaran yang dibutuhkan.	3
<i>Very Minor</i>	Risiko menyebabkan ada penundaan dan / atau biaya tambahan, tanpa mempengaruhi tujuan proyek atau keseimbangan terhadap biaya dan waktu.	2
<i>None</i>	Risiko menyebabkan ada pembatasan pengetatan kecil di proyek, dengan tidak berdampak pada kualitas, biaya, waktu dan ruang lingkup.	1

2. *Detection*

Probabilitas pada *Detection* adalah salah satu jenis penilaian untuk mengidentifikasi penyebab / mekanisme risiko. Tim proyek harus menggunakan kriteria evaluasi dan dasar sistem jika beberapa perubahan diperlukan dalam kasus khusus. Penentuan pengendalian terbaik dilakukan sedini mungkin selama proses proyek. Selain itu, tim harus meninjau potensi skor risiko setelah mencetak skor dan memastikan bahwa peringkat ini masih tetap. Meskipun FMEA memprioritaskan kegagalan lebih kritis, hal itu juga memerlukan analisis setiap komponen sistem dan ini mungkin memakan waktu sumber daya yang tersedia. Cara menentukan nilai *Detection* dengan menggunakan *rating* 1-10, dimana setiap *rating* memiliki kriteria tersendiri dapat dilihat pada Tabel 2 berikut [23], [24].

Tabel 3 Nilai *Detection*

Deteksi	Kemungkinan deteksi	<i>Rank</i>
Tidak terdeteksi	Tidak ada tindakan pencegahan terhadap risiko, atau tindakan sistematis untuk memantau dan mengendalikan risiko. (Deteksi kurang dari 1% dari waktu, dan risiko biasanya mempengaruhi proyek)	10
Sangat sedikit kemungkinan	Tidak ada tindakan pencegahan terhadap risiko, dan tindakan untuk pengawasan dan pengendalian risiko jarang terjadi, tanpa menunjukkan tingkat lanjutan yang menjamin keefektifan manajemen risiko proyek. (Tidak ada pencegahan risiko, tetapi mendeteksi 10% setelah terjadinya, sebelum mempengaruhi tujuan proyek)	9

Tabel 4 Nilai *Detection* (lanjutan)

Deteksi	Kemungkinan deteksi	Rank
Sedikit kemungkinan	Tidak ada tindakan pencegahan terhadap risiko, tetapi ada tindakan untuk monitoring dan kontrol risiko, dengan tidak ada tingkat lanjutan untuk menjamin pengulangan, prosedur dan frekuensi yang diperlukan untuk manajemen yang efektif. (Tidak mencegah risiko, tetapi mendeteksi 50% setelah terjadinya, sebelum mempengaruhi tujuan proyek)	8
Sangat rendah	Tidak ada mekanisme pencegahan penyebab risiko, tapi ada proses pemantauan dan pengendalian risiko selama proyek, dengan cara sistemik. (Tidak mencegah risiko, tetapi mendeteksi 90% setelah terjadinya, sebelum mempengaruhi tujuan proyek)	7
Rendah	Ada sangat sedikit kesempatan untuk mendeteksi risiko sebelum terjadi. (Mendeteksi dan menghindari terjadinya 10% dari waktu, dan hanya mendeteksi untuk sisanya)	6
Sedang	Ada sedikit kesempatan untuk mendeteksi risiko sebelum terjadi. (Mendeteksi dan menghindari terjadinya 30% dari waktu, dan hanya mendeteksi untuk sisanya)	5
Cukup tinggi	Ada kesempatan besar untuk mendeteksi risiko sebelum terjadi. (Mendeteksi dan menghindari terjadinya 50% dari waktu, dan hanya mendeteksi untuk sisanya)	4
Tinggi	Kemungkinan tinggi mendeteksi penyebab risiko sebelum terjadi. (Mendeteksi dan menghindari terjadinya 70% dari waktu, dan hanya mendeteksi untuk sisanya)	3
Sangat tinggi	Kemungkinan yang sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab risiko sebelum terjadi. (Mendeteksi dan menghindari terjadinya 85% dari waktu, dan hanya mendeteksi untuk sisanya)	2
Hampir pasti	Penyebab risiko pasti akan terdeteksi sebelum terjadi (Mendeteksi dan menghindari terjadinya 100% dari waktu)	1

3. *Occurrence*

Occurrence adalah probabilitas munculnya penyebab atau mekanisme tertentu. Dengan kata lain, probabilitas pada *Occurrence* spesifik pada frekuensi kejadian kesalahan potensial. Probabilitas pada *Occurrence* dinilai dengan angka 1 sampai 10 dari bantuan survei arsip dan dokumen sebelumnya, memeriksa proses kontrol dan hukum perburuhan. Pencegahan atau pengendalian dari satu atau beberapa mekanisme kesalahan adalah satu-satunya cara yang dapat mengurangi tingkat *Occurrence* melalui pembentukan perubahan dalam rencana atau proses desain seperti checklist desain, desain review, pedoman desain dan lain-lain. Jadi, hanya dengan menghilangkan atau mengurangi penyebab atau mekanisme setiap bahaya diharapkan mengurangi jumlah nilai probabilitas *Occurrence*, ditunjukkan pada Tabel 3 [15], [25], [26] .

Tabel 5 Nilai *Occurrence*

Probability of Failure	Possible Failure Rates	Rank
Sangat tinggi: kegagalan hampir tidak bisa dihindari.	>1 in 2	10
	1 in 3	9
Tinggi: umumnya berkaitan dengan poses terdahulu yang sering menimbulkan kegagalan	1 in 8	8
	1 in 20	7
Sedang : umumnya berkaitan dengan proses terdahulu yang kadang mengalami kegagalan tetapi tidak dalam jumlah besar.	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2,000	4
Rendah : kegagalan terisolasi berkaitan dengan proses yang identik.	1 in 15,000	3

Tabel 6 Nilai *Occurrence* (lanjutan)

<i>Probability of Failure</i>	<i>Possible Failure Rates</i>	<i>Rank</i>
Sangat rendah : hanya kegiatan terisolasi yang berkaitan dengan proses yang hampir identik.	1 in 150,000	2
Hampir tidak mungkin : kegagalan yang mustahil, tidak pernah ada kegagalan dalam proses yang identik.	< 1 in 1,500,000	1

Dari nilai *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* dapat diperoleh nilai RPN, yaitu dengan cara mengalikan ketiga unsur tersebut ($RPN = S \times O \times D$). Berdasarkan nilai RPN yang telah diperoleh maka dilakukanlah pengurutan berdasarkan nilai RPN tertinggi sampai dengan terendah. Kegiatan produksi dengan nilai RPN tertinggi merupakan sasaran utama perbaikan yang harus segera diselesaikan. Contoh penggunaan FMEA bisa dilihat pada Tabel 4:

Tabel 7 Contoh penggunaan FMEA

Peristiwa risiko	Kemungkinan	Dampak	Deteksi Kesulitan	Kapan
Masalah antarmuka	3	4	4	Konversi
System freezing	2	5	5	Start-up
Reaksi pemakai yang tidak menyenangkan	4	3	3	Pascainstalansi
Malfungsi perangkat keras	1	5	5	Instalansi

Metode Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan penelitian deskriptif [27], yaitu penelitian yang menggambarkan sejumlah data yang kemudian dianalisis dengan menggunakan metode tertentu lalu diinterpretasikan berdasarkan kenyataan yang sedang berlangsung. Penelitian ini dilakukan untuk mencari dan mengumpulkan data untuk memperoleh fakta-fakta yang jelas terkait dengan berbagai keadaan dan situasi yang ada dalam perusahaan. Pada penelitian deskriptif ini, pengumpulan data didapatkan dari penelitian kepustakaan dan penelitian lapangan yang berupa wawancara dan pengamatan langsung terhadap keadaan yang sebenarnya dalam perusahaan.

Hasil dan Pembahasan

Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) merupakan tahapan penilaian risiko terhadap risiko proyek X yang sudah diidentifikasi dari aspek pelaksanaan, eksternal dan perencanaan operasional. Hasil dari penilaian risiko dengan FMEA ini berupa *Risk Priority Number* (RPN) [24], [26]. Sebelum penentuan *Risk Priority Number* (RPN) dilakukan pembobotan pada nilai *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*.

Perhitungan Nilai *Severity*

Nilai *Severity* merupakan langkah untuk menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian dapat mempengaruhi hasil akhir proses. Dampak tersebut dinotasikan dengan skala 1 sampai 10, dimana nilai 1 merupakan dampak yang terendah dan nilai 10 adalah dampak yang terburuk.

Sebagai contoh, pada risiko jenis produk menyebabkan perbedaan tingkat kesulitan pengerjaan akibat tidak fokusnya proyek produkyang diterima. Sehingga penilaian *Severity* berdasarkan Tabel 1 adalah sebesar 7, karena bentuk dari risiko memerlukan tindakan dari manajer untuk mencapai tujuan proyek. Nilai *Severity* dari masing-masing *Potential failure* pada proyek X dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 8 Nilai *Severity* untuk *failure*

No	<i>Potential Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Sev.</i>
1	Perbedaan jenis produk	Tidak fokus dari perusahaan tentang proyek produk yang diterima.	7
2	Teknologi baru yang digunakan	Perlu biaya untuk studi lanjutan terhadap proyek.	8

3	Kompleksitas pekerjaan proyek	Keberagaman pekerjaan, kemampuan <i>Workshop</i> tidak memumpuni.	7
4	Keterlambatan pengiriman	Terjadi perubahan jadwal produksi proyek.	10

Tabel 9 Nilai *Severity* untuk *failure* (lanjutan)

No	<i>Potential Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Sev.</i>
5	Barang rusak saat diterima	Komponen belum bisa dipasang.	6
6	Alternative penilaian supplier sedikit	Kesulitan mencari pilihan apabila supplier langganan tidak bisa memenuhi pesanan.	7
7	Perencanaan BOM, BQ, Tespek Ima	Sub preparation belum bisa dilaksanakan, terjadi <i>delay</i> pekerjaan di <i>Workshop</i> .	7
8	Lambatnya respon pelanggan mengenai <i>design arrangement</i>	Waktu <i>design drawing</i> terlambat.	9
9	Beberapa aspek belum dimasukkan dalam <i>working instruction</i>	Terjadi revisi pada <i>Work Instruction</i> , beberapa proses yang dikerjakan berhenti sementara.	8
10	Sistem kontrak yang digunakan	Biaya proyek ditanggung perusahaan.	9
11	Waktu nota dinas dan kontrak masuk tidak berjalan seimbang	Mengganggu progres pengerjaan proyek produk lainnya.	7
12	Penalti bila terjadi keterlambatan	Kerugian finansial sehingga keuntungan berkurang.	9
13	Kejelasan dan kelengkapan dokumen tender	Disingkirkan pesaing, kehilangan kesempatan dapat pesanan.	6
14	Prosedur tender	Pembatatalan kontrak.	5
15	Pengaturan alokasi pekerja	Pekerja sulit beradaptasi.	9
16	Perilaku pekerja	Banyak terjadi reproses dalam pekerjaan	8
17	Ketersediaan alat kerja	Pekerjaan di <i>Workshop</i> terhambat, waktu proses produksi tidak berjalan seimbang.	6
18	Perbedaan tingkat kemampuan kerja	Sering terjadi kecelakaan pekerja.	7
19	Kemampuan luas area	Kapasitas produksi perusahaan tidak mencukupi.	9
20	Hubungan dengan beberapa proyek	Lalu lintas antar <i>workstation</i> padat, terjadi overload pekerjaan pada <i>workstation</i> tertentu	7
21	Pengaturan lalu lintas kendaraan proyek	Jenis alat angkut tidak sesuai dengan fungsi, jalur rel tidak dapat dilintasi.	8
22	Menunggu proses engineering selesai	Terjadi <i>delay</i> di unit fabrikasi, beberapa pekerja sub kontrak dialihkan pada unit pekerjaan lainnya.	6
23	Pekerjaan terhenti akibat material belum datang pada lot berikutnya	Perencanaan <i>cutting plan</i> menjadi tersendat, subpreparation belum bisa dilakukan.	9
24	Banyak terjadi reproses setelah dilakukan inspeksi	Waktu pekerjaan di unit berikutnya menjadi berkurang, penambahan biaya produksi untuk melakukan tindakan perbaikan.	8
25	Percepatan proses	Perusahaan menambah pekerja subkontrak, perubahan jadwal produksi tidak berjalan normal.	6
26	Tidak semua kegiatan dapat di kerjakan secara paralel	Beberapa proses tidak bisa diajalankan bersamaan, waktu penyelesaian pekerjaan tidak bisa dipercepat.	7
27	Sub preparation terlambat	Pekerjaan mengalami <i>delay</i> , harus dilakukan percepatan proses untuk mengejar waktu yang	7

		terlambat.	
28	Maintenace pasca proyek	Memakan tempat penyimpanan.	7
29	Sistem pembayaran	Terkendala biaya operasional, pelunasan biaya pembelian material tersendat.	7

Tabel 10 Nilai Severity untuk failure (lanjutan)

No	Potential Failure	Potential Effect of Failure	Sev.
30	Proyek berjalan tidak konsisten	Waktu serah terima proyek berjalan molor.	10
31	Pengiriman tidak sesuai ketentuan	Kepercayaan pelanggan menurun, terjadi <i>penalty</i> biaya.	7
32	Reproses akibat pengiriman	Perbaikan produksaat di tempat tujuan.	8
33	Perbedaan tingkat kecerahan pada proses pengecatan	Dilakukan reproses terhadap proses pengecatan.	8
34	Perpindahan produk dihentikan sementara	<i>Delivery</i> carbody tidak bisa diproses ke tahap berikutnya.	6
35	Terjadi korosi pada produk	Pengecatan ulang.	9
36	Kondisi pasar	Daya beli konsumen menurun, terjadi penurunan pekerja subkontrak.	6
37	Pola kebiasaan masyarakat	Klaim masyarakat akibat terjadi kebakaran saat proyek berlangsung.	6
38	Inflasi	Biaya produksi perusahaan naik.	8
39	Pergantian pemerintahan	Perbedaan jumlah order, ada tidaknya suntikan modal usaha, kebijakan hukum dan regulasi yang dibuat.	7
40	Hubungan internasional	Kelancaran pengiriman bahan baku dari luar negeri.	7
41	Sumber pembiayaan	Penggunaan aset perusahaan untuk menutup biaya produksi sementara, Pembengkakan biaya operasional.	6
42	Bunga dan pinjaman	Berkurangnya keuntungan, waktu pembayaran pembelian material bisa diatasi.	8
43	Spesifikasi mutu dari pemilik	Penyesuaian Mutu produk dengan berstandar ISO.	7
44	Kesesuaian mutu dengan spesifikasi yang ditentukan	Reproses sesuai kriteria pemilik	7
45	Pembengkakan waktu pelaksanaan	Baik tidaknya kualitas produk yang dikerjakan.	8
46	Jadwal pelaksanaan yang terbatas	Pekerjaan tidak sesuai dengan jadwal produksi di awal.	7

Perhitungan Nilai Occurrence

Nilai *Occurrence* (O), adalah suatu perkiraan tentang probabilitas atau peluang bahwa penyebab akan terjadi dan menghasilkan modus kegagalan yang menyebabkan akibat tertentu. Nilai *Occurrence* didapatkan dengan cara melihat langsung kondisi yang sebenarnya di lapangan, wawancara dengan divisi terkait dan melihat laporan progres proyek produk sebelumnya [28].

Sebagai contoh, pada penyimpangan jenis produk perbedaan tingkat kesulitan pengerjaan. menyebabkan kontaminasi pada produk akibat menempelnya kotoran pada karyawan. Sehingga penilaian *Occurrence* berdasarkan Tabel 3 adalah sebesar 9, karena berdasarkan *master plan*, jenis produk yang dikerjakan ada 4 jenis. Nilai *Occurrence* dari masing-masing *Potential failure* dapat dilihat pada Tabel 6:

Tabel 11 Occurrence untuk setiap failure

No	Potential Failure	Potential Effect of Failure	Occ.
1	Perbedaan jenis produk	Tingkat kesulitan pengerjaan.	9
2	Teknologi baru yang	Belum pernah diterapkan dalam proyek sebelumnya.	7

	digunakan		
3	Kompleksitas pekerjaan proyek	Setiap rangkainnya terdapat 4 jenis produk yang berbeda.	10

Tabel 12 *Occurrence* untuk setiap *failure* (lanjutan)

No	<i>Potential Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Occ.</i>
5	Barang rusak saat diterima	Kesalahan prosedur pengiriman oleh supplier, perusahaan ingin cepat sampai sebelum waktu normal.	9
6	Alternative penilaian supplier sedikit	Perusahaan menginginkan terjalin hubungan erat dengan supplier langganan, masih menunggu keputusan pihak keuangan untuk mengganti supplier.	9
7	Perencanaan BOM, BQ, Tespek lma	Menunggu desain arangemen dan MD selesai.	7
8	Lambatnya respon pelanggan mengenai <i>design arrangement</i>	Kurangnya interaktif, kualifikasi permintaan pelanggan belum bisa dipenuhi perusahaan.	9
9	Beberapa aspek belum dimasukkan dalam <i>working instruction</i>	Pembuatan WI belum melihat kualifikasi proyek saat ini.	6
10	Sistem kontrak yang digunakan	Jumlah proyek yang diterima, kemampuan perusahaan untuk menyelesaikannya.	6
11	Waktu nota dinas dan kontrak masuk tidak berjalan seimbang	Pelanggan tidak melihat kondisi perusahaan, pekerjaan pada proyek sebelumnya belum selesai.	7
12	Penalti bila terjadi keterlambatan	Waktu kerja terpakai dalam pengerjaan proyek sebelumnya.	8
13	Kejelasan dan kelengkapan dokumen tender	Dokumen tender tidak lengkap, usulan metode pelaksanaan salah.	7
14	Prosedur tender	Terdapat permintaan perubahan persyaratan yang tidak sesuai, Kesalahan menghitung harga karena belum mempunyai pengalaman.	6
15	Pengaturan alokasi pekerja	Penempatan pekerjaan tidak sesuai skill yang dimiliki, terjadi kelebihan pekerja pada unit tertentu.	7
16	Perilaku pekerja	Pekerja tidak memperhatikan aspek K3.	9
17	Ketersediaan alat kerja	Banyak alat kerja yang rusak, perawatan tidak berjalan seimbang.	5
18	Perbedaan tingkat kemampuan kerja	Jarang dilakukan training lanjutan, adaptasi lama saat dilakukan rotasi lama.	7
19	Kemampuan luas area	Perusahaan menerima proyek perbaikan produk yang belum ada nota di atasnya, sistem penyimpanan material yang <i>bulk storage</i> .	7
20	Hubungan dengan beberapa proyek	Banyaknya proyek yang sedang dikerjakan, perbedaan penyelesaian antar proyek.	6
21	Pengaturan lalu lintas kendaraan proyek	jumlah tidak mencukupi, tidak ada perbaikan/penataan ulang jalur rel untuk pemindahan produk.	5
22	Menunggu proses engineering selesai	Fokus pekerjaan saat itu dilakukan pada pekerjaan kritis.	10
23	Pekerjaan terhenti akibat material belum datang pada lot berikutnya	Perusahaan tidak melakukan stock terhadap material yang sering digunakan.	7

24	Banyak terjadi reproses setelah dilakukan inspeksi	Proyek mengalami banyak kesalahan pengerjaan ketika carbody dilakukan.	8
25	Percepatan proses	Waktu <i>delivery</i> carbody ke finishing terlambat.	7
26	Tidak semua kegiatan dapat di kerjakan secara paralel	Kemampuan alat kerja di unit finishing belum mumpuni.	10

Tabel 13 *Occurrence* untuk setiap *failure* (lanjutan)

27	Sub preparation terlambat	Perencanaan material tidak memperhatikan jadwal produksi.	9
28	Maintenace pasca proyek	Penanganan pemberian garansi tidak di lakukan pada <i>Workshop</i> anak perusahaan	7
29	Sistem pembayaran	Pembayaran dilakukan di akhir setelah proyek jadi.	10
30	Proyek berjalan tidak konsisten	Tidak ada kejelasan dari pihak konsumen kapan penandatanganan kontrak terjadi.	7
31	Pengiriman tidak sesuai ketentuan	Pengerjaan proyek berjalan molor.	6
32	Reproses akibat pengiriman	Terjadi benturan, produk ditumpuk untuk menghemat ruang.	6
33	Perbedaan tingkat kecerahan pada proses pengecatan	Pengeringan tidak sempurna, pengerjaan dipercepat dari waktu normal.	7
34	Perpindahan produk dihentikan sementara	Terjadi jarak antar workstation saling berjauhan dan tidak disertai atap untuk menghalau hujan.	8
35	Terjadi korosi pada produk	Produk jadi maupun setengah jadi tidak diletakkan pada ruangan beratap.	7
36	Kondisi pasar	Harga biaya material naik.	6
37	Pola kebiasaan masyarakat	Aktivitas produksi perusahaan mengganggu kenyamanan penduduk sekitar.	8
38	Inflasi	Nilai mata dolar naik sehingga nilai mata uang turun.	9
39	Pergantian pemerintahan	Perbaikan infrastruktur dalam hal alat transportasi, membantu menstabilkan kondisi perusahaan.	5
40	Hubungan internasional	Hubungan bilateral antar negara pemasok dengan negara Indonesia.	6
41	Sumber pembiayaan	Tidak ada sumber dana dalam operasional karena pembayaran diakhir perioden penyelesaian proyek.	10
42	Bunga dan pinjaman	Pinjaman di bank dengan kurs dolar sehingga rawan apabila mata uang rupiah melemah.	6
43	Spesifikasi mutu dari pemilik	Spesifikasi produk belum semua berstandar ISO.	5
44	Kesesuaian mutu dengan spesifikasi yang ditentukan	Pihak pemasaran kurang tanggap dalam respon pelanggan.	6
45	Pembengkakan waktu pelaksanaan	Pengaturan pelaksanaan antar proyek yang dikerjakan belum berjalan baik	8
46	Jadwal pelaksanaan yang terbatas	Banyak revisi terhadap pembuatan jadwal produksi	9

Perhitungan Nilai *Detection*

Nilai *Detection* (D), adalah nilai perkiraan subyektif tentang bagaimana efektifitas dan metode pencegahan atau pendektasian. Nilai *Detection* didapatkan melalui wawancara dan melihat laporan progres lapangan dari proyek yang sejenis pada periode sebelumnya. Sebagai contoh, pada risiko jenis produk menyebabkan perbedaan tingkat kesulitan pengerjaan akibat tidak fokusnya proyek produk yang diterima. Sehingga penilaian *Detection* berdasarkan adalah sebesar 4 karena telah

dilakukan joint project oleh pihak perusahaan. Nilai *Detection* dari masing-masing *Potential failure* dapat dilihat pada Tabel 7 berikut [29]:

Tabel 14 Potensi kegagalan

No	<i>Potential Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Det.</i>
1	Perbedaan jenis produk	Pengerjaan proyek harus diselesaikan sesuai jadwal produksi walaupun waktu proses lama, dilakukan joint project.	4
2	Teknologi baru yang digunakan	Perlunya studi pendahuluan efektif terhadap proyek bagaimana langkah terbaik dalam pengerjaan proyek.	3
3	Kompleksitas pekerjaan proyek	Proses <i>manufacturing drawing</i> , WP, PI tidak jangan sampai molor, alokasi pekerja harus mencukupi selama proses proyek berlangsung.	2
4	Keterlambatan pengiriman	Pembayaran terhadap material tepat waktu, perencanaan material setelah nota dinas harus segera dilakukan.	5
5	Barang rusak saat diterima	Supplier memberikan kelebihan barang untuk mengganti saat barang rusak saat pengiriman, terjalin komunikasi interaktif saat serah terima barang dengan pihak supplier.	2
6	Alternative penilaian supplier sedikit	Respon pihak akutansi dipercepat dalam penentuan supplier untuk mengatasi supplier langgan tidak dapat memenuhi pesanan.	2
7	Perencanaan BOM, BQ, Tespek lma	Material harus datang tepat waktu.	1
8	Lambatnya respon pelanggan mengenai <i>design arrangement</i>	Perusahaan harus lebih tanggap dalam respon pelanggan, kejelasan saat spesifikasi dilakukan.	4
9	Beberapa aspek belum dimasukkan dalam <i>working instruction</i>	Proses WI harus sesuai kualifikasi proyek saat ini, walaupun beberapa aspek mungkin sama dengan proyek sebelumnya.	3
10	Sistem kontrak yang digunakan	Perusahaan harus memperhatikan kapasitas produksi saat ini walaupun nilai kontrak besar saat tender berlangsung.	3
11	Waktu nota dinas dan kontrak masuk tidak berjalan seimbang	Hubungan proses antar proyek yang dikerjakan harus berjalan seimbang supaya bisa menghindari <i>overload</i> pekerjaan.	2
12	Penalti bila terjadi keterlambatan	Percepatan proses proyek sebelumnya, proses engineering fabrikasi serta finishing berjalan sesuai dengan jadwal produksi yang ditentukan.	3
13	Kejelasan dan kelengkapan dokumen tender	Rincian aspek administrasi, spesifikasi teknis, lingkup kerja selama tender harus disusun secara terperinci.	3
14	Prosedur tender	Mengadakan joint project dengan perusahaan sejenis untuk mendukung kemenangan tender.	3
15	Pengaturan alokasi pekerja	Perekrutan subkontak maupun tenaga PKWT hanya dilakukan saat terjadi percepatan proyek.	5
16	Perilaku pekerja	Pekerja harus mematuhi aturan K3 perusahaan.	4
17	Ketersediaan alat kerja	Peremajaan alat kerja harus dilakukan secara berkala	4
18	Perbedaan tingkat kemampuan kerja	Supervisor melakukan evaluasi ulang terhadap pekerja yang baru dirotasi.	3

19	Kemampuan luas area	Perbaikan jalur yang sudah lama tidak digunakan.	2
20	Hubungan dengan beberapa proyek	Perlunya dilakukan perhitungan waktu normal ulang karena pembuatan jadwal produksi berdasarkan data historis kurang relevan untuk kondisi saat ini.	3

Tabel 15 Potensi kegagalan (lanjutan)

21	Pengaturan lalu lintas kendaraan proyek	Penambahan armada terutama <i>towing tractor</i> karena jumlahnya masih minim.	2
22	Menunggu proses engineering selesai	Pengerjaan proses engineering harus segera dilakukan sesuai jadwal produksi yang telah di buat.	1
23	Pekerjaan terhenti akibat material belum datang pada lot berikutnya	Perusahaan harus menyediakan stock terhadap komponen material yang sering digunakan, pemilihan supplier ditambah.	5
24	Banyak terjadi reproses setelah dilakukan inspeksi	Supervisor harus teliti dalam melakukan pemantauan terhadap pekerjaan yang dilakukan.	1
25	Percepatan proses	Pengerjaan proses engineering harus tepatwaktu, order material jangan sampai terlambat.	2
26	Tidak semua kegiatan dapat di kerjakan secara paralel	Pecepatan dilakukan di unit fabrikasi untuk mengejar waktu terhadap proses yang berlangsung seri.	5
27	Sub preparation terlambat	Kegiatan sub preparation dilakukan di luar perusahaan melalui subkontraktor.	3
28	Maintenace pasca proyek	Waktu perawatan tidak lebih dari 1 bulan supaya tempat storage bisa digunakan untuk proyek selanjutnya.	1
29	Sistem pembayaran	Sistem pembayaran dilakukan dengan cara DP diawal untuk menutup biaya pembelian material.	5
30	Proyek berjalan tidak konsisten	Tidak ada kejelasan dari pihak konsumen kapan penandatanganan kontrak terjadi.	7
31	Pengiriman tidak sesuai ketentuan	Jadwal produksi harus jadi dalam kurun waktu 2 minggu setelah nota dinas masuk.	3
32	Reproses akibat pengiriman	Membawa peralatan untuk perbaikan dilokasi tujuan, selama pengiriman dilakukan pengecekan secara berkala untuk memperkecil kerusakan.	2
33	Perbedaan tingkat kecerahan pada proses pengecatan	Penambahan fasilitas pengeringan pada <i>Workshop</i> pengecatan.	3
34	Perpindahan produk dihentikan sementara	Penutupan produk dengan lapisan kedap air saat terjadi pengiriman carbody antar unit di <i>Workshop</i> .	2
35	Terjadi korosi pada produk	Ditempatkan ruangan tertutup, prosedur pengecatan harus dilakukan secara benar.	3
36	Kondisi pasar	Perusahaan mengadakan perjanjian dengan supier supaya harga yang sesuai kontrak di awal.	3
37	Pola kebiasaan masyarakat	Penambahan jumlah CSR tiap tahunnya untuk masyarakat sekitar	2
38	Inflasi	Pengurangan tenaga kontrak dengan mengoptimalkan tenaga organik.	3
39	Pergantian pemerintahan	Pengajuan pemberian modal untuk pelaksanaan.	3
40	Hubungan internasional	Menjalin hubungan yang harmonis tanpa melihat	4

		masalah polik yang sedang terjadi antar negara pemasok.	
41	Sumber pembiayaan	Pengoptimalan keuntungan yang diperoleh untuk kegiatan proyek selanjutnya.	1
42	Bunga dan pinjaman	Pengajuan modal dengan kurs rupiah.	4

Tabel 16 Potensi kegagalan (lanjutan)

43	Spesifikasi mutu dari pemilik	Melakukan standardisasi dengan standar ISO untuk semua spesifikasi dalam produk.	3
44	Kesesuaian mutu dengan spesifikasi yang ditentukan	Pihak pemasaran tanggap respon pelanggan.	2
45	Pembengkakan waktu pelaksanaan	Dilakukan penelitian masalah penentuan waktu normal saat ini yang digunakan sebagai pembuatan jadwal produksi.	2
46	Jadwal pelaksanaan yang terbatas	Pembuatan jadwal tidak melebihi satu bulan.	2

Perhitungan Risk Priority Number (RPN)

Setelah diperoleh nilai *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* dari setiap penyimpangan aspek GMP (*failure*), maka dapat dilakukan proses perhitungan RPN. RPN didapatkan dari hasil perkalian antara nilai *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* [29], [30]. Nilai indikator risiko tertinggi dari nilai RPN *Average* tertinggi merupakan sasaran utama perbaikan yang harus segera diselesaikan. Contoh perhitungan RPN pada indikator risiko perencanaan yaitu sebagai berikut:

1. $Severity = (7+8+7+10+6+7+7+9+8)/9 = 7,67$
2. $Occurrence = (9+7+10+7+9+9+7+9+6)/9 = 8,11$
3. $Detection = (4+3+2+5+2+2+1+4+3)/9 = 2,89$
4. $RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$
 $= 7,67 \times 8,11 \times 2,89 = 179,65$

Maka untuk RPN pada indikator risiko perencanaan yaitu sebesar 179,65. Hasil dari perhitungan RPN pada setiap *Potential failure* tentang risiko proyek X disajikan pada Tabel 8 berikut:

Tabel 17 Peristiwa risiko

Peristiwa risiko	S	O	D	Waktu
Perencanaan				
Jenis produk	7	9	4	Pra tender engineering engineering Sub preparation Sub preparation Sub preparation engineering Manufacturing drawing, WP, PI Working instruction
Teknologi baru yang digunakan	8	7	3	
Kompleksitas pekerjaan	7	10	2	
Keterlambatan pengiriman	10	7	5	
Barang rusak saat diterima	6	9	2	
Alternatif pemilihan supplier sedikit	7	9	2	
Perencanaan BOM, BQ. Tekspek lama	7	7	1	
Lambatnya respon pelanggan mengenai design arrangement	9	9	4	
Beberapa aspek belum dimasukkan dalam WI	8	6	3	
Average (Bobot SOD Indikator)	7,67	8,11	2,89	
Kontrak kerja				
Sistem kontrak yang digunakan	9	6	3	Komersial komersial Delivery
Waktu nota dinas dan kontrak masuk tidak berjalan seimbang	7	7	2	
Penalti jika ada keterlambatan	9	8	3	

Kejelasan dan kelengkapan dokumen tender	6	7	3	komersial
Average (Bobot SOD Indikator)	7,2	6,8	2,8	

Tabel 18 Peristiwa risiko (lanjutan)

Peristiwa risiko	S	O	D	Waktu
Kegiatan di work shop				
Pengaturan alokasi pekerja	9	7	5	Planning
Perilaku pekerja	8	9	4	Fabrication, finishing process
Ketersediaan alat kerja	6	5	4	Fabrication, finishing process
Perbedaan tingkat kemampuan pekerja	7	7	3	Fabrication, finishing process
Perencanaan				
Luas area	9	7	2	Planning
Hubungan dengan beberapa proyek	7	6	3	Planning
Pengaturan lalu lintas kendaraan proyek	8	5	2	Fabrication, finishing process
Menunggu proses engineering selesai	6	10	1	Fabrication process
Pekerjaan terhenti akibat material belum datang pada lot berikutnya	9	7	5	Fabrication, finishing process
Banyak terjadinya re-proses setelah dilakukan inspeksi	8	8	1	Fabrication process
Percepatan proses	6	7	2	Fabrication process
Tidak semua kegiatan dapat dikerjakan secara paralel	7	10	5	Fabrication, finishing process
Sub pre-paration terlambat	7	9	3	Finishing process
Average (Bobot SOD Indikator)	7,46	7,46	3,08	
Kegiatan pasca proyek				
Maintenance pasca proyek	7	7	1	Pasca proyek
pembayaran	7	10	5	Pasca proyek
Proyek berjalan tidak konsisten	10	7	3	Pasca proyek
Pengiriman tidak sesuai dengan ketentuan	7	6	3	Delivery
Re-proses akibat pengiriman	8	6	2	delivery
Average (Bobot SOD Indikator)	7,8	7,2	2,8	
Kejadian tak terduga				
Perbedaan tingkat kecerahan pada proses pengecatan	8	7	3	Finishing process
Perpindahan produk dihentikan sementara	6	8	2	Delivery carbody
Terjadi korosi pada produk	9	7	3	Storage
Kondisi pasar	6	6	3	Budgetting
inflasi	8	9	2	Work in process
Pola kebiasaan masyarakat	6	8	2	Budgetting
Average (Bobot SOD Indikator)	7,17	7,5	2,67	
Kondisi politik				
Pergantian pemerintahan	7	5	3	budgetting
Hubungan internasional	7	6	4	Material order
Average (Bobot SOD Indikator)	7,17	7,5	2,67	

Biaya				
Sumber pembiayaan	6	10	1	<i>budgetting</i>
Bunga dan pinjaman	8	6	4	<i>budgetting</i>
Average (Bobot SOD Indikator)	7	8	2,5	
Mutu				
Spesifikasi mutu dari pemilik	7	5	3	Inspeksi
Kesesuaian mutu dengan spesifikasi yang ditentukan	7	6	2	Inspeksi
Average (Bobot SOD Indikator)	7	5,5	2,5	

Tabel 19 Peristiwa risiko (lanjutan)

Peristiwa risiko		S	O	D	Waktu
Waktu					
Pembengkakan waktu pelaksanaan		8	8	2	<i>Work in process</i>
Jadwal pelaksanaan yang terbatas		7	9	2	
Average (Bobot SOD Indikator)		7,5	8,5	2	
No	Indikator risiko	RPN			
1	Perencanaan	179,65			
2	Kontrak Kerja	137,09			
3	Kegiatan Di <i>Workshop</i>	170,85			

Tabel 20 Peristiwa risiko (lanjutan)

No	Indikator risiko	RPN
4	Kegiatan Pasca Proyek	157,25
5	Kejadian Tak Terduga	143,33
6	Kondisi Politik	134,33
7	Biaya	140
8	Mutu	96,25
9	Waktu	127,5
Total RPN		1289,37
Nilai kritis		143,26

Kesimpulan

Analisis dengan menggunakan metode FMEA terhadap proyek X didapatkan hasil berupa 3 indikator risiko kritis tertinggi yaitu perencanaan, kegiatan di work shop dan kegiatan pasca proyek. Masin-gmasing nilai *Risk Priority Number* dari ketiga indikator tersebut yaitu 179,65 untuk perencanaan; 170,85 untuk kegiatan di *Workshop* dan 157,25 untuk kegiatan pasca proyek.

Daftar Pustaka

- [1] V. Gasperz, *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2002.
- [2] N. Metasari, "Quality Engineering," *Wordpress*, 2014. [Online]. Available: <https://qualityengineering.wordpress.com/tag/six-sigma/>. [Accessed: 31-Jul-2019].
- [3] M. F. S. Barraza, T. Smith, and S. M. Dahlgaard-Park, "Lean-kaizen public service: An empirical approach in Spanish local governments," *TQM J.*, vol. 21, no. 2, pp. 143–167, 2009.
- [4] E. W. Larson and C. F. Gray, *Project Management: The Managerial Process*. New York: McGraw-Hill, 2011.
- [5] G. Padma Arianie and N. Budi Puspitasari, "Perencanaan Manajemen Proyek Dalam Meningkatkan Efisiensi Dan Efektifitas Sumber Daya Perusahaan (Studi Kasus : Qiscus Pte Ltd)," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, 2017.
- [6] G. P. Arianie and N. B. Puspitasari, "PERENCANAAN MANAJEMEN PROYEK DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI DAN EFEKTIFITAS SUMBER DAYA PERUSAHAAN

- (Studi Kasus : Qiscus Pte Ltd),” *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, 2017.
- [7] E. Danyanti, “Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode PERT dan CPM (Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip),” *Skripsi*, 2010.
 - [8] I. Safi and H. B. Santoso, “Analisis Optimasi Pelaksanaan Proyek Revitalisasi Integrasi Jaringan Universitas Kadiri Menggunakan,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 12–18, 2017.
 - [9] I. Setyadi, “Analisis Penyebab Kecacatan Celana Jeans dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) di CV Fragile Din Co,” Univeristas Widyatama, Bandung, 2013.
 - [10] Rawicaksana, “Kegunaan *Failure Mode and Effect Analysis*,” *blospot.com*, 2012. [Online]. Available: <http://rawicaksana.blogspot.com/2012/05/fmea-perawatan-dan-pemantauan-kondisi.html>. [Accessed: 13-Jul-2019].
 - [11] N. R. Anugrah, L. Fitria, and A. Desrianty, “Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan *Failure Mode and Effect*,” pp. 146–157.
 - [12] D. Satriaputri and E. R. Cahyadi, “Analisis Risiko Operasional Jalan Tol Jagorawi PT Jasa Marga (Persero) Tbk,” *J. Manaj. dan Organ.*, vol. 6, no. 3, p. 258, 2016.
 - [13] R. A. Angara, “Implementation of Risk Management Framework in Supply Chain: A Tale from a Biofuel Company in Indonesia,” *SSRN Electron. J.*, 2012.
 - [14] ShiftIndonesia, “*Failure Mode and Effect Analysis and Study Lean Sigma*,” *Shift Indonesia*, 2012. [Online]. Available: <http://shiftindonesia.com/lean-six-sigma-mengenal-metode-fmea-failure-mode-and-effects-analysis/>. [Accessed: 31-Jul-2019].
 - [15] I. A. Risqiyah and I. Santoso, “RISIKO RANTAI PASOK AGROINDUSTRI SALAK MENGGUNAKAN FUZZY FMEA,” *J. Manaj. dan Agribisnis*, 2017.
 - [16] Mardalis, *Metode Penelitian: Suatu Pendekatan Proposal*. Jakarta: Bumi Aksara, 1994.
 - [17] A. Maksum, “Pengumpulan data,” *J. Metod. pengumpulan data*, 2012.
 - [18] H. Hasanah, “TEKNIK-TEKNIK OBSERVASI (Sebuah Alternatif Metode Pengumpulan Data Kualitatif Ilmu-ilmu Sosial),” *At-Taqaddum*, vol. 8, no. 1, p. 21, 2017.
 - [19] I. Agusta, “Teknik Pengumpulan dan Analisis Data Kualitatif,” *J. Stud. Komun. dan Media*, vol. 02, no. 1998, pp. 1–11, 2014.
 - [20] M. M. Hanafi, “Risiko, Proses Manajemen Risiko, dan Enterprise Risk Management,” *Manag. Res. Rev.*, pp. 1–40, 2014.
 - [21] D. Triagus Setiawan, S. Soeparman, and R. Soenoko, “Minimasi Waste Untuk Perbaikan Proses Produksi Kantong Kemasan Dengan Pendekatan Lean Manufacturing,” *J. Eng. Manag. Industial Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–13, 2013.
 - [22] S. Andiyanto, A. Sutrisno, and C. Punuhsingon, “Penerapan Metode FMEA untuk KUantifikasi dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste,” *Tek. Mesin*, vol. 6 (1), pp. 45–57, 2014.
 - [23] D. R. Kneeland, S. V. Nablo, D. E. Weiss, and T. E. Sinz, “Industrial use of the real time monitor for quality assurance in electron processing,” *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 55, no. 4, pp. 429–436, Jul. 1999.
 - [24] H. P. Bloch, “Root Cause *Failure Analysis*,” in *Petrochemical Machinery Insights*, 2017.
 - [25] A. Sokhibi, R. Primadasa, J. Lingkar, U. Gondangmanis, B. Kudus, and J. Tengah, “Analisis Resiko Musculoskeletal Disorder Pada Pengguna Laboratorium Ergonomi Dan Perancangan

- Sistem Kerja Teknik Industri Universitas Muria Kudus,” *Progr. Stud. Tek. Ind. Fak. Tek. Univ. Muria Kudus*, vol. 3, no. 2, pp. 2621–1262, 2018.
- [26] N. L. P. Haristuti, “Analisis Pengendalian Mutu Produk Guna Meminimalisasi Produk Cacat,” no. 1, pp. 268–275, 2015.
- [27] S. D. Suprayogi, “STATISTIKA DESKRIPTIF Suprayogi Statistika Deskriptif,” *Stat. Deskriptif*, 2012.
- [28] B. R. Kani, R. J. M. Mandagi, J. P. Rantung, and G. Y. Malingkas, “Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pt. Trakindo Utama),” *J. Sipil Statik*, 2013.
- [29] L. N. Huda, “Analisis Kualitas Produk Minuman Guna Meningkatkan Performansi Jumlah Produksi Dengan Metode Fmea (*Failure Mode And Effects Analysis*),” *Talent. Conf. Ser. Sci. Technol.*, 2018.
- [30] D. F. MAYANGSARI, HARI ADIANTO, and YOANITA YUNIATI, “Usulan Pengendalian Kualitas Produk Isolator Dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (Fmea) Dan Fault Tree Analysis (Fta),” *Tek. Ind. Nas. Bandung*, vol. 3, no. 2, pp. 81–91, 2015.